

Uluslararası Hakemli Dergi
International Peer Reviewed Journal

e-ISSN: 2149-8245



Yıl/Year: 2020

Cilt/Volume: 6

Sayı/Issue: 3

BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ
BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY FACULTY OF AGRICULTURE

ULUSLARARASI TARIM VE YABAN HAYATI BİLİMLERİ DERGİSİ

**INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURE
AND WILDLIFE SCIENCE**

BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
ZİRAAT FAKÜLTESİ

BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY
FACULTY OF AGRICULTURE

ULUSLARARASI TARIM VE YABAN HAYATI
BİLİMLERİ DERGİSİ

INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURAL AND
WILDLIFE SCIENCES

Cilt	6	Sayı	3	2020
Volume		Issue		

Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi	International Journal of Agricultural and Wildlife Sciences
Dergi web sayfası: http://dergipark.org.tr/ijaws	Journal homepage: http://dergipark.org.tr/ijaws

Baş Editör

Editor-in-Chief

Doç. Dr. Hakan KİBAR, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Konu Editörleri

Subject Editors

Prof. Dr. Todd WEHNER, North Carolina State University
Prof. Dr. José Eduardo Brasil Pereira PINTO, Federal University of Lavras
Prof. Dr. Handan ESER, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Prof. Dr. Mehmet Erhan GÖRE, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Prof. Dr. Halil KÜTÜK, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Prof. Dr. Mustafa SÜRMEK, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi
Doç. Dr. Yusuf ARSLAN, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Doç. Dr. İhsan CANAN, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Doç. Dr. Beyhan KİBAR, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Doç. Dr. Cihangir KİRAZLI, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Doç. Dr. Nezih OKUR, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Doç. Dr. Ahmet ÖZTÜRK, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Doç. Dr. Ferit SÖNMEZ, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Doç. Dr. Kadir Ersin TEMİZEL, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin SAUK, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Dr. Esin HAZNECİ, Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Dil Editörü

Language Editor

Doç. Dr. B. Buhara YÜCESAN, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Teknik Editörler

Technical Editors

Araş. Gör. Abdurrahman Sami KOCA, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Araş. Gör. Mehmet Zahit YEKEN, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Danışma Kurulu

Advisory Board

Prof. Dr. Maria Luisa BADENES, Valencian Institute for Agricultural Research
Prof. Dr. Wolfgang KREIS, Friedrich Alexander University
Prof. Dr. Halil KÜTÜK, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Prof. Dr. Shawn MEHLENBACHER, Oregon State University
Prof. Dr. Anita SOLAR, University of Ljubljana
Prof. Dr. Petru TOMITA, State Agrarian University of Moldova
Assoc. Prof. Dr. Sergey KARA, Komrat Devlet Universiteti
Assoc. Prof. Dr. Iurie MELNIC, State Agrarian University of Moldova
Assoc. Prof. Dr. Frieder MULLER, Friedrich Alexander University
Doç. Dr. İlker KILIÇ, Bursa Uludağ Üniversitesi
Doç. Dr. Süleyman TEMEL, Iğdır Üniversitesi

Ürün Bilgisi (Product Information)

Yayıncı
Publisher

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Bolu Abant Izzet Baysal University

Sahibi (BAİBÜZF Adına)
Owner (On Behalf of BAIBUZF)

Prof. Dr. Vahdettin ÇİFTÇİ, Dekan (Dean)

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü
Editor-in-Chief

Doç. Dr. Hakan KİBAR

Teknik Editörler
Technical Editors

Araş. Gör. Abdurrahman Sami KOCA
Araş. Gör. Mehmet Zahit YEKEN

Yayın Dili
Language

Türkçe, İngilizce
Turkish, English

Yayın Aralığı
Frequency

Yılda üç kez yayınlanır
Published three times a year

Yayın Türü
Type of Publication

Hakemli yaygın süreli yayın
Double-blind peer-reviewed

Dergi ISSN
Journal ISSN

2149-8245 (Online)

Dergi Yönetim Adresi

Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri
Dergisi
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Ziraat Fakültesi
14280, Bolu-TÜRKİYE

Journal Management Address

International Journal of Agricultural
and Wildlife Sciences
Bolu Abant Izzet Baysal University
Faculty of Agriculture
14280, Bolu-TURKEY

Telefon: +90 374 2534345

Faks: +90 374 2534346

E-posta: ijawseditor@ibu.edu.tr

Telephone: +90 374 2534345

Fax: +90 374 2534346

E-mail: ijawseditor@ibu.edu.tr

Tarandığı İndeksler

Indexed



İÇİNDEKİLER-CONTENTS

Bahçe Bitkileri/Horticultural Sciences

Effect of the Rootstock and Cultivar on Graft Success and Sapling Development and Graft Incompatibility in Pear

Anaç ve Çeşidin Armutta Aşısı Başarısı, Fidan Gelişimi ve Aşısı Uyuşmazlığı Üzerine Etkisi
Nermin ÇOBAN, Ahmet ÖZTÜRK 371 – 381

Böğürtlen (*Rubus fruticosus* L.) Odun Çeliklerinde Çelik Çapı ve İndol Butirik Asit (IBA) Dozlarının Köklenmeye Etkisi

Effect of Cutting Diameter and Indole-3-Butric Acid (IBA) Doses on Rooting of Blackberry (*Rubus fruticosus* L.) Hardwood Cuttings
Hamdi ZENGİNBAL, Muttalıp GÜNDOĞDU 382 – 388

Mikrobiyal Gübre Uygulamasının Marul ve Beyaz Baş Lahanada Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri

Effects of Microbial Fertilizer Application on Germination and Seedling Growth in Lettuce and White Head Cabbage
Beyhan KİBAR 389 – 398

Raf Ömrü Süresince Karayemiş Meyvesinin (*Prunus laurocerasus* L.) Kalite Özellikleri Üzerine Modifiye Atmosfer Paket ve *Aloe vera* Uygulamalarının Etkisi

Effects of Modified Atmosphere Packaging and *Aloe vera* Treatments on Quality Traits of Cherry Laurel Fruit (*Prunus laurocerasus* L.) During Shelf Life
Burhan ÖZTÜRK 399 – 406

Manisa İli Köprübaşı İlçesinde Yetiştirilen Çilek Çeşitlerinin Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

Determination of Physicochemical Characteristic of Strawberry Cultivars That Grown in Manisa - Köprübaşı
Bilge TÜRK, Fatih ŞEN 407 – 415

Changes in Seed Germination during Storage of Flower Seeds: Species Differences

Çiçek Tohumlarının Muhafazası Sırasında Tohum Çimlenmesindeki Değişimler: Tür Farklılıkları
İbrahim DEMİR, Zeynep GÖKDAŞ, Nazlı İlke EKEN TÜNER 416 – 422

Ultraviyole-C ve Ultrason Uygulamalarının Domates ve Hıyarda Fide Gelişimi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

Ef Determination of the Effects of Ultraviolet-C and Ultrasound Applications on Seedling Growth in Tomato and Cucumber
Beyhan KİBAR 423 – 434

Bitki Koruma/Plant Protection

Bolu İli Kiraz ve Vişne Bahçelerinde Belirlenen Zararlı ve Faydalı

Pest and Beneficial Species on Cherry and Sour Cherry Orchards in Bolu
Gülay KAÇAR, Abdurrahman Sami KOCA 435- 443

Evaluation of Turkish Isolates of Entomopathogenic Fungi Against the Adults of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae)

Yerel Entomopatojen Fungus İzolatlarının *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) Erginleri Üzerindeki Etkinliklerinin Değerlendirilmesi

<i>Sevim ATMACA, Ebubekir YÜKSEL, Ramazan CANHİLAL</i>	444 – 452
Ülkemizde Yetiştirilen Bazı Fasulye (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) Çeşitlerinin BCMV ve BCMNV'e Karşı Dayanıklılık Kaynaklarının Belirlenmesi	
Determination of Resistance Sources to BCMV and BCMNV in Some Common Bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) Cultivars Grown in Turkey	
<i>Gülsüm PALACIOĞLU, İzel ŞANLI, Harun BAYRAKTAR, Göksel ÖZER</i>	453 – 460
Potential of Local Entomopathogenic Nematode Isolates to Control the Adults of the Scarab Beetle, <i>Epicometis hirta</i> (Coleoptera: Scarabaeidae)	
Yerel Entomopatojen Nematod İzolatlarının, Bakla Zınnı, <i>Epicometis hirta</i> (Coleoptera: Scarabaeidae) Erginlerini Kontrol Etme Potansiyeli	
<i>Fatma AKPINAR, Ebubekir YÜKSEL, Ramazan CANHİLAL</i>	461 - 468
Domateste <i>Alternaria solani</i> (Ell. & G. Martin) Sor.'ye Karşı Bazı Endofit Bakterilerin Etkisi	
The Effect of Some Endophytic Bacteria Against <i>Alternaria solani</i> (Ell. & G. Martin) Sor. in Tomato	
<i>Gökhan BOYNO, Semra DEMİR, Ahmet AKKÖPRÜ</i>	469 - 477
Yerel <i>Beauveria bassiana</i> ve <i>Metarhizium anisopliae</i> İzolatlarının <i>Myzocallis coryli</i> ve <i>Corylobium avellanae</i> Üzerindeki Etkinliği	
The Effectiveness of the Isolates of Native <i>Beauveria bassiana</i> and <i>Metarhizium anisopliae</i> on <i>Myzocallis coryli</i> and <i>Corylobium avellanae</i>	
<i>Salih KARABÖRKLÜ, Nedim ALTIN</i>	478 - 485
Seasonal Dynamics of Coccinellid Species in Apple, Cherry, and Hazelnut	
Elma, Kiraz ve Fındık Bahçelerindeki Coccinellid Türlerinin Sezonsal Dinamikleri	
<i>Gülşay KAÇAR, Abdurrahman Sami KOCA</i>	486 - 495
Tarım Ekonomisi/Agricultural Economics	
Damla Sulama Desteklemelerinin Silajlık Mısır Üretimi Üzerine Etkisi: Edirne İli Örneği	
Effect of Drip Irrigation Subsidies on Maize for Silage Production: Case of Edirne Province	
<i>Başak AYDIN, Ozan ÖZTÜRK, Ferit ÇOBANOĞLU, Ülviye ÇEBİ, Erol ÖZKAN, Selçuk ÖZER</i>	496 - 505
Tarım Makinaları ve Teknolojileri/Agricultural Machinery and Technologies	
Türkiye'deki Tarım Makineleri Kullanım Projeksiyonunun Tahmini	
The Estimation of Agricultural Machine Use Projection in Turkey	
<i>Ebubekir ALTUNTAŞ</i>	506 - 516
Tarımsal Yapılar ve Sulama/Agricultural Structures and Irrigation	
Farklı Cidar Kalınlıklarına Sahip Buğday Silosunda Doldurma ve Boşaltma Koşullarına Bağlı Olarak Gerilme Dağılımının Simülasyonu	
Simulation of Stress Distribution Depending on Filling and Discharge Conditions in Wheat Silo with Different Wall Thickness	
<i>Hakan KİBAR</i>	517 - 537
Tarla Bitkileri/Field Crops	
İç Anadolu'da İkinci Ürün Döneminde Yem Bezelyesi ve Bazı Tahıl Karışımlarının Farklı Ekim Sıklığında Yaş Ot Verimi ve Bazı Özellikleri	
Fresh Forage Yield and Some Characteristics of Forage Pea-Crop Mix Sowed Using Different Rates in Second Crop Season of Central Anatolia	
<i>Onur İLERİ, Şule ERKOVAN, Halil İbrahim ERKOVAN, Ali KOÇ</i>	538 - 545

Farklı Lokasyonların Lavandin (<i>Lavandula × intermedia</i> Emeric ex Loisel.)’de Uçucu Yağ Oranı ve Kimyasal Kompozisyonu Üzerine Etkisi Effect of Different Locations on Essential Oil Content and Chemical Composition in Lavandin (<i>Lavandula × intermedia</i> Emeric ex Loisel.) <i>Duran KATAR, Mustafa CAN, Nimet KATAR</i>	546 - 553
Doğu Anadolu’nun Kuru Şartlarında Farklı Kinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) Çeşitlerinin Kaba Yem Üretimlerinin Belirlenmesi Determination of Roughage Production of Different Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) Varieties in Dry Conditions of Eastern Anatolia <i>Mustafa TAN, Süleyman TEMEL</i>	554 - 561
NaCl Stresinin Yem Bezelyesinin Klorofil ve Mineral İçeriğine Etkisi Effect of NaCl Stress on Chlorophyll and Mineral Content of Forage Pea <i>Hatice ZAMBI, Özlem ÖNAL AŞCI</i>	562 - 569
Samsun İli Çayır ve Meralarında Bitki Çeşitliliğinin Orta Dereceli Tahribat Hipotezine Göre Otlama ve Erozyon Faktörleri ile Test Edilmesi The Testing of Plant Diversity in the Meadows and Pastures of Samsun Province for Grazing and Erosion Factors according to Intermediate Disturbance Hypothesis <i>Mustafa SÜRMEK, Tamer YAVUZ, Burak SÜRMEK, Ali İMAMOĞLU</i>	570 - 581
Mitigation of Salinity Stress on Chickpea Germination by Salicylic Acid Priming Nohut Çimlenmesi Üzerine Tuzluluk Stresinin Salisilik Asit Priming ile Azaltılması <i>Mustafa CERİTOĞLU, Murat ERMAN</i>	582 - 591
II. Ürün Mısır Çeşitlerinde Organik ve İnorganik Gübre Uygulamasının Verim ve Kaliteye Etkisi ile Ekonomik Analizi The Effect and Economic Analysis of Organic and Inorganic Fertiliser Applications on Yield and Quality of the 2nd Product Corn Varieties <i>Serap DOĞAN, Veysi ACIBUCA, Yusuf DOĞAN</i>	592 - 604
Determination of Optimum Ethanolic Extraction Conditions and Phenolic Profiles of Thyme, Mint, Uckun, Grape Seeds and Green Tea Waste Fiber Kekik, Nane, Uçkun, Üzüm Çekirdeği ve Yeşil Çay Çöpü Lifinde Optimum Etanolik Ekstraksiyon Şartlarının ve Fenolik Profillerinin Belirlenmesi <i>Menekşe BULUT, Hacer AKPOLAT, Yusuf TUNÇTÜRK, Duried ALWAZEER, Ayşe TÜRKHAN</i>	605 - 614
Sulu ve Kuru Koşullarda Farklı Amarant Türlerine Ait Çeşitlerin Ot Verim Performanslarının Belirlenmesi Determination of the Hay Yield Performances of Varieties Belonging to Different Amaranth Species in Irrigated and Dry Conditions <i>Süleyman TEMEL, Bilal KESKİN, Selma ÇAKMAKÇI, Ramazan TOSUN</i>	615 - 624
Sulu ve Kuru Koşullarda Yetiştirilen Bazı Horoz İbiği Çeşitlerinin Tohum ve Samanında Yem Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi Determination of Feed Quality Characteristics of Seed and Straw of Some Amaranth Varieties Grown under Irrigation and Dry Conditions <i>Bilal KESKİN, Süleyman TEMEL, Ramazan TOSUN, Selma ÇAKMAKÇI</i>	625 - 637
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme/Soil Science and Plant Nutrition Alüvyal Araziler Üzerinde Gelişen Bazı Toprakların Arazi Yetenek Sınıflarının Belirlenmesi Determination of Land Capability Classes of Some Soils Developing on Alluvial Lands	



Research Article

Effect of the Rootstock and Cultivar on Graft Success and Sapling Development and Graft Incompatibility in Pear

Nermin Çoban, Ahmet Öztürk*

Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Ondokuz Mayıs University, Samsun, Turkey

Received: 19.08.2020

Accepted: 14.09.2020

Keywords:

Pear, rootstock, graft success, graft incompatibility, survival ratio

Abstract. This study was carried out to determine the effects of different rootstocks on graft success, sapling development and graft compatibility/incompatibility of 'Deveci' and 'Williams' pear cultivars in Samsun ecological conditions between 2014 and 2016 years. Graft incompatibility was attempted to be associated with morphological measurements in the graft union. Rootstock, cultivar and rootstockxcultivar interaction had a significant effect on the all examined parameters. In the study, graft take ratios were between 91.5-100.0%, graft sprout ratios were between 89.2-99.0% and survival ratios were between 83.7-99.0%. The graft sprout ratio was the highest in the OHxF333 and lowest was in the BA29 rootstock. The graft sprout and survival ratios were lower in quince rootstock than in pear rootstocks. Rootstock diameters were higher in the OHxF333 and seedling rootstocks than in the Fox11 and BA29 rootstocks. Graft union diameter and shoot diameter were lower in the Fox11 than the other rootstocks. Shoot length was higher in the OHxF333 than the other rootstocks. Especially considering the graft success and the diameter measurements made in the graft union, it has been found that some scion/stock combinations may show graft incompatibility. The 'Williams'/BA29 combination may be incompatible due to the lower survival ratio and diameter values in the graft union than other combinations. Although graft success is sufficient, it should be noted that the 'Williams'/Fox11, whose rootstock diameter and graft union diameter are lower than the others, may show graft incompatibility. 'Deveci' cultivar shows good compatibility with all rootstocks due to the higher graft success and sapling performance.

*Corresponding author

ozturka@omu.edu.tr

Anaç ve Çeşidin Armutta Aşı Başarısı, Fidan Gelişimi ve Aşı Uyuşmazlığı Üzerine Etkisi

Anahtar kelimeler:

Armut, anaç, aşı başarısı, aşı uyuşmazlığı, yaşama oranı

Özet. Bu çalışma 'Deveci' ve 'Williams' armut çeşitlerinin aşı başarısı, fidan gelişimi ve aşı uyuşma/uyuşmazlığı üzerine farklı anaçların etkilerini belirlemek amacıyla 2015-2016 yıllarında Samsun ekolojik koşullarında yürütülmüştür. Aşı uyuşmazlığı aşı bölgesinde yapılan morfolojik ölçümlerle ilişkilendirilmeye çalışılmıştır. Araştırmada incelenen tüm özellikler üzerine anaç, çeşit ve anaççeşit interaksyonunun etkisi önemli olmuştur. Aşı tutma oranı %91.5-100.0, aşı sürme oranı %89.2-99.0, fidan yaşama oranı %83.7-99.0 arasında değişmiştir. Aşı tutma oranı en yüksek OHxF333 en düşük ise BA29 anacında olmuştur. Aşı sürme ve fidan yaşama oranı ayva anacında armut anaçlarından daha düşük olmuştur. Anaç çapı OHxF333 ve çöğür anaçlarında Fox11 ve BA29 anaçlarından daha yüksek bulunmuştur. Aşı yeri çapı ve sürgün çapının Fox11 anacında diğer anaçlardan daha düşük olduğu belirlenmiştir. Aşı sürgün uzunluğu OHxF333 anacında diğer anaçlardan daha yüksek bulunmuştur. Özellikle aşı başarısı ve aşı bölgesinde yapılan çap ölçümleri de dikkate alındığında bazı kombinasyonların aşı uyuşmazlığı gösterebileceği tespit edilmiştir. Fidan yaşama oranı ve aşı bölgesindeki çap değerlerinin diğer kombinasyonlardan daha düşük olduğu 'Williams'/BA29 kombinasyonunun uyuşmaz olabileceği ortaya konulmuştur. Aşı başarısı yeterli olmasına rağmen anaç ve aşı sürgünü çapı diğerlerine göre düşük olan 'Williams'/Fox11 kombinasyonunun aşı uyuşmazlığı gösterebileceğine dikkat edilmelidir. 'Deveci' çeşidinin aşı başarısı ve fidan gelişim performansının daha iyi olması dolayısıyla tüm anaçlarla iyi bir aşı uyuşması gösterdiği belirlenmiştir.

**This study was produced Nermin COBAN's MSc Thesis.

INTRODUCTION

Today, fruit growing has an important potential in the development of the horticultural crops (Nimbolkar *et al.*, 2016). Pear, which is the most produced temperate fruit after apples, is a fruit species its production increase day by day due to its good income and the benefits on human health (Jackson, 2003; Ozcagiran *et al.*, 2005). Pear cultivars used in the establishment of commercial pear orchards are generally grafted on seedling or clonal rootstocks (Jackson, 2003; Ozcagiran *et al.*, 2005; Francescatto *et al.*, 2010; Machado *et al.*, 2016; Hepaksoy, 2019; Tatari *et al.*, 2020). Rootstocks have an important effect on fruit production by affecting the crown structure, growth characteristics, nutrient uptake, flowering, yield and fruit quality. In addition, rootstocks are resistant to biotic and abiotic stresses such as soil pathogens, thermal stress and salinity (Rom and Carlson, 1987; Mezey and Lesko, 2014). In modern pear cultivation, quince and pear clonal rootstocks are used instead of seedling rootstocks (Hancock and Lobos, 2008; Sharma *et al.*, 2010; Dondini and Sansavini, 2012). Pear clonal rootstocks show stronger development compared to quince rootstocks and so they are planted wider distances (Ozcagiran *et al.*, 2005; Sharma *et al.*, 2010). Quince rootstocks provide the control of the growth vigor (dwarfing) of the trees grafted to them, earliness in yield, increase in fruit yield and quality, high density planting, increase in fruit size, easy management practices such as pruning, spraying, weed control and harvesting. However, these rootstocks also have negative properties such as sensitivity to winter cold, calcareous soil, chlorosis and fire blight and poor graft compatibility (Ernel *et al.*, 1999; Pina and Errea, 2009; Francescatto *et al.*, 2010; Machado *et al.*, 2016; Dolkar *et al.*, 2018). Pears show graft incompatibility due to morphological, anatomical, physiological or biochemical reasons, especially when they are grafted on quince of the different genera (Özçağiran, 1982; Ernel *et al.*, 1999; Jackson, 2003; Francescatto *et al.*, 2010; Hudina *et al.*, 2014). In the pear, the graft incompatibility may occur with some symptoms in early and late stage of growing period on the quince rootstocks (Errea, 1998; Ernel *et al.*, 1999; Pina and Errea, 2005; Davarynejad *et al.*, 2008; Rahman *et al.*, 2017; Dolkar *et al.*, 2018). The swelling on the graft site, diameter differences between scion and stock, angle of shoot growth, leaflet becomes yellowish, low graft success and survival ratio, reduction of vegetative growth and differences in growth rate between rootstock and scion are some symptoms of the graft incompatibility (Pina and Errea, 2005; Davarynejad *et al.*, 2008; Hartman *et al.*, 2011; Machado *et al.*, 2016; Rahman *et al.*, 2017). This phenomena might be due to the absence of differentiation of callus tissues into new phloem tissues or necrosis of the cells in the site of scion (Pina and Errea, 2009; Hartmann *et al.*, 2011; Dolkar *et al.*, 2018). This can cause a miss-joining between rootstock and scion, leading to lack of lignification of cells in the graft union (Darikova *et al.*, 2011; Hartman *et al.*, 2011; Dogra *et al.*, 2018; Dolkar *et al.*, 2018). Normally, the diameter of the grafted cultivar trunk is slightly larger than that of the rootstock due to lignification in the graft union. When the graft diameter of the cultivar is slightly larger than the rootstock diameter in the graft union, this may be an indicator of anatomical graft incompatibility. This anatomical graft incompatibility may be due to the difference in the rate of cambium cell division of the rootstock and cultivar that causes discontinuity in the xylem vessels. The formation of new cambium tissue callus in the graft union region appears to be delayed in heterografts and/or interspecific grafts according to homografts and/or intraspecific grafts (Webster, 1995; Darikova *et al.*, 2011; Hartmann *et al.*, 2011; Dogra *et al.*, 2018).

In order to eliminate the negative effects of graft incompatibility in pear/quince grafting combinations, dwarf and semi-dwarf quince and pear clonal rootstocks such as BA29, Adams, Sydo, Pyrodwarf, OHxF, Farold, Fox, BP and CTS series in different rootstock breeding programs have been used in recent years (Jackson, 2003; Hancock and Lobos, 2008; Dondini and Sansavini, 2012; da Silva *et al.*, 2018). It is important for pear cultivation to investigate the effects of these new pear rootstocks on the growth and development vigor of the cultivars grafted on them, as well as their resistance to biotic and abiotic stress conditions. In addition to choosing a good cultivar for successful cultivation, selection of proper rootstocks for growing conditions is also very important (Hepaksoy, 2019). The effect of the cultivars grafted on rootstocks on growth characteristics determines the growing ability of the cultivar. In this respect, to reveal the graft compatibility/incompatibility with the cultivars grafted on rootstocks (Rahman *et al.*, 2017; da Silva *et al.*, 2018) is very important for the pear producer who will established the orchard with these saplings.

This research was carried out to determine the graft compatibility/incompatibility of pear cultivars grafted on quince and pear rootstocks in 2015 and 2016 years.

MATERIAL AND METHOD

Experiment Location

This study was carried out at the Agriculture Research Station of Ondokuz Mayıs University located in Samsun (Turkey) Province, Atakum County (North: 41° 21', East: 36° 11', Altitude: 173 m) during 2014 and 2016 years. The study was conducted on nursery parcel located in the open field. Grafting was also performed in the open field. The research area was flat and had a slope of about 1%. The nursery soil is clayed-loam, weakly acidic, lime-free, and unsalted, and it has high phosphorus, potassium and organic matter content. The plants were mulched against the weeds and drip irrigation was implemented.

The climate of Samsun proves its temperate climate character. For many years, the highest average temperature was 27.0 °C, the lowest temperature was 3.9°C, the annual average temperature was 14.4 °C, and the average annual rainfall was 733 mm. According to the obtained data, a large part of the precipitation falls in autumn and winter (TSMS 2020). The climatic data of experimental area were measured with a mechanical data logger (KIMO KH-100 Temp/RH data logger) and they presented Figure 1.

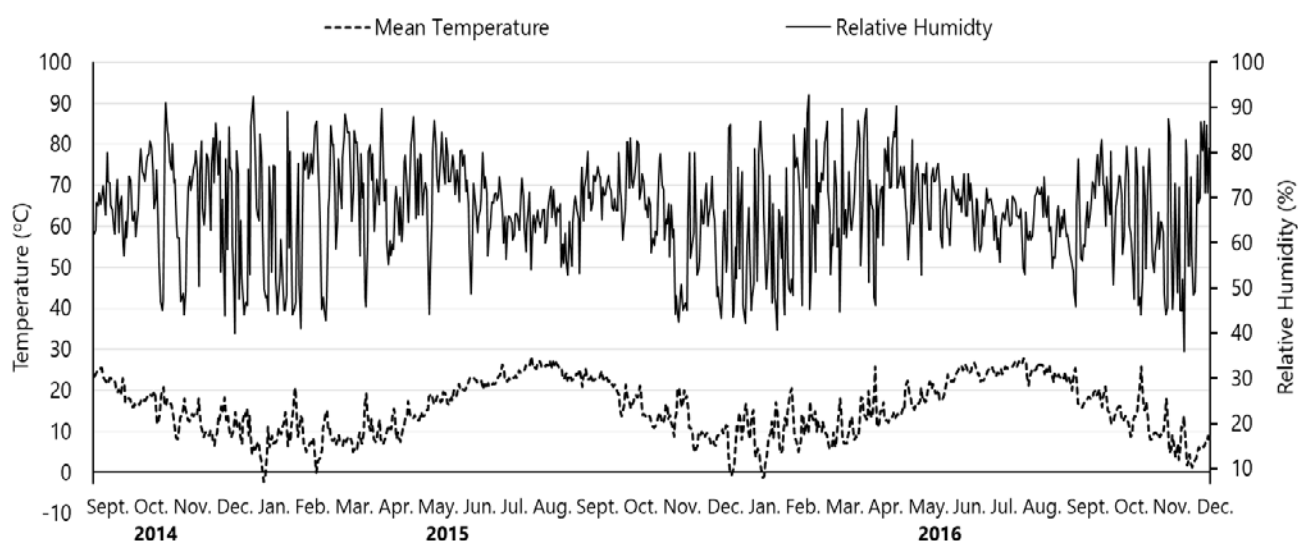


Figure 1. Mean temperature (°C) and relative humidity (%) data of experimental area between 2014-2016 years.

Şekil 1. Deneme alanında 2014-2016 yılları arasında gözlemlenen ortalama sıcaklık (°C) ve oransal nem (%) değerleri.

Plant Materials

In the study, one year old clonal rootstocks of quince (Quince BA 29), pear (OHxF 333 and Fox 11) and pear seedling were used. Rootstocks were planted at a distance of 120 cm and 30 cm rows and rows in February 2014 and cultivated in open field. 'Deveci' and 'Williams' pear cultivars were used as scions. 'Deveci' is known as compatible cultivar with quince rootstock (Ozcagiran *et al.*, 2005) and 'Williams' is known as compatible or moderate compatible cultivars with quince rootstocks (Gulen *et al.*, 2002; Dondini and Sansavini, 2012; Hudina *et al.*, 2014).

Grafting and Observations

Similar sized (for thickness) rootstocks were selected for grafting. T-budding method, which has been using the most suitable graft method in the fall period (Westwood 1995; Hartmann *et al.* 2011) was used in the month of 1 September, 2014 and 2015. Grafting was performed 20 cm above the soil surface (Lewis and Alexander 2008; Hartmann *et al.* 2011). A total of 30 grafts was made in the study, 3 replicates in each rootstock and cultivar combination, and 10 grafting in each replicate. White colored, soft and silicone grafting tape was used to protect the graft area. Cultural applications such as irrigation, weed management and removal of suckers below the graft union were performed regularly. As a ground cover, which is black colored, UV-added and polypropylene, was used between the rows for weed control. The rootstocks used in the study were irrigated during summer by drip irrigation systems. Fertilization was done fertigation, and NPK (20.10.20+ME, 3-4 kg decare-1) fertilizer was used, one month intervals. Chemical spraying was not performed in the orchard.

After 20 days of budding brown and black and shriveled buds were taken as dead, but green buds indicated bud take (Hartmann *et al.*, 2011). In the study, graft (bud) take ratio (%), graft (bud) sprout ratio (%), graft survival ratio (%), rootstock diameter (mm), graft union diameter (mm), shoot diameter (mm) and shoot length

(cm) were determined according to previous relevant studies (Ozturk *et al.*, 2009; Ozturk *et al.*, 2011; Hudina *et al.*, 2014; Ozturk and Ozturk, 2014; Rahmati *et al.*, 2015; Rahman *et al.*, 2017; Zenginbal *et al.*, 2017; Zenginbal and Bostan 2019; Serttas and Ozturk, 2020). Graft take ratio (%) was determined by dividing the number of successful grafts with the total number of grafted plants. Graft sprout ratio (%) was determined by dividing the number of sprouting grafts with the total number of grafted plants after bud burst. Graft survival ratio (%) was determined by dividing the number of surviving grafts with the initially grafted total plants at the end of the vegetation period (December 1st). Rootstock diameter (mm) was measured by 0.01mm sensitive digital caliper at a point 5 cm below the graft union at the end of vegetation (December 1st) for each application. Graft union diameter (mm) was measured by 0.01mm sensitive digital caliper at graft union area at the end of vegetation (December 1st) for each application. Graft shoot diameter (mm) was measured by 0.01mm sensitive digital caliper at a point 5 cm above the graft union at the end of vegetation (December 1st) for each application. Graft shoot length (cm) was measured by meter from graft point to shoot tip at the end of vegetation (December 1st) for each application.

Data Analysis

This study was arranged with randomized complete block design with three replications, each replication contained 10 plants, and totally each treatment had 30 plants. Data expressed as a percentage (bud take ratio, sprouting ratio and survival ratio) was transformed using the arc-sin \sqrt{x} transformation. Non-transformed values were given in the tables. Data analyses were performed using SPSS v 21.0 (IBM® SPSS® statistics) statistical package program via the license of Ondokuz Mayıs University. The differences between the averages of rootstocks and cultivars and their interaction were determined by 'Duncan's Multiple Range Tests' at the 0.05% level. The results are given as two-year average in the tables.

RESULTS AND DISCUSSION

Graft Take Ratio

There was statistically significant effect of the rootstocks, cultivars and rootstock x cultivar interaction on the grafting take ratio. The highest graft take ratio was in the OHxF333 rootstock (98.5%); the lowest was in the BA29 rootstock (95%). In terms of cultivar average, the highest graft take ratio was found in the 'Deveci' cultivar (99.6%), it was the lowest in the 'Williams' cultivar (93.8%). In terms of rootstock x cultivar interaction, the highest graft take ratio (100%) was obtained by 'Deveci'/Fox11 and 'Deveci'/seedling and 'Deveci'/OHxF333, the lowest was in the 'Williams'/BA29 and 'Williams'/seedling rootstocks (91.5% and 91.7%). When the 'Deveci' was grafted on the BA29, the graft take ratio was lower than the other rootstocks. When the 'Williams' cultivar was grafted on the Fox11 and OHxF333, the graft take ratio was higher than the grafted on the BA29 and seedling (Table 1).

In this study, the graft take ratio was found higher in pear rootstocks than quince rootstock. In the previous relevant studies were stated that rootstocks and cultivars had a very important effect on the graft take ratio in the pear (Akçay, 2007; Rahman *et al.*, 2017; Serttas and Ozturk, 2019; Zenginbal and Bostan, 2019). The graft take ratio in the pear; Elivar and Dumanoglu (1999) 74.5-96.1%; Kadan and Yarılıgac (2005) 98-99%; Irisarri *et al.* (2016) 53.33-91.67%; Rahman *et al.* (2017) 65.27-88.94%; Zenginbal and Bostan (2019) 60%; Serttas and Ozturk (2020) 86.7-100.0%. Irisarri *et al.* (2016) determined that the lowest graft take ratio when the 'Williams' was grafted on the BA29 (53.33%). In previous studies, it was found that the graft take ratio was higher for the pear rootstocks than the quince rootstock. It can be said that the reason for this is related to botanical relationship amongst the grafting in fruit species. As a matter of fact, it has been emphasized that the graft take ratio is lower than the intraspecific and interspecific grafting of pear (*Pyrus*) and quince (*Cydonia*) of different genera (Jackson, 2003; Hartmann *et al.*, 2011). The 'Williams' pear cultivar had lower graft take ratio in the quince rootstock than the pear rootstocks compared the 'Deveci' cultivar in this study. While the results of the graft take ratio obtained from this study were a bit similar to the study by Elivar and Dumanoglu (1999); it is very similar to the study done by Kadan and Yarılıgac (2005), Irisarri *et al.* (2016), Rahman *et al.* (2017), Zenginbal and Bostan (2019) and Serttas and Ozturk (2020).

Graft Sprout Ratio

In this study, the graft sprout ratio was higher in the pear rootstocks than the quince rootstock. The graft sprout ratio was higher in the 'Deveci' (97.8%) than the 'Williams' (91.2%). In terms of rootstock x cultivar interaction, the highest graft sprout ratio was found in the 'Deveci' grafted on the Fox11, OHxF333 and seedling rootstocks (99.0%, 98.7% and 98.7%, respectively), and the lowest in the 'Williams' cultivar grafted on the BA 29

quince clone rootstock (89.2%). The highest graft sprout ratio was determined when the 'Williams' grafted on the OHxF333, while it was the lowest when grafted on the BA29 (Table 1).

Table 1. The effect of the rootstocks on graft success of pear cultivars.

Çizelge 1. Armut çeşitlerinin aşı başarısı üzerine anaçların etkisi.

Cultivars	Rootstock	Graft take ratio (%)	Graft sprout ratio (%)	Graft survival ratio (%)
Deveci	BA29	98.5 b* b**	95.1 b b	93.4 bc b
	Fox11	100.0 a a	99.0 a a	99.0 a a
	OHxF 333	100.0 a a	98.7 a a	96.7 b ab
	Seedling	100.0 a a	98.7 a a	98.7 a a
Williams	BA29	91.5 d b	89.2 c b	83.7 e b
	Fox11	95.0 c a	91.4 ab ab	91.3 cd a
	OHxF 333	97.0 c a	93.0 ab a	91.7 cd a
	Seedling	91.7 d b	91.3 ab ab	87.3 de b
Factors' means				
Rootstocks	BA29	95.0 c	92.1 b	88.5 b
	Fox11	97.5 ab	95.2 a	95.2 a
	OHxF 333	98.5 a	95.8 a	94.2 a
	Seedling	95.8 b	95.0 a	93.0 a
Cultivars	Deveci	99.6 a	97.8 a	96.9 a
	Williams	93.8 b	91.2 b	88.5 b

*: The difference between the means indicated by the same letter in the same column is not statistically significant in the $p < 0.05$.

** : The difference between the means of the same cultivar indicated by the same letter in the same column is not statistically significant in the $p < 0.05$.

In the study, rootstock and cultivar and rootstock x cultivar interaction had a statistically significant effect on the graft sprout ratio (Table 1). Temperatures immediately after grafting directly affect graft success. And also, in order to form the callus tissue on the graft formation, the environmental conditions such as temperature and humidity should be appropriate (Yılmaz 1994; Hartmann *et al.*, 2011). The temperature between 12.8°C and 32°C during or after grafting speeds up callus formation and allows the growth to continue rapidly. After grafting, callus formation and the cambium junction between the rootstock and scion occur after 7-14 days (Hartmann *et al.*, 2011) and therefore the first 15 days air temperatures after grafting directly affect the success of the graft. Hence, the measured temperatures during the grafting period in the research area in the specified temperature range (Figure 1), increased the graft take and sprout ratio. This study results about the graft sprout ratio are consistent with the previous studies in the pear was in 56.67-100% (Elivar and Dumanoglu, 1999; Kadan and Yarılgac, 2005; Zenginbal and Bostan, 2019 Serttas and Ozturk, 2020). As a result of this research, it was determined that the 'Deveci' pear cultivar had better graft sprout ratios compared to the 'Williams'. The good compatibility of the 'Williams' cultivar with the OHxF333 rootstock (Akçay, 2007) also affected the graft sprout ratios positively. In combinations of grafted on quince rootstock, the graft sprout ratio was lower than those grafted on pear rootstock. The difference between rootstocks and cultivars in the graft sprout ratio obtained in the study is due to the genetic difference of rootstocks and cultivars. As a matter of fact, it is reported that genetic differences affect graft success (Pektas *et al.*, 2009; Hartmann *et al.*, 2011; Zenginbal *et al.*, 2017; Serttas and Ozturk, 2020).

Survival Ratio

In the study, the survival ratio of pear rootstocks (95.2%, 94.2% and 93.0%, respectively) was higher than the quince rootstock (88.5%). In terms of cultivar average, the survival ratio was higher in the 'Deveci' (96.9%) than the 'Williams' (88.5%). In the study, the highest survival ratio was determined in the 'Deveci'/Fox11 (99.0%) and the 'Deveci'/seedling (98.7%) and the lowest in the 'Williams'/BA29 (83.7%) in terms of rootstock x cultivar interaction. The lowest survival ratio of 'Deveci' was grafted on the BA29, and in the 'Williams' was the lowest grafted on the BA29 (Table 1).

In the study, rootstock, cultivar and rootstock x cultivar interaction had a significant effect on the survival ratio. In today's modern fruit growing, rootstocks have become widespread due to their some advantages such as the tree shape and size, early fruiting, the quality of the fruits, adaptation to different ecological conditions, and their resistance to diseases and pests (Sharma *et al.*, 2010; da Silva *et al.*, 2018; Hepaksoy, 2019). First of all,

knowing the graft compatibility between stock and scion used in the grafting will prevent possible problems in the future. Generally; the closer relatives of the plants to be grafted botanically, the higher the chances of success of grafting (Hartmann *et al.*, 2011; Dogra *et al.*, 2018; Dolkar *et al.*, 2018). There are many factors that affect graft success, including ecological, physiological, morphological and genetic. Factors such as temperature, humidity, the condition of the rootstock, the technique of grafting, the skill of the expertise and relationship between the plants to be grafted directly affect the graft success (Hartmann *et al.*, 2011). Failure of the grafting appropriate for the technique and time or a low rate of graft take can be associated with graft incompatibility. This can occur, especially when different species/genera are grafted on top of each other. Due to the graft incompatibility in the pear/quince graft combination of different genera, the symptoms of incompatibility do not appear immediately, but also appear as a delayed dispute after a few years (Ernel *et al.*, 1995; 1997; Francescato *et al.*, 2010; Darikova *et al.*, 2011; Hartmann *et al.*, 2011). Rahman *et al.* (2017) reported that the survival ratio varies significantly between rootstocks and cultivars and that in terms of cultivars, the highest survival ratio was in the 'Williams', the lowest was in the 'Santa Maria', and in terms of rootstocks, a local variety of seedlings was in. In this study, differences in graft take and sprout ratios were found in the grafting between different genera. The difference between the genera in the survival ratio was slightly higher observed. This can result from pear/quince graft incompatibility. Especially in this study, 'Williams' cultivar, which has a lower survival ratio, has been reported to show graft incompatibility with some quince rootstocks (Gulen *et al.*, 2002; Dondini and Sansavini, 2012) and pear clonal rootstocks such as Fox11 (Hudina *et al.*, 2014). Serttas and Ozturk (2020) noted that the survival ratio was 93.3% (Williams) - 100.0 (Santa Maria) among the varieties and 93.3-98.9% among the rootstocks. In a similar study, Hudina *et al.* (2014), examined the graft compatibility/incompatibility of some standard pear cultivars grafted on different pear rootstocks, reported that rootstocks and cultivars affected the survival ratio, and the survival ratio varied between 25% and 100%. They reported that the lowest survival ratio was in "Williams', 'Conference' and 'Abate Fetel' cultivars and they emphasized that this was due to biochemical reasons. It has been emphasized that graft incompatibility is a complex event resulting from physiological, anatomical and biochemical reasons, and the survival ratio is lower in combinations where graft incompatibility is high (Errea, 1998; Musacchi *et al.*, 2002; Pina and Errea, 2009; Ciobotari *et al.*, 2010). Hudina *et al.* (2014) reported that the survival ratio was lower in cultivars grafted on the BA29 and Fox11 compared to other rootstocks. The results obtained in the study are in accordance with the previous studies.

Rootstock Diameter

In the research, pear cultivars examined had no effect on the rootstock diameter and rootstocks and rootstock x cultivar interaction had a statistically significant effect on the rootstock diameter. The rootstock diameter ranged between 22.52 mm and 32.25 mm in terms of rootstock averages, and 26.43 mm and 29.13 mm in terms of cultivar averages. The rootstock diameter was found to be the lowest in the Fox11 (22.25 mm) and the BA29 (24.69 mm) rootstocks, and it was the highest in the OHxF333 (31.67 mm) and seedling rootstock (32.25 mm). In terms of rootstock x cultivar interaction, the highest rootstock diameter was found in the 'Deveci'/seedling (35.83 mm) and 'Williams'/OHxF333 (33.46 mm) and the lowest was in the 'Williams'/BA29 (20.21 mm) scion/stock combination. When the 'Deveci' was grafted on the seedling rootstock, the rootstock diameter was the highest and it was the lowest when it was grafted on the Fox11. When the 'Williams' was grafted on the OHxF333, the rootstock diameter was the highest and the lowest was on the BA29 and Fox11 rootstocks (Table 2).

In the study, rootstocks and rootstock x cultivar interaction have a significant effect on the rootstock diameter, but there is no effect on cultivars. Cetinbas *et al.* (2018) found that the rootstock diameter was higher in the 'Deveci' cultivar than the 'Santa Maria' and amongst the rootstock, it was higher in the OHxF333, BA29, OHxF69 and Quince C rootstocks than the other examined rootstocks, and lowest in the Fox9 rootstock. Davarynejad and Davarynejad (2007) reported that the rootstock diameters differ statistically between cultivars, and they stated that some pear cultivars grafted on Quince A rootstock were 23.6 mm-69.2 mm 5 years after grafting. In a similar study, the different rootstocks affected the rootstock diameters under the nursery conditions (Rahman *et al.*, 2017). In the research, the results about the rootstock diameter are partially consistent with other studies.

Graft Union Diameter

The graft union diameter ranged between 25.38 - 37.78 mm in terms of rootstock averages and 32.21-35.61 mm in terms of cultivar averages. In terms of rootstock averages, the graft union diameter was found to be lower in the Fox11 (25.38 mm) than the other rootstocks. The graft union diameter of the 'Deveci' cultivar was

higher than the 'Williams'. In terms of rootstock x cultivar interaction, the highest graft union diameter was detected in the 'Deveci'/BA29 (45.18 mm) and the lowest was when both cultivars were grafted on the Fox11 rootstock (24.51 mm and 26.25 mm) (Table 2).

Table 2. The effect of the rootstocks on nursery plant growth performance of pear cultivars.

Çizelge 2. Armut çeşitlerinin fidan gelişim performansı üzerine anaçların etkisi

Cultivars	Rootstock	Rootstock diameter (mm)	Graft union diameter (mm)	Shoot diameter (mm)	Shoot length (cm)
Deveci	BA29	29.16 ab* b**	45.18 a a	33.53 a a	163.06 ab a
	Fox11	21.66 cd c	24.51 d d	19.35 d c	171.83 a a
	OHxF 333	29.87 ab b	33.81 bc c	25.74 bc b	182.40 a a
	Seedling	35.83 a a	38.95 ab b	28.09 b b	164.87 ab a
Williams	BA29	20.21 d b	30.39 cd ab	17.89 d b	98.11 c b
	Fox11	23.38 bcd b	26.25 d b	22.02 cd ab	108.00 c b
	OHxF 333	33.46 a a	38.23 ab a	25.02 bc a	186.07 a a
	Seedling	28.67 abc ab	34.39 bc ab	21.52 cd ab	128.67 bc b
Factors' means					
Rootstocks	BA29	24.69 b	37.78 a	25.71 a*	130.58 b*
	Fox11	22.52 b	25.38 b	20.68 b	139.92 b
	OHxF 333	31.67 a	36.02 a	25.38 a	184.23 a
	Seedling	32.25 a	36.67 a	24.81 a	146.77 b
Cultivars	Deveci	29.13 a	35.61 a	26.68 a	170.54 a
	Williams	26.43 a	32.31 b	21.61 b	130.21 b

*: The difference between the means indicated by the same letter in the same column is not statistically significant in the $p < 0.05$.

** : The difference between the means of the same cultivar indicated by the same letter in the same column is not statistically significant in the $p < 0.05$.

Rootstocks and cultivars and rootstock x cultivar interaction have statistically significant effects on the graft union diameter of standard pear cultivars grafted on some quince and pear rootstocks. For a successful grafting, the cambium tissues of the rootstock and scion must overlap, and the larger this overlap surface, the higher the rate of graft formation (Yılmaz, 1994; Hartmann *et al.*, 2011). Özçağır (1982) determined that a period of time should pass after grafting in order for the rootstock and scion to conjunction with each other and during this period new callus cells were formed in the rootstock and scion and the graft combined. Considering that the grafting process is a stress factor, there is a difference in diameter in the graft region due to wound combining and wound healing. Preventing transportation from this wound area during the transport of the assimilating materials between the scion/rootstock in the graft area may cause a difference in diameter (Hartmann *et al.*, 2011). Davarynejad and Davarynejad (2007) reported that the diameter of the graft union was statistically different between cultivars and they stated that the graft union diameter of some pear cultivars grafted on quince A rootstock were 28.4 mm-78.6 mm 5 years after grafting. These researchers found that the diameter difference was higher in cultivars with incompatible with the Quince A. Serttas and Ozturk (2020) emphasized that the effect of rootstocks and cultivars on the graft union diameter was significant. It has been reported that the diameter difference between the rootstock and cultivar in the grafted plants may be related to the graft incompatibility (Özçağır, 1982; Rodrigues *et al.*, 2004; Darikova *et al.*, 2011; Machado *et al.*, 2016). Machado *et al.* (2016), who examined the graft incompatibility of EMC quince rootstock and some pear cultivars, reported that there was a difference in diameter between rootstocks and cultivars in the graft union region, and they found that the Williams/EMC combination was incompatible, the Rocha/EMC and Abate Fetel/EMC combinations were partially incompatible. Rodrigues *et al.* (2004) and Pio *et al.* (2008) and Francescatto *et al.* (2010) reported that large diameter differences between rootstocks and cultivars were indicative of morphological graft incompatibility symptom. This morphological incompatibility symptom causes the root system to weaken due to the decrease in the transport of nutrients from the graft region (Zarrouk *et al.*, 2010; Milosevic and Milosevic, 2011). This situation is related to the interruption in the xylem and phloem veins that prevent the flow of carbohydrates produced in the crown part for the root part and increase the accumulation of carbohydrates in the crown parts of the plant (Zarrouk *et al.*, 2010). The limitations in the transport of the assimilating substances from the graft site to the root area cause to poorly develop of sapling. This weak development resulted in graft incompatibility in the following years and the saplings death (Machado

et al., 2016). In this study, there was a diameter difference between the cultivars in the graft region because the 'Deveci' cultivar has a stronger development compared to the 'Williams' cultivar and the graft compatibility is better than the 'Williams' cultivar. This difference in the graft union diameter may result in rootstock-scion incompatibility, especially in the 'Williams' cultivar in the following years after the grafting. Indeed, the 'Williams' cultivar developed very slowly on Quince A (Özçağiran, 1982), Quince A (incompatible) and BA29 (moderately compatible) (Gulen *et al.*, 2002), BA29 (Irisarri *et al.* 2016) and graft union diameter of 'Williams' is lower than the other combinations and therefore it can be considered as incompatible with quince rootstocks. The results of this study are consistent with the previous similar studies.

Shoot Diameter

The shoot diameter was determined between 20.68 and 25.71 mm in terms of rootstock averages and 21.61 and 26.68 mm in terms of cultivar averages. The shoot diameter was lower (20.68 mm) in the Fox11 rootstock than other rootstocks. The shoot diameter of the 'Deveci' pear cultivar (26.68 mm) is higher than the 'Williams' (21.61 mm). In terms of rootstock x cultivar interaction, the highest shoot diameter was determined in the 'Deveci'/BA29 (33.53 mm), the lowest was in the 'Deveci'/Fox11 (19.35 mm) and 'Williams'/BA29 (17.89 mm) scion/stock combination in this study (Table 2).

In this study, rootstocks, cultivars and rootstock x variety interaction had significant effects on shoot diameter. Zenginbal and Bostan (2019) noted that the shoot diameter was changed to rootstocks and cultivars and growing condition. The shoot diameter in pear in previous studies, Soyly and Basyigit (1991) 'Santa Maria' 14.23-15.03 mm; Elivar and Dumanoglu (1999) 24.6 mm; Kadan and Yarılgac (2005) 10.68-12.95 mm; Davarynejad and Davarynejad (2007) 19.9-52.4 mm; Rahman *et al.* (2017) 9.83-14.81 mm; Zenginbal and Bostan (2019) 5.48-6.37 mm; Serttas and Ozturk (2020) 17.95-19.74 mm. were determined. In this study, the shoot diameter of the 'Deveci' cultivar was higher on the BA29 rootstock than other rootstocks. This is probably due to the fact that the 'Deveci' cultivar shows good graft compatibility with the BA29 quince clone rootstock (Demirel, 2017) and this rootstock grows better on the cultivar due to the strong development of pear rootstock in the first years. As a matter of fact, Öztürk and Öztürk (2014) reported that the 'Deveci', which grafted on the MC, BA29 and seedling rootstocks, had a higher shoot diameter on the BA29. Similarly, Cetinbas *et al.* (2018) reported that the shoot diameter of 'Deveci' cultivar was higher than that of the 'Santa Maria' cultivar. Zenginbal *et al.* (2017) reported that the effect of rootstocks and cultivars on shoot diameter of 14 different sweet cherry cultivars grafted on three different rootstocks was significant. In our study and other researches, the differences between rootstock and cultivar in terms of the shoots diameter have been based on the genetic differences of cultivars and rootstocks, and cultivation and maintenance practices (Hartmann *et al.*, 2011; Rahman *et al.*, 2017; Zenginbal *et al.*, 2017; Zenginbal and Bostan, 2019; Serttas and Ozturk, 2020).

Shoot Length

There were statistically significant effect on the shoot length in terms of rootstock and cultivar and rootstock x cultivar interaction in the study. The shoot length was found to be 130.58-184.53 cm in terms of rootstock averages and 130.21– 170.54 cm in terms of cultivar averages. The shoot length was higher in the OHxF333 rootstock (184.23 cm) than other rootstocks. The shoot length of 'Deveci' cultivar (170.54 cm) was higher than the 'Williams' (130.21 cm). In terms of rootstock x cultivar interaction, the highest shoot length was obtained in the 'Deveci' cultivar grafted on the OHxF333 and Fox11 (182.40 cm and 171.83 cm, respectively) and 'Williams' cultivar grafted on the 'OHxF333' (186.07 cm). The lowest shoot length was obtained by grafting 'Williams' on the Fox11 and BA29 rootstocks (108.00 cm and 98.11 cm, respectively) (Table 2).

In the study, it was determined that both rootstocks, varieties and rootstock x variety interaction had an important effect on the shoot length. Rootstocks affect the growth of cultivars grafted on them, as well as cultivars affect the growth of rootstocks on which they are grafted (Rom and Carlson, 1987; Jackson 2003). The results of this study were similar to the relevant previous study report that rootstocks and cultivars had an important effect on shoot length in the pears. (Irisarri *et al.*, 2016; Rahman *et al.*, 2017; Cetinbas *et al.*, 2018; Zenginbal and Bostan, 2019; Serttas and Ozturk, 2020). The shoot length in the pear was 185.7-194.0 cm (Soyly and Basyigit, 1991); 43.7 cm (Elivar and Dumanoglu, 1999); 109.31-129.45 cm (Kadan and Yarılgac, 2005); 31.82-91.62 cm (Rahman *et al.*, 2017); 19.89-20.51 cm (Cetinbas *et al.*, 2018); 34.6-39.6 cm (Zenginbal and Bostan, 2019). While the results of the shoot length in the study are compatible with some previous studies and differ from some others. The differences were resulted from genetic (Hartman *et al.*, 2011; Rahman *et al.*, 2017), grafting time and ecological condition (Kuden and Gulen, 1997; Elivar and Dumanoglu, 1999; Kadan and Yarılgac 2005; Pektas *et al.*, 2009) and cultivation conditions (Cetinbas *et al.*, 2018; Zenginbal and Bostan, 2019).

CONCLUSION

In the present study, it was tried to determine the relationship between graft success, sapling growth performance, and the graft relationship between rootstocks and cultivars of 'Deveci' and 'Williams' grafted on quince and pear rootstocks. Rootstocks and cultivars had significant effects on graft success and sapling development of cultivars. Pear rootstocks had higher graft success than quince rootstocks. 'Deveci' cultivar had higher graft success and sapling development performance than the 'Williams'. In this study, quality pear saplings were obtained in all cultivars/rootstocks combinations. It has been observed that all rootstocks and cultivars have reached sufficiently shoot height and diameter values that the quality seedlings must have and that sufficient sapling development performance is provided. Especially considering the graft success and the diameter measurements made in the graft union, it has been determined that some combinations may show graft incompatibility. It has been determined that the survival rate of the saplings is lower than the other combinations in the 'Williams'/BA29 combination and this combination may be incompatible. It should be noted that although the graft success is sufficient, the Fox11 rootstock, whose rootstock and graft shoot diameter is lower than other rootstocks, may also show graft incompatibility. 'Deveci' cultivar showed good graft compatibility with all rootstocks due to both graft success and sapling growth performance. When selecting suitable rootstocks and cultivars to be used in the pear orchard establishment, it will be important to consider these compatibility and/or incompatibility situations in advance for preventing future problems.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that there are no conflicts of interest regarding the publication of this article.

DECLARATION OF AUTHOR CONTRIBUTION

Nermin Coban conducted this MSc study under supervision of Ahmet Ozturk. Statistical analysis of the data, method, subject design and writing of the article were planned by supervisor.

REFERENCES

- Akçay, M. E. (2007). Armut yetiştiriciliğinde klon anaç kullanımı. *Hasad Bitkisel Üretim Dergisi*, 23(269), 50-53.
- Cetinbas, M., Butar, S., Sesli, Y., & Yaman, B. (2018). Effects of different cultivar/rootstock combinations on the some seedling characteristics for pear nursery growing. *Journal of Agriculture Faculty of Gaziosmanpasa University*, 35 (special issue), 8-12.
- Ciobotari, G., Brinza, M., Morariu, A., & Gradinariu, G. (2010). Graft incompatibility influence on assimilating pigments and soluble sugars amount of some pear (*Pyrus sativa*) cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38,187-192.
- da Silva G.J., Villa, F., Grimaldi F., da Silva P. S., & Welter J. F. (2018). Pear (*Pyrus* spp.) Breeding. In J. M. Al-Khayri, S. M. Jain, & D. M. Johnson (Eds.), *Advances in Plant Breeding Strategies: Fruits* (pp 131-163), Gewerbestrasse, Switzerland: Springer.
- Darikova, J. A., Savvaa, Y. V., Vaganova, E. A., Gracheva, A. M., & Kuznetsova. G. V. (2011). Grafts of woody plants and the problem of incompatibility between scion and rootstock (a review). *Journal of Siberian Federal University Biology*, 1(4), 54-63.
- Davarynejad, G. H., & Davarynejad, E. (2007). Field performance of incompatibility of pear cultivars Natanz, Sebri and Shekari budded on QA rootstock. *Acta Horticulturae*, 732, 221-226.
- Davarynejad, G. H., Shahriari, F., & Hamid, H. (2008). Identification of graft incompatibility of pear cultivars on Quince rootstock by using isozymes banding pattern and starch. *Asian Journal of Plant Science*, 7(1), 109-112.
- Demirel, G. 2017. *Bazı klonal anaçlar üzerine aşılı armut çeşitlerinde fenolik maddelerin değişimi*. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Dogra, K., Kour, K., Kumar, R., Bakshi, P., & Kumar, V. (2018). Graft-incompatibility in horticultural crops. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*, 7(2), 1805-1820.
- Dolkar, T., Mansoor, A., Agleema, B., Divya, S., Lobzang, S., & Stanzin, K. (2018). Mitigation of temperate fruit crop problems through use of rootstock. *International Journal of Chemical Studies*, 6(2), 880-887.

- Dondini, L., & Sansavini, S. (2012). *European pear*. In M. L. Badanes, & D. H. Byrne, (Eds.), *Fruit Breeding* (pp 363-413). Series: Handbook of Plant Breeding, Vol. 8, Springer Science+Business Media, New York.
- Elivar, D. E., & Dumanoglu, H. (1999). The comparison of fall and spring budding for one-year-old nursery tree production of apple, pear and quince in Ayaş (Ankara). *Journal of Agriculture Science*, 5(2), 58-64.
- Ermel, F. F., Catesson, A. M., & Poessel, J. L. (1995). Early histological diagnosis of apricot/peach x almond graft incompatibility: statistical analysis of data from 5-month-old grafts. *Acta Horticulturae*, 384, 497-503.
- Ermel, F.F., Kervella, J., Catesson, A. M., & Poessel, J. C. (1999). Localized graft incompatibility in pear/quince (*Pyrus communis/Cydonia oblonga*) combination: multivariate analysis of histological data form 5-month-old grafts. *Tree Physiology*, 19, 645-654.
- Ermel, F.F., Poessel, J. L., Faurobert, M., & Catesson, A. M. (1997). Early scion/stock junction in compatible and incompatible pear/pear and pear/quince grafts: a histo-cytological study. *Annual Bot-London*, 79, 505-515.
- Errea, P. (1998). Implications of phenolic compounds in graft incompatibility in fruit tree species. *Scientia Horticulture*, 74, 195-205.
- Francescato, P., Pazzin, D., Neto, A. G., Fachinello, J. C., & Giacobbo, C. L. (2010). Evaluation of graft compatibility between quince rootstocks and pear scions. *Acta Horticulturae*, 872, 253-260.
- Gulen, H., Arora, R., Kuden, A., Krebs, S. L., & Postman, J. (2002). Peroxidase isozyme profiles in compatible and incompatible pear-quince graft combinations, *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127(2), 152-157.
- Hancock, J. F., & Lobos, G. A. (2008). *Pears*. In J. F. Hancock (Edt.), *Temperate Fruit Crop Breeding: Germplasm to Genomics* (pp 299-336). Springer Science+Business Media, New York.
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, Jr. F. T., & Geneve, R. L. (2011). *Plant propagation: principles and practices*. 8th Edition. Regents/Prentice Hall International Editions, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Hepaksoy, S. (2019). Meyvecilikte Anaç Kullanımı: Armut Anaçları. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 12(2), 69-74.
- Hudina, M., Orazem, P., Jakopic, J., & Stampar, F. (2014). The phenolic content and its involvement in the graft incompatibility process of various pear rootstocks (*Pyrus communis* L.). *Journal of Plant Physiology*, 171, 76-84.
- Irisarri, P., Pina, A., & Errea, P. (2016). Evaluation of the vegetative characteristics and graft compatibility of pear varieties grafted on 'BA-29' and 'OHF-87' rootstocks. *ITEA*, 112(3), 243-254.
- Jackson, J.E. (2003). *Biology of apples and pears*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Kadan, H., & Yarılgac, T. (2005). Studies on propagation by dormant t-budding of apples and pears under Van ecological conditions. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 15(2), 167-176.
- Kuden, A., & Gulen, H. (1997). Propagation of apples, pears and plums by grafted cuttings. *Acta Horticulturae*, 441, 231-236.
- Lewis, W. J., & Alexander McE. D. (2008). *Grafting & Budding. A Practical Guide for Fruit and Nut Plants and Ornamentals*. Landlinks Press, 102, Australia.
- Machado, B.D., Magro, M., Rufato, L., Bogo, A., & Kretschmar, A. A. (2016). Graft compatibility between european pear cultivars and east malling "C" rootstock. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 39, e-063.
- Mezey, J., & Lesko, I. (2014). Callus and root-system formation in cherry rootstock Gisela 5. *Acta Horticulturae*, 17, 5-7.
- Milosevic, T., & Milosevic, N. (2011). Influence of cultivar and rootstock on early growth and syllepsis in nursery trees of pear (*Pyrus communis* L., Rosaceae). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, 54, 451-456.
- Musacchi, S., Masia, A., & Fachinello, J. (2002). Variation of some enzymatic activities in relationship to scion/stock compatibility in pear/quince combinations. *Acta Horticulturae*, 596, 389-392.
- Nimbolkar, P.K., Awachare, C., Reddy, Y.T.N., Chander, S., & Hussain, F. (2016). Role of Rootstocks in Fruit Production—A Review. *Journal of Agricultural Engineering and Food Technology*, 3(3), 183-188.
- Özçağırın, R. (1982). Bazı armut çeşitlerinin ayva A anacı ile uyuşma durumları üzerine bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(2), 77-83.
- Ozcagiran, R., Unal, A., Ozeker, E., & Isfendiyaroglu, M. (2004). *Pear*, In: *Temperate Fruit Trees, Pome Fruits* (Vol. II). Ege University. Agriculture Faculty Publications, Number: 556, Izmir, Turkey.
- Ozturk, A., & Ozturk, B. (2014). The rootstock influences growth and development of 'Deveci' Pear. *Turkish Journal of Agriculture and Natural Science*, 1, 1049-1053.

- Ozturk, A., Serdar, U., & Balci, G. (2009). The influence of different nursery conditions on graft success and plant survival using the inverted radicle grafting method on the chestnut. *Acta Horticulturae*, 815, 193-197.
- Ozturk, B., Ozcan, M., & Ozturk, A. (2011). Effects of different rootstock diameters and budding periods on graft success and plant growth in kiwifruit seedling production. *Journal of Agricultural Sciences*, 17(4), 261-268.
- Pektas, M., Canli, F. A., & Ozogun, S. (2009). Winter grafts as alternative methods to T-budding in pear (*Pyrus communis* L.) propagation. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 3(1), 91-94.
- Pina, A., & Errea, P. (2005). A review of new advances in mechanism of graft compatibility–incompatibility. *Scientia Horticulturae*, 106, 1-11.
- Pina, A., & Errea, P. (2009) Morphological and histochemical features of compatible and incompatible stem unions. *Acta Horticulturae*, 814, 453-456.
- Pio, R., Chagas, E. A., & Tombolato, A. F. C. (2008). Interspecific and intergeneric pear, apple and quince grafting using *Pyrus calleryana* as rootstock. *Acta Horticulturae*, 800, 173-178.
- Rahman, J., Aftab, M., Rauf, M. A., Rahman, K. U., Farooq, W. B., & Ayub, G. (2017). Comparative study on compatibility and growth response of pear varieties on different rootstocks at nursery. *Pure Applied Biology*, 6(1), 286-292.
- Rahmati, M., Arzani, K., Yadollahi, A., & Abdollahi, H. (2015). Influence of Rootstock on Vegetative Growth and Graft Incompatibility in Some Pear (*Pyrus spp.*) Cultivars. *Indo-American Journal of Agriculture & Veterinary Science*, 3(1), 25-32.
- Rodrigues, A. C., Fachinello, J. C., Silva, J. B., Fortes, G. R. L., & Strelow, E. 2004. Compatibilidade entre diferentes combinações de cvs. copas e portaenxertos de *Prunus* sp. *Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas*, 10, 185-189.
- Rom, R. C., & Carlson, R. F. (1987). *Rootstocks for fruit crops*. John Wiley and Sons- Interscience Publication, New York, 497, USA.
- Serttas, S., & Ozturk, A. (2020). Determination of the Stion Development Performances Different Pear Cultivars on Some Pear Clonal Rootstock. *Kahramanmaraş Sütcü İmam University, Journal of Agriculture and Nature*, 23(4), 842-850.
- Sharma, R. M., Pandey, S. N., & Pandey, V. (2010). *Breeding and Improvement*. In: *The pear: production, postharvest management and protection*. IBDC Publishers, India.
- Soylu, A., & Basyigit, H. (1991). Growth and branching characteristics of some fruit saplings produced in Bursa Kestel region. The First Turkish Arboriculture Symposium, Ankara, Turkey.
- Tatari, M., Rezaei, M., & Ghasemi, A. (2020): Quince Rootstocks Affect Some Vegetative and Generative Traits. *International Journal of Fruit Science*, 1-15.
- TSMS, (2020). Turkish State Meteorological Service Official Web Sites. <https://mgm.gov.tr>. Access date: May15, 2020.
- Webster, A. D. (1995). Rootstock and interstock effects on deciduous fruit tree vigour, precocity, and yield productivity. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 23(4), 373-382.
- Westwood, M. N. (1995). *Temperate-zone pomology, physiology and culture*. 3rd ed., Timber Pres, Oregon.
- Yılmaz, M. (1994). *Bahçe Bitkileri Yetiştirme Tekniği*. Çukurova Üniversitesi Basımevi, 151, Adana.
- Zarrouk, O., Testillano, P. S., Risuenõ, M. C., Angeles, M. M., & Gogorcena, W. (2010). Changes in cell/tissue organization and peroxidase activity as markers for early detection of graft incompatibility in peach/plum combinations. *Journal of the American Society for Horticultural Science, Geneva*, 135, 9-17.
- Zenginbal, E., & Bostan, S. Z. (2019). Pear sapling production in greenhouse and external environment. *Bahçe*, 48(2), 57-64.
- Zenginbal, H., Demir, T., Demirsoy, H., & Beyhan, O. (2017). The grafting success of fourteen genotypes grafted on three different rootstocks on production of sweet cherry (*Prunus avium* L.) sapling. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 16(1), 133–143.



Araştırma Makalesi

Böğürtlen (*Rubus fruticosus* L.) Odun Çeliklerinde Çelik Çapı ve İndol Butirik Asit (IBA) Dozlarının Köklenmeye Etkisi

Hamdi Zenginbal^{1*}, Muttalip Gündoğdu²

¹Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, Bolu

²Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bolu

Geliş tarihi (Received): 24.07.2020

Kabul tarihi (Accepted): 03.09.2020

Anahtar kelimeler:

Böğürtlen, odun çeligi, çelik çapı, IBA

Özet. Bu çalışmanın amacı, farklı çelik çapı ve indol butirik asit (IBA) dozunun 'Chester' böğürtlen (*Rubus fruticosus* L.) çeşidi odun çeliklerinin köklenmesi üzerine etkisini belirlemektir. Köklenme için odun çelikleri Sakarya ili Geyve ilçesinden 25 Şubat 2018 tarihinde sağlıklı bitkilerden (bir yıllık sürgünler) alındı. Çelikler aynı uzunlukta olacak şekilde (20 cm) 3 farklı çapta (4-6 mm, 7-11 mm ve 12-16 mm) hazırlandı. Daha sonra çeliklerin dip kısmı (1 cm), 10 saniye süreyle 0, 500, 1000, 1500 ve 2000 ppm IBA içeren sıvı çözeltiye (%50 etanol + %50 damıtılmış su) daldırıldı ve havada kurumaya bırakıldı. IBA uygulamasından sonra çelikler, ısıtmasız serada perlit ortamında 75 gün boyunca köklenmeye alındı. Çalışmada köklenme ve canlılık oranı, kök sayısı ve uzunluğu değerlendirildi. Araştırma sonucunda, canlılık oranı %30.0 ile %98.0 arasında, köklenme oranı %10.0 ile %80.0 arasında, kök sayısı 3.0 ile 23.2 arasında, kök uzunluğu ise 4 cm ile 15.4 cm arasında değişim göstermiştir. Bütün parametrelerde en yüksek sonuçlar 1000 ppm IBA uygulaması yapılan 7-11 mm çapındaki çeliklerden alınmıştır. Sonuçlar, 7-11 mm çapında hazırlanarak 1000 ppm IBA uygulaması yapılan çeliklerde kontrol ve diğer IBA uygulaması ve çelik çaplarına kıyasla köklenme oranı ve kök kalitesini arttırdığı ve oldukça etkili olduğunu göstermiştir.

*Sorumlu yazar

hzenginbal@gmail.com

Effect of Cutting Diameter and Indole-3-Butric Acid (IBA) Doses on Rooting of Blackberry (*Rubus fruticosus* L.) Hardwood Cuttings

Keywords:

Blackberry, hardwood cuttings, cutting diameter, IBA

Abstract. The objectives of this study were to determine the effect of different cutting diameter, and indole-3-butyric acid (IBA) doses on rooting of blackberry (*Rubus fruticosus* L.) cultivar 'Chester' hardwood cuttings. The hardwood stem cuttings (one-year-old shoots) for rooting were selected from healthy plants on February 25, 2018 in Geyve, Sakarya. Cuttings were prepared as three different diameters (4-6 mm, 7-11 mm, and 12-16 mm) in a fixed length (20 cm). And then the basal portion of cuttings (1 cm) was dipped in liquid solution of either 0, 500, 1000, 1500, and 2000 ppm IBA (50% ethanol + 50% distilled water) for 10 second and allowed to air dry. After pre-treating with IBA, the cuttings were rooted for 75 days in unheated greenhouse containing perlite medium. The rooting and viability rates, root number, and root length were evaluated in study. As a result of the study, the viability rate varied from 30.0 to 98.0%, the rooting rate varied from 10.0 to 80.0%, the number of root varied from 3.0 to 23.20, the root length varied from 4.0 to 15.4 cm. The highest results in all parameters were obtained from hardwood cutting prepared with 7-11 mm cutting diameter treated with 1000 ppm IBA. The results indicated that 7-11 cutting diameter treatment with 1000 ppm IBA solution was highly effective in increasing rooting rate and quality when compared to control, and all other IBA treatments and cutting diameters.

GİRİŞ

Ülkemizin hemen hemen her bölgesi doğal ortamında böğürtlenin yabani formlarına rastlamak mümkündür. Böğürtlen, sofralık taze tüketiminin yanında meyve suyu, reçel, marmelat, konserve, pasta, jöle (içerdiği pektin 'den dolayı), dondurma ve içki yapımında kullanılmaktadır. Çok çeşitli değerlendirme şekli olmasından dolayı böğürtlen tarıma dayalı sanayi kuruluşları için ekonomik öneme sahip bir meyve türüdür (Ağaoğlu, 1986; Göktaş, 2011).

Kuzey Amerika'da *Rubus* türlerinden çok farklı özelliklere sahip (dikenli, dikensiz, dik, yarı dik ve yerde sürünen) ticari böğürtlen çeşitleri (*Rubus* sp. L.) geliştirilmiştir (Bobrowski ve ark., 1996; Poling, 1996). Dünyada ve Türkiye'de başlıca 'Black Satin', 'Dirkson Thornless', 'Arapaho', 'Cherokee', 'Theodor Reimers', 'Boysenberry', 'Chester', 'Nessy', 'Darow', 'Lawton', 'Navaho', 'Bursa-I', 'Bursa-II' ve 'Bursa-III' böğürtlen çeşitleri yetiştirilmektedir (Barut, 2004). ABD'de yetiştiriciliği çok yaygın olan 'Chester' böğürtlen çeşidi, yarı dik ve orta kuvvette gelişen dikensiz bir çeşittir. Düşük sıcaklık ve hastalıklara dayanıklı olmasından dolayı değişik ekolojilere çok iyi adapte olabilmeye özelliği taşımaktadır. Meyveleri orta irilik ve sertlikte olup parlak siyah renkli ve yuvarlaktır. Tam olgunlaşmadan önce meyveler biraz asitli olup tam olgunlaştığında mükemmel aromaya sahiptir. Tanelenme özelliği orta seviye olan çeşidin sürgün başına verimi 200 gramdır (Poling, 1986; Barut, 2004).

Türkiye'de resmi istatistiklere 2012 yılında yansıyan böğürtlen verileri, üretim miktarı açısından Türkiye üzümü meyve üretiminde çilek ve ahududundan sonra 2708 ton 'la üçüncü sırada yer almaktadır. Türkiye böğürtlen üretiminin %78'ini (2113 ton) Bursa ili karşılamaktadır (TÜİK, 2019). Sofralık tüketimin yanında sanayide değerlendirme şeklinin çok olması nedeniyle ülkemizde böğürtlen yetiştiriciliğine talep gün geçtikçe artmaktadır. Artan talebin karşılanabilmesi için her şeyden önce piyasada tutulan ve rağbet gören kaliteli böğürtlen fidanlarının yeterli sayıda üretilmesi gerekmektedir. Caldwell (1984) ve Göktaş (2011) bildirimlerine göre böğürtlen fidan üretimi generatif (tohumla) ve vegetatif yollarla yapılmakta ise de yaygın olarak daldırma (uç daldırma), kök sürgünleri, gövde çeliği (odun, yeşil ve yarı odun), yaprak-göz çeliği, kök çeliği ve doku kültürü gibi vegetatif yolla yapılmaktadır.

Her bir çoğaltma yönteminin avantaj ve dezavantajları vardır. Daldırma ile çoğaltma (uç daldırma) basit bir yöntem olmasına karşın özellikle sürgünleri dik büyüyen çeşitlerde uygulanması zor olmakla birlikte sürgünleri yatırmak, köklenme ortamı hazırlanmak ve yabancı otlarla mücadele yapmak için yoğun iş gücü gerektirmektedir. Bunun yanında fidan üretim katsayısı oldukça düşüktür. Yaprak-göz çeliği ile fidan üretimi başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Fakat yaprak-göz çeliğinin sürgün üzerindeki konumu köklenmeyi etkilemekte ve çoğaltma katsayısı düşük olduğundan dolayı yaygın olarak kullanılmamaktadır (Caldwell, 1984; Hartmann ve ark., 2011; Takeda ve ark., 2011). Doku kültürü yöntemi, yüksek teknoloji gerektirdiğinden dolayı tesisi için yatırım masrafı oldukça yüksektir. Bu nedenle büyük ticari fidan üreticileri bu yöntemi kullanmamaktadırlar. Ancak küçük ölçekli fidan üreticileri yatırım masrafı en az olan üretim tekniklerini seçmektedirler. Bunun için damızlık bitkilerden alınan odun, yeşil ve yarı odun çelikleriyle fidan üretimi yapmaktadırlar (Lopez-Medina ve Moore, 1997; Bray ve ark., 2003; Takeda ve ark., 2011).

Uygulanması basit ve üretim maliyeti düşük olması sebebiyle çilekle çoğaltma çok sayıda fidan üretimi için tercih edilmektedir (Takeda ve ark., 2011). Dik büyüme özelliği gösteren bazı böğürtlen çeşitleri yeşil, yarı odun ve kök çelikleriyle başarılı bir şekilde çoğaltılabilmektedir (Zimmerman ve ark., 1980; Busby ve Himelrick, 1999; Thompson, 2004). Yeşil ve yarı odun çeliklerin köklendirilmesi için köklendirme ortamında mistleme ünitesinin olması ve birkaç hafta boyunca mistleme yapılması gerekmektedir (Busby ve Himelrick, 1999; Takeda ve ark., 2011). Nitekim bazı dikenli böğürtlen çeliklerinin plastik örtü altında, sisleme ünitesine sahip olmayan ortamlarda köklenmesi aralıklı sisleme ünitesine sahip ortamlardaki kadar iyi olmadığı belirtilmiştir (Zimmerman ve ark., 1980). Bunun yanında böğürtlenin odun çelikleri mistleme olmaksızın çoğaltılabileceği bildirilmiş ancak çeşide bağlı olarak köklenme başarısının düşük (<%50 köklenme) ve değişken olduğu belirtilmiştir (Zimmerman ve ark., 1980; Lopez-Medina ve Moore, 1997; Busby ve Himelrick, 1999; Bray ve ark., 2003).

Odun çelikleri ticari ve amatör fidan üretiminde yaygın olarak kullanılmamakla birlikte kış budaması sonrasında bitkisel atıkların değerlendirilmesi açısından önemli görülmektedir. Bu çoğaltma tekniği sayesinde işe yaramaz budama atıkları değerlendirilerek bitki başına çok sayıda fidan üretimi yapılmakta ve üreticiler için fidan maliyeti azalmaktadır. Azalan maliyete ek olarak yetiştiriciler için virüs bulaşmasına olası bir çözüm olarak görülmektedir. Yetiştiricilerin klonal üretimde virüs testi yapılmış virüssüz damızlık bitkilerden alınan çelikler sayesinde virüssüz fidan üretimi yapıldığı belirtilmektedir (Ahrens, 1991; Thompson, 2004).

Odun, yeşil ve yarı odun böğürtlen çelikleri köklendirme hormonu (oksin) uygulanmadan köklenmesine karşın *Rubus* sp. çeliklerinin kök sistemi geliştirmesi için oksin uygulanmasının köklenmeyi arttırdığı belirtilmektedir (Williams ve Norton, 1959; Busby ve Himelrick, 1999). Böğürtlen çeliklerine oksin grubu

büyüme düzenleyici maddelerden olan indol butirik asit (IBA) uygulaması ile değişik sonuçlar alınmıştır (Zimmerman ve ark., 1980; Lopez-Medina ve Moore, 1997; Busby ve Himelrick, 1999; Bray ve ark., 2003). Lopez-Medina ve Moore (1997), %0.3 IBA uygulaması ile dik büyüyen 'Arkansas' böğürtlen çeşidine ait odun çeliklerinde kök hacmi geliştiğini belirtmiştir. Busby ve Himelrick (1999), 4 farklı böğürtlen çeşidine ait yarı odun çeliklerde yapmış oldukları çalışmada, Temmuz ayında çelikleri (2 boğumlu) alarak sıvı ve toz halindeki IBA uygulaması (%0.1, 0.3 ve 0.8) yaptıktan sonra mistleme ünitesine sahip seraya dikmişlerdir. Araştırma sonucunda, çeliklerde kök gelişimini 0.3 ve %0.8 sıvı IBA hızlı daldırma yöntemi uygulanan 'Navaho' çeşidinde kontrol uygulamasına göre çok daha yüksek bulmuşlardır. Kök kalitesi ise %0.1 ve %0.8 toz IBA ve %0.3 ve %0.8 sıvı IBA hızlı daldırma uygulaması yapılan dikensiz 'Chester' çeşidinde kontrol çeliklerine göre daha iyi gelişme gösterdiğini belirlemişlerdir. Bir diğer çalışmada ise Bray ve ark. (2003), 'Apache', 'Arapaho', ve 'Navaho' böğürtlen çeşitlerine ait odun çeliklerini bir yıllık sürgünlerin uç, orta ve dip kısmından şubat ayında alarak perlit ortamında, cam serada köklenmeye almışlardır. Çeliklere 0 ve 3000 ppm IBA uygulamışlardır. Çalışma sonucunda sürgünlerin dip kısmından alınan ve 3000 ppm IBA uygulaması yapılan çeliklerden en yüksek, uç kısmından alınan ve 0 ppm IBA uygulaması yapılan çeliklerden ise en düşük sonuçlar almışlardır.

Bu çalışmada, böğürtlenlerin odun çelikleriyle çoğaltılması araştırılmıştır. Genel amacımız 'Chester' böğürtlen çeşidinin ticari fidan üretimi için basit ve verimli çoğaltım tekniği belirlemektir. Özel hedefimiz ise IBA (indol butirik asit) dozlarının ve çelik çapının köklenme üzerine etkilerini belirlemektir.

MATERYAL VE METOT

Bu araştırma, 2018 yılında Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bolu Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu'na ait antifog ve UV katkılı plastik örtüye sahip, ısıtma ünitesi olmayan yüksek tünelde yapılmıştır.

Araştırma süresince (1 Mart – 15 Mayıs) plastik örtüye sahip yüksek tünelde sıcaklık (°C) ve oransal nem (%) verileri 30 dakika aralıklarla elektronik sıcaklık ve nem kaydediciyle (HOB0 U10 Temp/RH) alınmış ve günlük ortalamalar hesaplanmıştır.

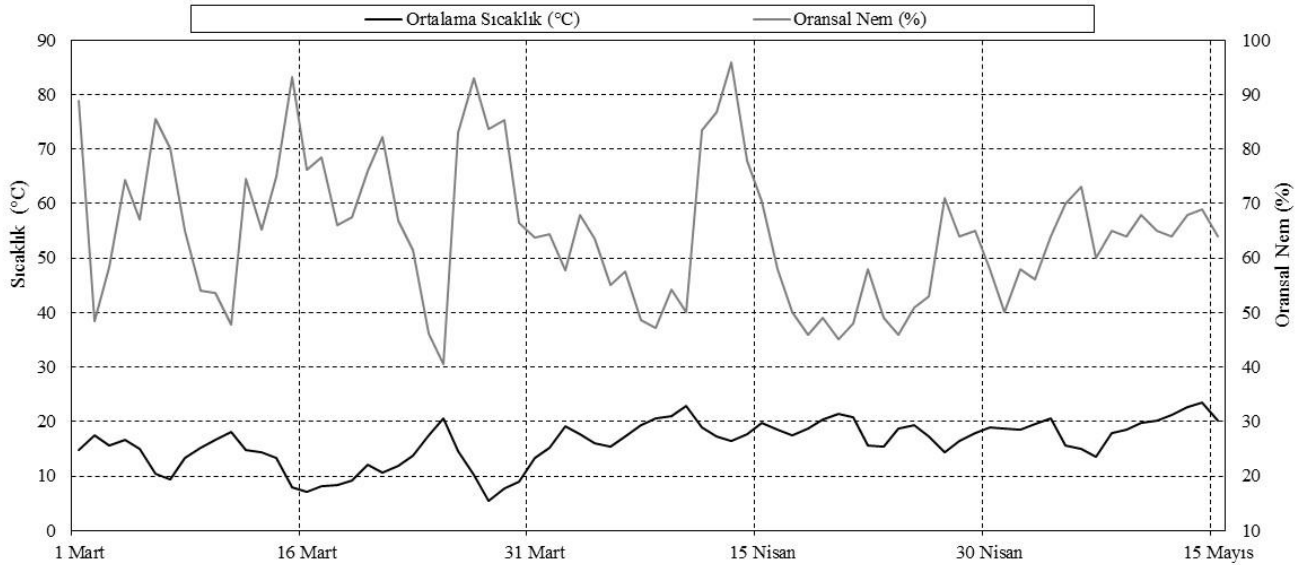
Araştırmada, bitkisel materyal olarak 'Chester' böğürtlen çeşidi kullanılmıştır. Çelikler, Sakarya ili Geyve ilçesi üretici bahçesinden 25 Şubat tarihinde alınmış ve ortalama 20 cm uzunluğunda hazırlanmıştır. Çeliklerin üst kısmı üst gözün hemen üzerinden çeliklerin dip kısımları ise alt gözün 1 cm altından düz bir şekilde kesilmiş ve akabinde 1-1.5 cm uzunluğunda kabuk dokusu odun kısmına kadar çizilerek yara dokusu oluşturulmuştur. Daha sonra çelikler, fungusit (Benlate %0.3'lük) çözeltisi içinde 10 dakika tutularak mantar enfeksiyonlarına karşı dezenfekte edilmiştir. Araştırmada 4-6 mm, 7-11 mm ve 12-16 mm olmak üzere 3 farklı çelik çapı; 0 (kontrol), 500, 1000, 1500 ve 2000 ppm olmak üzere 5 farklı IBA dozu denenmiştir. Çözeltiler etkili madde (IBA) 50 mL etil alkolde eritildikten sonra 50 mL saf su eklenerek çözelti 100 mL'ye tamamlanarak hazırlanmıştır. Kontrol çözeltisi olarak ise %50 etil alkol ve %50 saf sudan oluşan 100 mL'lik çözelti kullanılmıştır. IBA çözeltisine çeliklerin 1-1.5 cm'lik dip kısımları 10 saniye süre ile (hızlı daldırma yöntemi) muamele edilerek yüksek tünelde, siyah polietilen poşetler içerisine doldurulmuş perlit ortamında, 1 Mart tarihinde köklenmeye alınmıştır. Çelikler 75 gün sonra yani 15 Mayıs tarihinde köklendirme ortamından sökülerek canlılık ve köklenme oranı (%), kök sayısı (adet) ve uzunluğu (cm) belirlenmiştir.

Çalışma, üç tekerrürlü ve her tekerrürde 50 çelik olacak şekilde tesadüf parselleri deneme desenine göre planlanmıştır. Veriler JMP 13 paket programında istatistiksel analize tabi tutulmuş ve farklılıkları belirlemek için Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. IBA dozları ile çeliklerin köklenme ile ilgili parametreleri arasındaki korelasyonu belirlemek için temel bileşen analizinde (PCA) biplot grafiği R (Comprehensive R Archive Network, 2020) programı kullanılarak çizilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Deneme süresince (1 Mart ile 15 Mayıs tarihleri) plastik örtülü yüksek tünelde günlük ortalama sıcaklık ve oransal nem değerleri hesaplanmış ve günlük ortalama veriler "Şekil 1"de sunulmuştur. Örtü altı yüksek tünelde günlük ortalama sıcaklık değerleri 5.4 °C ile 23.5 °C arasında, oransal nem değerleri ise %40.5 ile %95.8 arasında değişim göstermiştir. Genel olarak 1 Mart tarihinden 15 Mayıs tarihine doğru hava sıcaklığında artış, oransal nem değerlerinde ise dalgalanma görülmüştür. Deneme süresince yani 75 günlük ortalama sıcaklık 16.09 °C, oransal nem ise % 64.70 olarak gerçekleşmiştir. Hartmann ve ark. (2011), çeliklerin köklenmesi için ideal hava sıcaklığının gündüz 70 °F (≈21.11 °C), gece ise 60 °F (≈18.33 °C); köklendirme ortamının sıcaklığının 70 °F (≈21.11 °C) ile 75 °F (≈23.89 °C) olması gerektiğini ve tropik bitkilerde bu değerlerin 10 °F (≈12.22 °C)'tan daha fazla olması gerektiğini belirtmektedirler. Bunun yanında araştırmacılar oransal nemin odun çelikler için en az % 55

olması gerektiğini belirtmektedirler. Bu bildirimler neticesinde araştırma ortamı hava sıcaklık ve oransal nem değerlerinin çelik köklenmesi için uygun değerlere yakın olduğunu bize göstermektedir.



Şekil 1. Araştırma süresince günlük ortalama sıcaklık (°C) ve oransal nem (%) değerleri.

Figure 1. The daily mean temperature (°C) and relative humidity (%) values during the course of investigation.

'Chester' böğürtlen çeşidi odun çeliklerinin köklenmesi üzerine çelik çapı ve IBA dozlarının etkilerine ait sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir. Canlılık ve köklenme oranı (%) üzerine IBA x çelik tipi etkileşiminin çok önemli etkileri olmuştur (Çizelge 1). En yüksek canlılık oranı (% 98.0) 500 ppm uygulaması yapılan 7-11 mm çapındaki çeliklerden alınmıştır. Köklenme oranı bakımından en yüksek sonuç (%80.0) ise 1000 ppm IBA uygulaması yapılan 7-11 mm çapındaki çeliklerden alınmıştır. Çelik tipinin canlılık oranı üzerine etkisine bakıldığında 4-6 mm ve 12-16 mm çapındaki çeliklerin IBA ile interaksiyonunda istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir. Fakat 7-11 mm çapındaki çeliklerde IBA dozunun etkisi istatistiksel olarak $p < 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapılan araştırmada, köklenme oranı parametreleri incelendiğinde çelik çaplarının farklı hormon düzeyleri ile ilişkisinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. Kök sayısı, 4-6 mm çaplarına sahip çeliklerde artan IBA dozlarının etkisi istatistiksel olarak $p < 0.01$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Kök uzunluğu değerlerine bakıldığında ise 7-11 mm ve 12-16 mm çaplarındaki çeliklerin artan IBA dozlarına göstermiş olduğu reaksiyonun etkisi istatistiksel olarak $p < 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 1. Farklı çelik çapı x IBA dozlarının böğürtlen odun çeliklerinin köklenmesi üzerine etkileri.

Table 1. Interactive effect of IBA concentration and cutting diameter on rooting of hardwood cuttings of blackberry.

Kriterlere	Çelik Çapı (mm)	IBA (ppm)					P değeri
		Kontrol	500	1000	1500	2000	
Canlılık Oranı (%)	4-6 ^{öd}	60.00 c ^s	78.00 b	88.00 ab	68.00 b	58.00 a	0.4320
	7-11 [*]	94.00 a	98.00 a	96.00 a	88.00 a	54.00 a	0.0241
	12-16 ^{öd}	72.00 b	72.00 b	78.00 b	72.00 b	30.00 b	0.3002
Köklenme Oranı (%)	4-6 ^{öd}	10.00 ^{ÖD}	52.00 ^{ÖD}	72.00 a	36.00 b	36.00 a	0.6059
	7-11 ^{öd}	14.00	48.00	80.00 a	62.00 a	18.00 b	0.0884
	12-16 ^{öd}	14.00	46.00	48.00 b	34.00 b	18.00 b	0.8075
Kök Sayısı (adet)	4-6 ^{**}	3.00 ^{ÖD}	9.60 ^{ÖD}	18.20 ab	13.20 ^{ÖD}	12.20 a	0.0069
	7-11 ^{öd}	4.00	14.00	23.20 a	15.40	13.20 a	0.0588
	12-16 ^{öd}	4.00	10.60	15.40 b	12.20	8.60 b	0.3785
Kök Uzunluğu (cm)	4-6 ^{öd}	4.00 ^{ÖD}	10.20 ^{ÖD}	14.70 ^{ÖD}	12.20 ^{ÖD}	11.20 ^{ÖD}	0.0992
	7-11 ^{**}	6.00 d	10.40 c	13.40 ab	15.40 a	13.00 b	0.0055
	12-16 ^{**}	6.00 d	9.20 c	12.20 b	13.00 a	12.00 b	0.0039

* Aynı satırda yer alan değerler üzerine IBA dozunun etkisi $p < 0.05$ düzeyinde önemlidir.

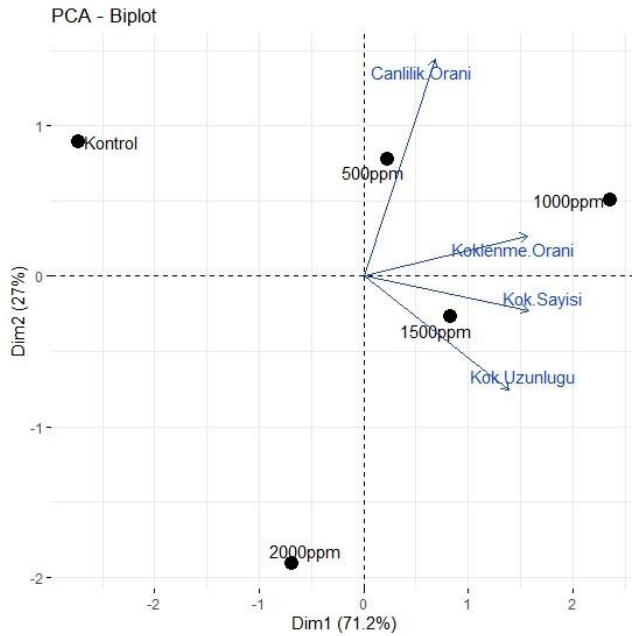
**Aynı satırda yer alan değerler üzerine IBA dozunun etkisi $p < 0.01$ düzeyinde önemlidir.

öd: Aynı satır içerisinde yer alan değerler üzerine IBA dozunun etkisi istatistiki olarak önemsizdir.

s: Aynı sütunda farklı harfler alan değerler istatistiki olarak farklıdır.

ÖD: aynı sütunda yer alan değerler arasında istatistiki fark yoktur.

Yapılan araştırmada böğürtlen çeliklerinin canlılık oranı, köklenme oranı, kök sayısı, kök uzunluğu ile artan IBA dozları arasındaki varyasyonun %98.2 olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2). Temel bileşen analizi sonucunda sadece iki bileşenin bu oranda yüksek varyasyon göstermesi çeliklerin morfolojik özelliklerinin IBA dozları arasındaki interaksiyonun önemini ortaya koymaktadır. Araştırmada genel olarak kontrol gurubuna göre 500 ppm IBA dozunun canlılık oranını, 1000 ppm IBA dozunun köklenme oranını ve 1500 ppm IBA dozunun ise kök sayısı ve uzunluğunu daha çok etkilediği ortaya konulmuştur. Çeliklerin morfolojik karakterleri kendi aralarında değerlendirildiğinde canlılık oranı ve kök uzunluğu arasındaki istatistiksel bağı negatif yönde olduğu, kök oranı ve kök sayısının ise birbirine yakın interaksiyon gösterdiği görülmüştür.



Şekil 2. IBA dozları ile çeliklerin köklenme performansları arasındaki korelasyon.
Figure 2. Correlation between IBA doses and rooting performance of blackberry cuttings.

Verilen bulgular neticesinde genel olarak elde edilen kök sayısı ve kök uzunluk verileri Korkut ve ark. (2017) 'Chester' böğürtlen çeşidinde yapmış oldukları çelikte çoğaltma çalışması verileriyle benzerlik göstermektedir. Nitekim 5 farklı köklendirme ortamı ve 3 farklı uygulamayı denedikleri çalışmalarında perlit ortamında 17.53 ile 23.20 adet arasında kök sayısı, 4.80 ile 11.40 cm arasında kök uzunluğu elde etmişlerdir. Kök sayısı bakımından en yüksek sonuçları 500 ppm IBA uygulamasından, en düşük sonuçları ise Bioone bakteri uygulamasından almışlardır. Bunun yanında Bobrowski ve ark. (1996), böğürtlenin odun çelikleriyle çoğaltımının basit olduğunu ancak köklenme oranının düşük (<%50) olduğunu belirtmektedir. Araştırmacıların bu bildirimine aksine çalışmamızda 7-11 mm çapındaki odun çeliklere 1000 ppm IBA uygulaması yaparak %80.0 köklenme sağlanmıştır.

Araştırma sonuçlarına göre IBA uygulamasının kontrol uygulamasına kıyasla çok daha iyi sonuçlar verdiğini görülmüş, incelenen tüm kriterlerde 1000 ppm dozun daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Weaver (1972), oksin grubu büyümeyi düzenleyici maddelerden olan IBA'nın saçak kök oluşumunu teşvik ettiğini belirtmektedir. Böğürtlen çeliklerine IBA uygulaması ile ilgi çeşitli çalışmalar yapılmış ve değişik sonuçlar alınmıştır (Zimmerman ve ark., 1980; Lopez-Medina ve Moore, 1997; Busby ve Himelrick, 1999; Bray ve ark., 2003). Lopez-Medina ve Moore (1997), 'Arkansas' böğürtlen çeşidi odun çeliklerine %0.3 IBA uygulaması ile kök hacminin geliştiğini; Busby ve Himelrick (1999) 4 farklı böğürtlen çeşidi yarı odun çeliklerine IBA uygulaması ile (%0.1, %0.3 ve %0.8 sıvı ve toz) çeliklerin kök sisteminin çok daha iyi geliştiğini; Bray ve ark. (2003), 3 farklı böğürtlen odun çeliklerine 0 ve 3000 ppm IBA uygulaması yapmışlar ve en yüksek sonuçları 3000 ppm IBA uygulamasından almışlardır. Bu araştırmaların yanında Maia ve Botelho (2008), IBA ve Paklobutrazol'un farklı dozlarının 'Xavante' böğürtlen çeliğinin köklenmesi üzerine yaptıkları araştırmada, paklobutrazol'un köklenme üzerine etkisinin olmadığı, 2000 ppm IBA dozunun en iyi köklenmeyi (% 60) sağladığı, 1000 ppm'lik IBA dozunun da % 56 köklenme sağladığı ve çelik başına 17.6 adet kök oluşturduğunu bulmuşlardır. Dias ve ark. (2011), böğürtlen çeliklerine 6 farklı IBA dozu (0, 250, 500, 1000, 2000 ve 4000 ppm) uygulamışlar ve en iyi köklenme oranlarını 250 ve 1000 ppm IBA uygulamasından almışlardır. Ayrıca çalışmamız neticesinde IBA'nın dozunun 0 ppm'den 1000 ppm'e doğru arttıkça sonuçların artış, 1000 ppm'den 2000 ppm'e doğru arttıkça sonuçların azalış gösterdiği belirlenmiştir. Nitekim yukarıda atıf yapılan Maia ve Botelho (2008), 1000 ppm üzerindeki IBA dozlarının köklenme oranını

azalttığı; Dias ve ark. (2011), 2000 ve 4000 ppm'lik IBA dozunun kök gelişimini engellediğini belirtmeleri bulgularımızı desteklemektedir.

Çalışma bulgularında çelik çapının köklenme ve kök kalitesi üzerine etkili olduğu bulunmuştur. Sürgünlerin orta kısmından alınan 7-11 mm çapındaki çelikler en yüksek sonuçları vermiş ve ideal çelik çapının sınırlarını bize göstermiştir. Bunun yanında sürgünlerin dip kısmından alınan çeliklerden ise en düşük sonuçlar alınmıştır. Bulgularımıza paralel olarak Hartmann ve ark. (2011), çelik çapının yaprağını döken bitkilerde köklenme üzerine etkili olduğu ve bir yıllık sürgünlerin orta kısmından alınan çeliklerin tomurcuk gelişiminin iyi olması nedeniyle çok daha iyi köklendiği belirtmektedir. Bray ve ark. (2003), 'Apache', 'Arapaho', ve 'Navaho' böğürtlen çeşidi odun çeliklerinde çelik çapının köklenme oranı üzerine önemli etkiler oluşturduğunu belirtmekte ve sürgünlerin dip kısmından alınan çeliklerden en yüksek, uç kısmından alınan çeliklerden ise en düşük sonuçlar alındığını belirtmektedirler. Bulgularımız araştırmacıların bildirimleriyle kısmen örtüşmektedir. Bunun yanında Tezel ve ark. (2016), hünnapta yapmış oldukları çalışmada, sürgünlerin orta kısmından alınan 5-7 mm çapındaki çeliklerin uç ve alt kısımdan alınan çeliklere kıyasla daha iyi köklendiğini belirterek bulgularımızı desteklemektedirler.

SONUÇ

Böğürtlen çok çeşitli değerlendirme şekli olmasından dolayı tarıma dayalı sanayi kuruluşları için ekonomik öneme sahip bir meyve türüdür. Bu sebeple dünyada olduğu gibi ülkemizde de böğürtlen yetiştiriciliğine talep yıldan yıla artmaktadır. Artan talebin karşılanabilmesi için her şeyden önce piyasada tutulan ve rağbet gören kaliteli böğürtlen fidanlarının yeterli sayıda üretilmesi gerekmektedir. Fidan üretiminde uygulanması basit, üretim maliyeti düşük ve çoğaltma katsayısı yüksek olan çelikle çoğaltma yöntemleri tercih edilmelidir.

Odun çelikleri ile çoğaltma ticari ve amatör fidan üretiminde yaygın olarak kullanılmamakla birlikte bu çoğaltma tekniği sayesinde işe yaramaz kış budama atıkları değerlendirilerek bitki başına çok sayıda fidan üretimi yapılabilen ve üreticiler için fidan maliyeti azalmaktadır.

Bu çalışmada 'Chester' dikensiz böğürtlen çeşidinin odun çelikleriyle çoğaltılmasında IBA (indol butirik asit) uygulamasının ve çelik çapının etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonuçları, dikensiz 'Chester' böğürtlen çeşidinin odun çelikleriyle çoğaltımının mümkün olduğunu göstermiştir. Çalışma sonucunda, IBA uygulamasının çeliklerin köklenmesi üzerine değişken etkileri olduğunu göstermiş ve en iyi sonuçlar 1000 ppm IBA uygulamasından alınmıştır. Bunun yanında çeliklerin köklenmesi üzerine çelik çapının önemli etkisi olmuş ve en yüksek sonuçlar 7-11 mm çapında hazırlanan çeliklerden alınmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKISI

Makalenin konu dizaynı, yöntem ve yazımı H.Z. tarafından yapılmıştır. İstatistiksel analizler ve yorumlanması M.G. tarafından yapılmıştır.

KAYNAKLAR

- Ağaoğlu, S. (1986). *Üzümsü Meyveler*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 984, Ankara.
- Ahrens, P. (1991). *Nursery Production of Virus-Free Planting Material*. APS Press, St. Paul, Minn.
- Barut, E. (2004). Dünya ve Türkiye'de üzüksü meyve yetiştiriciliği ve ticareti. *Türk Tarım Dergisi*, 156, 60-67.
- Bobrowski, V. L., Paulo, M. F., & Petters, J. A. (1996). Mikropropagation of blackberries (*Rubus* sp.) cultivars. *Brasil de Agrociencia*, 2, 17-20.
- Bray, M.M., Rom, C. R., & Clark, J. R. (2003). Propagation of thornless arkansas blackberries by hardwood cuttings. *Food and Life Sciences, Discovery*, 4(5), 9-13.
- Busby A. L., & Himelrick, D. V. (1999). Propagation of blackberries (*Rubus* sp.) by stem cuttings using various IBA formulation. *Acta Horticulturae*, 505, 327-332.
- Caldwell, J.D. (1984). Blackberry propagation. *HortScience*, 19(2), 13-15.
- Dias, J. P. T., Ono, O., & Dodrigues, J. D. (2011). IBA and carbohydrates on rooting of shoot cuttings from root cuttings of *Rubus* spp. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(1), 666-671.

- Göktaş, A. (2011). *Ahududu ve Böğürtlen Yetiştiriciliği*. Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Yayın No: 38, Isparta
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, J. F. T., & Geneve, R. L. (2011). *Plant Propagation: Principles and Practices*. Eighth Edition. Regents, Prentice Hall, New Jersey.
- Korkut, E., Türemiş, N., Burğut, A., Büyükyel, Ş., & Cömertpay, M. (2017). Chester Thornless böğürtlen çeşidinin çelikle çoğaltılması üzerine hormon ve bakteri uygulamalarının ve farklı topraksız kültür ortamlarının etkileri. *Bahçe*, 46(1), 311-317.
- Lopez-Medina, J., & Moore, J. N. (1997). Propagation of erect blackberries by florican stem cuttings. *HortScience*, 32(4), 602.
- Maia, A. J., & Botelho, R. V. (2008). Plant regulators for rooting of hardwood cuttings of balckberry plants cv. Xavante. *Semina: Ciências Agrárias*, 29(2), 323-329.
- Poling, E. B. (1996). Blackberries. *Journal of Small Fruit & Viticulture*, 4(1-2), 33-69.
- Takeda, F., Tworkoski, T., Finn, C. E., & Boyd, C. C. (2011). Blackberry propagation by non-leafy florican cuttings. *HortTechnology*, 21(2), 236-239.
- Tezel, E., Kantar A., Aydın, E., & Bostan, S. Z. (2016). Farklı IBA dozu ve çelik çapı uygulamalarının hünnap (*Ziziphus jujuba* Mill.) çeliklerinin köklenmesi üzerine etkisinin belirlenmesi. *Bahçe*, 45(1), 788-792.
- The Comprehensive R Archive Network. (2020). <https://cran.r-project.org/>. Erişim tarihi: 26 Nisan 2020.
- Thompson, E. (2004). Propagation of thornless blackberries utilizing adventitious shoots from root cuttings. *Horticulture*, 5, 101-104.
- TÜİK. (2019). Bitkisel üretim istatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>. Erişim tarihi: 10 Temmuz 2020.
- Weaver, R.J. (1972). *Plant Growth Substances in Agriculture*. W.H. Freeman and Company, San Francisco.
- Williams, M. W., & Norton, R. A. (1959). Propagation of red raspberries from softwood cuttings. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 74, 1-406.
- Zimmerman, R., Galletta, G. J., & Broome, O. C. (1980). Propagation of thornless blackberries by one-node cuttings. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 105(4), 405-407.



Araştırma Makalesi

Mikrobiyal Gübre Uygulamasının Marul ve Beyaz Baş Lahanada Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri

Beyhan Kibar

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bolu

Geliş tarihi (Received): 29.09.2020

Kabul tarihi (Accepted): 06.11.2020

Anahtar kelimeler:

Brassica oleracea var. *capitata* L., *Lactuca sativa* L., mikrobiyal gübre, fide, büyüme

Özet. Günümüzde çevreye verilen öneme paralel olarak, tarımsal üretimde kullanılan kimyasal gübre yerine alternatif olarak mikroorganizmaların kullanımı gittikçe önem kazanmaktadır. Bu çalışma, ülkemizde en çok üretilen kışık sebzeler arasında yer alan marul ve beyaz baş lahanada mikrobiyal gübre uygulamasının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bitkisel materyal olarak Green Wave marul çeşidi ve Bayraklı-85 beyaz baş lahanada kullanılmıştır. Çalışmada EM.5 isimli ticari mikrobiyal gübrenin 5 farklı dozu (0, 5, 10, 15 ve 20 mL L⁻¹) uygulanmıştır. Araştırma sonucunda mikrobiyal gübre dozları arasında incelenen özellikler bakımından önemli farklılıklar bulunmuştur. Araştırmadan elde edilen bulgulara göre mikrobiyal gübrenin marulda çimlenme oranı, fide boyu, fide kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve kuru madde oranını; beyaz baş lahanada ise fide boyu, fide yaş ağırlığı ve kuru madde oranını kontrole göre önemli oranda artırdığı tespit edilmiştir. Genel olarak, mikrobiyal gübre uygulamalarının tohum çimlenmesi ve fide büyüme parametreleri üzerinde olumlu etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Mikrobiyal gübre dozları değerlendirildiğinde, 15 mL L⁻¹ uygulamasının hem marulda hem de beyaz baş lahanada çimlenme ve fide gelişimi üzerinde daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında, 15 mL L⁻¹ uygulaması marulda fide boyunu %35.71 oranında ve beyaz baş lahanada ise fide yaş ağırlığını %38.18 oranında artırmıştır. Mikrobiyal gübre uygulamasının marul ve beyaz baş lahanada çimlenme ve fide gelişimini artırmada alternatif bir uygulama yöntemi olarak başarılı bir şekilde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

*Sorumlu yazar

beyhan.kibar@ibu.edu.tr

Effects of Microbial Fertilizer Application on Germination and Seedling Growth in Lettuce and White Head Cabbage

Keywords:

Brassica oleracea var. *capitata* L., *Lactuca sativa* L., microbial fertilizer, seedling, growth

Abstract. Nowadays, in parallel with the importance given to environment, the use of microorganisms as an alternative to chemical fertilizers used in agricultural production is becoming increasingly important. This study was carried out to determine effects of microbial fertilizer application on germination and seedling growth in lettuce and white head cabbage, which are among the most produced winter vegetables in our country. Green Wave lettuce variety and Bayraklı-85 white head cabbage variety were used as herbal material. In the study, 5 different doses of commercial microbial fertilizer named EM.5 (0, 5, 10, 15 and 20 mL L⁻¹) were evaluated. As a result of research, significant differences were found among microbial fertilizer doses in terms of properties examined. According to findings obtained from research, it was determined that microbial fertilizer was significantly increased germination rate, seedling height, seedling dry weight, root dry weight and dry matter rate in lettuce; seedling height, seedling fresh weight and dry matter rate in white head cabbage compared to the control. In general, it has been detected that microbial fertilizer applications have positive effects on seed germination and seedling growth parameters. When microbial fertilizer doses were evaluated, it was determined that 15 mL L⁻¹ application was more effective on germination and seedling growth in both lettuce and white head cabbage. When compared to the control, 15 mL L⁻¹ application increased seedling height by 35.71% in lettuce and seedling fresh weight by 38.18% in white head cabbage. It was concluded that microbial fertilizer application can be used successfully as an alternative application method to increase germination and seedling growth in lettuce and white head cabbage.

GİRİŞ

Marul (*Lactuca sativa* L.), *Compositae* (*Asteraceae*) familyasında yer alan tek yıllık bir serin iklim sebzesidir. Marulun anavatanının Avrupa, Asya ve Kuzey Afrika ülkelerini içine alan geniş bir alan olduğu kabul edilmektedir (Vural ve ark., 2000; Günay, 2005). Dünyada uzun yıllardan beri tarımı yapılan ve sevilerek tüketilen marul, yılın tamamında pazarlarda ve marketlerde bulunabilmektedir (Aybak, 2002). Sebze olarak taze yaprakları değerlendirilen marul, yüksek ticari öneme sahip türler arasında yer almaktadır (Eşiyok, 2012). Marul form zenginliği en fazla olan sebzeler arasındadır. Ülkemizin hemen hemen her yerinde açıkta veya örtü altında yetiştirilebilmektedir. Yetiştirme periyodu 2-3 ay gibi kısa süreli olup, değişik mevsimlere uygun olarak ıslah edilmiş çeşitlerle arka arkaya bütün yıl boyunca üretim yapılması mümkündür. Her mevsim yetiştirilebildiğinden üreticisine yüksek ekonomik gelir sağlayan bir sebzedir (Yıldırım ve ark., 2015). Genellikle taze olarak tüketilen ve insan beslenmesinde önemli bir yere sahip olan marul önemli bir vitamin ve mineral kaynağıdır (Günay, 2005). İçerdiği yüksek miktardaki A ve C vitamini, nişasta içermemesi, yağ oranı ve kalorisinin çok düşük olmasından dolayı iyi bir diyet yiyeceğidir. Ayrıca marul antioksidan özelliği yüksek olan bir sebze türüdür (Şalk ve ark., 2008). Ülkemizde 2019 yılı verilerine göre 91.439 da alanda 215.728 ton göbekli marul, 95.303 da alanda 198.491 ton kıvrıkcık marul ve 29.119 da alanda 85.547 ton aysberg marul üretimi olmak üzere toplam marul üretimi 499.766 ton olarak tespit edilmiştir (TÜİK, 2020).

Beyaz baş lahanaya (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.), *Brassicaceae* (*Cruciferae*) familyasına ait olup tüm dünyada yaygın olarak yetiştirilen ve tüketilen önemli sebze türlerinden biridir (Singh ve ark., 2009). Dünya üzerinde geniş bir yayılım alanı gösteren lahananın anavatanının Kuzey Avrupa ülkeleri, Baltık Denizi kıyıları ve Akdeniz ülkeleri olduğu kabul edilmektedir (Monteiro ve Lunn, 1998; Vural ve ark., 2000). Serin iklim sebzesi olan beyaz baş lahanaya ilk yıl sebze olarak kullanılan başı oluştururken, ikinci yılda çiçeklenerek tohum bağlamaktadır. İnsan beslenmesi ve sağlığına önemli katkıda bulunan beyaz baş lahanaya protein, mineraller (kalsiyum, potasyum, magnezyum, fosfor, sodyum ve demir), vitaminler (A, B1, B2, B12, C ve K), lif ve antioksidanlar yönünden oldukça zengindir (Kopsell ve ark., 2004; Swarup, 2006; Hounsoume ve ark., 2009; Singh ve ark., 2009; 2010). Değişik şekillerde tüketilebilen beyaz baş lahanaya çiğ olarak salatalarda kullanılabilirdiği gibi sarmalık, turşuluk ve yemeklik olarak da değerlendirilmektedir. Beyaz baş lahanaya ülkemizde, özellikle Karadeniz Bölgesi'nde yoğun bir şekilde yetiştirilen ve tüketiciler tarafından yüksek talep gören bir sebzedir. Ülkemizde sonbahar ve kış döneminde yetiştiriciliği yapılan beyaz baş lahananın ekonomik önemi oldukça yüksektir. Türkiye, 2019 yılı verilerine göre 137.114 da alanda 567.622 ton üretim ile dünyada önemli lahanaya üreticisi ülkeler içerisinde yer almaktadır (TÜİK, 2020).

Hızla artan dünya nüfusunun gıda ihtiyaçlarının karşılanabilmesi tarımsal üretimi artırmakla mümkündür. Günümüzde, tarımsal üretimi artırmak amacıyla mevcut tarım alanlarını genişletme imkanlarının sınırlı olması, birim alandan elde edilen ürün miktarının artırılmasını gerekli kılmaktadır (Midmore, 1993). Birim alandan daha fazla verim almak için özellikle 20. yüzyılın başından itibaren tüm dünyada yoğun olarak ve bilinçsizce kimyasal gübre kullanılmış ve bu kimyasal gübrelerin toprak ve çevreye verdiği zararlar göz ardı edilmiştir. Aşırı miktarlarda kullanılan bu kimyasal gübreler bitkilerde verim ve kaliteyi artırmasına rağmen, toprak yapısında bozulmalara, topraktaki toksik maddelerin artmasına, toprakta bulunan mikroorganizmaların faaliyetlerinin azalmasına ve mevcut biyolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır (Topbaş ve ark., 1998; Chen ve ark., 2001; Vessey, 2003; Sönmez ve ark., 2008; Alagöz ve ark., 2020). Böylece hem insan sağlığı açısından ve hem de tarımın sürdürülebilirliği açısından istenmeyen bir durum oluşabilmektedir. Aşırı ve bilinçsiz kimyasal gübre uygulamaları sonucu bozulan doğal dengenin yeniden kurulabilmesi için insana ve çevreye dost üretim sistemlerini içeren, kimyasal tarım ilaçları ve gübrelerin kullanımını en aza indirgeyen uygulamaların tarımsal üretimde kullanılmasına ihtiyaç vardır (Zengin, 2007). Çevre dostu üretim tekniklerinde gübreleme programlarında kullanılan alternatif metotlardan birisi de mikrobiyal gübrelemedir.

Bitkiler için gerekli olan bitki besin elementlerinin sağlanmasında ve biyolojik yolla yararlı hale gelmesinde rol oynayan canlı mikroorganizmaların tarımsal üretimde kullanılmak üzere hazırlanan ticari formülasyonları "mikrobiyal gübre" veya "biyogübre" olarak tanımlanmaktadır (Özbay ve ark., 2018). Mikrobiyal gübreleme ise bu doğal mikroorganizmaların çoğaltılarak uygun bir formülasyonda bitkilere verilmesidir. Günümüzde tarımsal üretimde kullanılan kimyasal gübreler yerine alternatif olarak mikroorganizmaların kullanımı gittikçe önem kazanmaktadır. Dünyada gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülkede, temiz çevre ve sağlıklı bitkisel üretim için biyolojik veya mikrobiyal gübre formülasyonları elde edilmesi amacıyla yoğun çalışmalar yapılmaktadır (Vessey, 2003). Mikrobiyal gübre olarak kullanılan yararlı mikroorganizmalar genellikle *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., *Azotobacter* spp., *Trichoderma* spp., *Rhizobium* spp., *Azospirillum* spp ve *Saccharomyces* spp.'den seçilmektedir (Özbay ve ark., 2015). Bitki ile toprak mikroorganizmaları arasında olması gereken dengenin yeniden kurulmasında mikrobiyal gübreleme oldukça önemlidir. Mikrobiyal gübreler tarımsal üretimde birçok amaçla kullanılmaktadır. Bu çevre dostu gübreler birçok bitkide bitki gelişimi ve verimin artırılması, bazı toprak kaynaklı hastalıkların kontrol

edilmesi, hastalık ve zararlılara dayanıklılığın artırılması, bitkilerin besin elementi alımının artırılması, organik artıkların ayrıştırılması, toprak yapısının düzeltilmesi, su tutma kapasitesinin artırılması ve verimliliğinin iyileştirilmesi gibi alanlarda kullanılmaktadır (Ozbay ve Newman, 2004; Brewer ve Larkin, 2005; İrmak ve ark., 2011). Mikrobiyal gübreler, özellikle sürdürülebilir tarımın en büyük destekleyicisi olma özelliği taşımaktadır.

Sebze üretiminde başarıyı etkileyen en önemli faktörlerden birisi, iyi bir tohum ve bundan elde edilecek kaliteli fidedir. Kaliteli fide ile üretime başlamak hem verimi artırmak hem de kaliteli ürün elde etmek için büyük önem taşımaktadır. Ülkemizde sebze üretim miktarının artışına paralel olarak son yıllarda sebze yetiştiriciliğinde hazır fide üretimi ve kullanımı da hızla yaygınlaşmaktadır. Türkiye’de toplam fide üretiminin 3.5 milyar civarında olduğu bildirilmektedir (Yanmaz ve ark., 2015). Çoğunlukla sıcak iklim sebzelerinde fide kullanımı yaygın olmasına rağmen, serin iklim sebzelerinden marul ve lahana grubu sebzelerde de kullanım oranı oldukça yüksektir. Kaliteli bir fide; hastalık ve zararlılardan arı, pişkin ve kuru maddece zengin, kalın ve kuvvetli bir gövdeye, koyu yeşil yapraklara, canlı ve kuvvetli bir kök yapısına sahip olmalıdır (Vural ve ark., 2000). Fide kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden birisi, fidenin yetiştirildiği ortamdaki bitki besin maddelerinin yararlı miktarlarıdır. Faydalı mikroorganizmaların kullanımı ile ekolojik denge korunarak kaliteli fide elde etmek mümkündür. Nitekim, farklı sebze türlerinde yapılan çalışmalar mikrobiyal gübre uygulamasının tohum çimlenmesi, fide büyümesi ve kalitesi üzerinde önemli etkilerinin olduğunu ortaya koymuştur (Yedidia ve ark. 2001; Bal ve Altıntaş, 2008; Azarmi ve ark., 2011; Kumar, 2017; İkiz, 2019).

Bu çalışma, marul ve beyaz baş lahanada farklı dozlarda mikrobiyal gübre uygulamalarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkilerini araştırmak amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL VE METOT

Araştırma, Ocak 2020-Mart 2020 tarihleri arasında, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü’ne ait laboratuvar ve iklim odasında yürütülmüştür. Çalışmada bitkisel materyal olarak Green Wave marul (*Lactuca sativa* L.) çeşidi ve Bayraklı-85 beyaz baş lahana (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) çeşitlerinin tohumları kullanılmıştır. Mikrobiyal gübre olarak ise özel bir firma (EM Agriton) tarafından üretilen EM.5 isimli ticari mikrobiyal gübre kullanılmıştır. EM.5 çeşitli mikroorganizma gruplarının (fotosentez bakterisi, laktik asit bakterisi, mayalar, aktinomisetler ve küfler) karışımından oluşan bir sıvı mikrobiyal gübredir. Çalışmada EM.5 mikrobiyal gübrenin 5 farklı dozu (0, 5, 10, 15 ve 20 mL L⁻¹) ele alınmış olup, 0 dozu kontrol olarak kullanılmıştır.

Çimlendirme Çalışması

Çalışmada öncelikle marul ve beyaz baş lahana tohumlarında mikrobiyal gübre uygulamasının çimlenme üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla laboratuvarda çimlendirme denemesi yapılmıştır. Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü ve her tekerrürde 50 tohum olacak şekilde, 22 °C sıcaklığa sahip çimlendirme kabiniinde karanlık koşullarda 10 gün süreyle yürütülmüştür. Çimlenme öncesinde tohumların %3'lük sodyum hipoklorit (NaClO) ile yüzeysel sterilizasyonu yapılmış ve daha sonra tohumlar saf su ile yıkanmıştır. Çimlendirme için 9 cm çapındaki petri kapları kullanılmıştır. Petri kapları kullanılmadan önce etüvde 170 °C’de 4 saat steril edilmiştir (Muhammad ve Hussain, 2010). Petri kapları içerisindeki filtre kağıtları üzerine her bir petride 50 tohum olacak şekilde tohumlar yerleştirilmiştir. Daha sonra her bir petri kabına çalışmada ele alınan mikrobiyal gübre dozlarına ait (0, 5, 10, 15 ve 20 mL L⁻¹) çözeltilerden 10 mL ilave edilmiş ve petrilerin kapağı kapatılarak tohumlar çimlendirme kabiniinde çimlenmeye bırakılmıştır. Kuruyan petri kaplarına eşit miktarda aynı dozlarda çözeltilerden ilave edilmiştir. Tohumlarda 1-2 mm uzunluğunda kökçüğün görülmesi çimlenme için yeterli olarak kabul edilmiştir. Çimlenen tohumlar her gün aynı saatte sayılmış ve ortamdaki uzaklaştırılmıştır. Çimlendirme testi sonunda (10. gün) çimlenme oranı (%) belirlenmiştir. Çimlenme oranı (ÇO)’nın hesaplanmasında, ÇO = [Çimlenen tohum sayısı/Toplam tohum sayısı] x 100 formülü kullanılmıştır (Özbay ve ark., 2018).

Fide Çalışması

Fide denemesi, 21±1 °C ortam sıcaklığı, %50-55 nem ve 14 saat ışık/10 saat karanlık periyoda sahip iklim odasında yürütülmüştür. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her tekerrürde 10 fide olacak şekilde toplam her iki türden (2x5x3x10) 300 fide yetiştirilmiştir. Marul ve beyaz baş lahana tohumları 3:1 oranında (v/v) torf:perlit karışımı içeren 200 mL’lik beyaz plastik bardaklara ekilmiştir. Tohum ekimi tamamlandıktan sonra sulama yapılmıştır. Çıkişlardan sonra her bardakta bir bitki olacak şekilde seyreltilmiştir. Mikrobiyal gübre uygulaması gerçek yapraklar çıktıktan sonra 5 gün aralıklarla toplam 3 kez yapılmıştır. Çalışmada ele alınan dozlarda hazırlanan (0, 5, 10, 15 ve 20 mL L⁻¹) mikrobiyal gübre solüsyonları her bir uygulamada bitki başına 10 mL olacak şekilde yaprakların altına ve üstüne iyice ıslanacak şekilde püskürtülerek mikrobiyal gübreleme gerçekleştirilmiştir. Kontrol grubunda herhangi bir mikrobiyal gübre uygulaması

yapılmamıştır. Yetiştirme periyodu boyunca nem durumu kontrol edilerek gerekli görüldüğünde sulama yapılmıştır. Fidelere herhangi bir kimyasal gübre veya ilaç uygulanmamıştır. Tohum ekiminden 45 gün sonra deneme sonlandırılmış ve mikrobiyal gübre dozlarının etkilerini belirlemek amacıyla fideler topraktan kökleri ile sökülerek fide büyüme parametreleri belirlenmiştir. Fide çalışmasında fide boyu (cm), gövde çapı (mm), fide yaş ağırlığı (g), fide kuru ağırlığı (g), kök uzunluğu (cm), kök yaş ağırlığı (g), kök kuru ağırlığı (g), yaprak sayısı (adet bitki⁻¹), kuru madde miktarı (%), klorofil değeri (spad), renk (L*, a*, b*, C* ve h°), pH ve elektriksel iletkenlik (EC, $\mu\text{S cm}^{-1}$) tespit edilmiştir. Çalışmada fide boyu ve kök uzunluğu cetvel yardımıyla ölçülerek; fide yaş ağırlığı ve kök yaş ağırlığı hassas terazide tartılarak; fide kuru ağırlığı ve kök kuru ağırlığı etüvde 65 °C'de sabit ağırlığa ulaşana kadar kurutulduktan sonra hassas terazide tartılarak; gövde çapı dijital kumpasla ölçülerek; yaprak sayısı fidelere oluşan gerçek yapraklar sayılarak; kuru madde oranı Kılıç ve ark. (1991)'e göre; klorofil miktarı tam olarak gelişmiş yapraklarda klorofil ölçer (Apogee Chlorophyll Concentration Meter, MC-100) ile; renk (L*, a*, b*, C* ve h°) tam olarak gelişmiş yapraklarda renk ölçer cihazı (3NH NR60CP) ile; pH ve elektriksel iletkenlik değerleri bitkinin toprak üstü kısımlarında pH metre (Thermo Scientific, Orion Star A111) ve EC metre (Thermo Scientific, Orion Star A212) kullanılarak belirlenmiştir.

İstatistiksel Değerlendirme

Araştırma sonucunda elde edilen veriler JMP 13.2 istatistik programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. İncelenen özellikler bakımından istatistiki olarak önemli bulunan ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey HSD (Tukey's Honestly Significant Difference Test) çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Marulda farklı dozlarda mikrobiyal gübre uygulamalarının çimlenme ve fide büyüme parametreleri üzerine etkileri Çizelge 1'de verilmiştir. Çimlenme oranı, fide boyu, kök kuru ağırlığı, kuru madde oranı, EC ve pH bakımından mikrobiyal gübre dozları arasındaki farklılıklar $P < 0.01$ düzeyinde önemli; fide kuru ağırlığı ve renk özelliklerinden b* değeri bakımından ise mikrobiyal gübre dozları arasındaki farklılıklar $P < 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Diğer taraftan, gövde çapı, fide yaş ağırlığı, kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı, yaprak sayısı, klorofil değeri, L*, a*, C* ve h° renk değerleri yönünden çalışmada ele alınan mikrobiyal gübre dozları arasındaki farklılıklar önemsiz bulunmuştur.

Çalışmada marul tohumlarında çimlenme oranı %64.33-74.00 arasında değişmiştir. En yüksek çimlenme oranı 15 mL L⁻¹ mikrobiyal gübre uygulamasında belirlenmiştir. En düşük çimlenme oranları istatistiksel olarak aralarında fark olmayan diğer mikrobiyal gübre dozları ile kontrol uygulamasında saptanmıştır. Mikrobiyal gübre uygulamalarından kontrole göre daha yüksek çimlenme oranları elde edilmiş olup, mikrobiyal gübrenin çimlenme üzerinde olumlu etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, 15 mL L⁻¹ uygulaması mikrobiyal gübre uygulamasının yapılmadığı kontrole (0 mL L⁻¹) göre çimlenme oranını %15.03 oranında artırmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına benzer olarak daha önce yapılan çalışmalarda mikrobiyal gübre uygulamalarının kavunda (Kaveh ve ark., 2011), marulda (Özbay ve ark., 2015), domateste (Kumar, 2017), ıspanakta (Özbay ve ark., 2018) ve tatlı mısırdaki (Altunlu ve ark., 2019) çimlenme oranını kontrole göre önemli oranda artırdığı bildirilmiştir. Çimlenme üzerindeki bu olumlu etkinin mikrobiyal gübre uygulaması yapılan tohumlardaki oksin gibi hormonların artışından kaynaklandığı belirtilmektedir (Bakonyi ve ark., 2013).

Çimlenme oranında olduğu gibi fide boyu bakımından da en yüksek değer 5.70 cm ile 15 mL L⁻¹ mikrobiyal gübre uygulamasında saptanmış olup, onu istatistiksel olarak aralarında fark olmayan 20 mL L⁻¹ uygulaması (5.50 cm) izlemiştir. En düşük fide boyu ise 4.20 cm ile kontrolde gözlenmiştir. Mikrobiyal gübre uygulamalarının kontrole göre fide boyunda önemli artışlar sağladığı tespit edilmiştir. Nitekim, mikrobiyal gübre uygulamasının dozlara bağlı olarak fide boyunu kontrole göre %7.14-35.71 oranında artırdığı saptanmıştır. Benzer şekilde, Azarmi ve ark. (2011), Kumar (2017) ve İkiz (2019) domateste mikrobiyal gübrenin kontrole göre fide boyunu önemli oranda artırdığını bildirmişlerdir.

Mikrobiyal gübre uygulamaları ile marul fidelerinde fide kuru ağırlığı önemli düzeyde etkilenmiş, en yüksek fide kuru ağırlığı istatistiksel olarak aynı grupta yer alan 10, 15 ve 20 mL L⁻¹ uygulamalarında (0.16 g), en düşük fide kuru ağırlığı ise 0 ve 5 mL L⁻¹ uygulamalarında (0.15 g) gözlenmiştir. Çalışmada mikrobiyal gübrenin fide kuru ağırlığını olumlu yönde etkilediği, özellikle 10, 15 ve 20 mL L⁻¹ uygulamalarının kontrole göre fide kuru ağırlığını önemli oranda artırdığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına benzer şekilde, domates fidelerinde mikrobiyal gübrelemenin kontrole göre fide kuru ağırlığını önemli düzeyde artırdığı tespit edilmiştir (Azarmi ve ark., 2011). Diğer taraftan, marul, domates ve hıyar fidelerinde vejetatif aksam (yaprak+gövde) kuru ağırlığı bakımından kontrol ve mikrobiyal gübreleme arasında önemli bir fark bulunmamıştır (İkiz, 2019).

Çizelge 1. Marulda farklı dozlarda mikrobiyal gübre uygulamalarının çimlenme ve fide büyüme parametreleri üzerine etkileri. *Table 1. Effects of microbial fertilizer applications at different doses on germination and seedling growth parameters in lettuce.*

Mikrobiyal gübre dozları (mL L ⁻¹)	Özellik					
	Çimlenme oranı (%)	Fide boyu (cm)	Gövde çapı (mm)	Fide yaş ağırlığı (g bitki ⁻¹)	Fide kuru ağırlığı (g bitki ⁻¹)	Kök uzunluğu (cm)
0	64.33b**	4.20c**	2.15 ^{öd}	1.16 ^{öd}	0.15b*	17.03 ^{öd}
5	67.00b	4.50c	2.18	1.17	0.15b	17.72
10	68.67b	4.68bc	2.32	1.22	0.16a	17.37
15	74.00a	5.70a	2.35	1.25	0.16a	17.30
20	68.00b	5.50ab	2.33	1.21	0.16a	17.28
Mikrobiyal gübre dozları (mL L ⁻¹)	Kök yaş ağırlığı (g bitki ⁻¹)	Kök kuru ağırlığı (g bitki ⁻¹)	Yaprak sayısı	Kuru madde oranı (%)	Klorofil (spad)	EC (µS cm ⁻¹)
0	0.52 ^{öd}	0.08c**	6.33 ^{öd}	11.07b**	17.15 ^{öd}	43.23a**
5	0.57	0.10a	6.33	11.56b	17.10	35.69b
10	0.56	0.09ab	6.56	12.63a	17.55	32.13c
15	0.55	0.09ab	6.78	12.75a	17.92	31.86c
20	0.54	0.09ab	6.41	11.48b	17.58	31.69c
Mikrobiyal gübre dozları (mL L ⁻¹)	pH	L*	a*	b*	C*	h°
0	6.39a**	56.53 ^{öd}	-14.31 ^{öd}	36.30b*	39.02 ^{öd}	111.52 ^{öd}
5	6.33b	56.85	-14.21	37.68a	40.27	110.68
10	6.31b	56.08	-14.05	36.12b	38.77	111.26
15	6.29bc	56.40	-14.37	36.97b	39.66	111.57
20	6.25c	56.08	-14.59	36.51b	39.63	111.59

** : P<0.01 düzeyinde önemli, * : P<0.05 düzeyinde önemli, öd : önemli değil, Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir.

Çalışmada ele alınan mikrobiyal gübre dozlarına bağlı olarak marul fidelerinde kök kuru ağırlığı 0.08-0.10 g arasında değişmiş olup, en yüksek 5 mL L⁻¹ uygulamasında, en düşük ise kontrol uygulamasında gözlenmiştir. Kök kuru ağırlığı yönünden de mikrobiyal gübre uygulamalarının kontrole göre önemli artışlar sağladığı tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, önceki çalışmalar ile uyumlu bulunmuştur. Yedidia ve ark. (2001), mikrobiyal gübrelemenin hıyar fidelerinde kontrol bitkileri ile karşılaştırıldığında kök kuru ağırlığında önemli artışlar meydana getirdiğini belirtmiştir. Benzer şekilde, Akkuş (2011) ıspanakta ve kerevizde, Özbay ve ark. (2015) marulda, Özbay ve ark. (2018) ıspanakta mikrobiyal gübrenin kontrole göre kök kuru ağırlığını artırdığını bildirmişlerdir.

Marul fidelerinde kuru madde oranı bakımından en yüksek değerler istatistiksel olarak aynı grupta yer alan 15 ve 10 mL L⁻¹ uygulamalarında (sırasıyla %12.75 ve 12.63) belirlenmiştir. En düşük kuru madde oranları ise istatistiksel olarak aralarında fark olmayan kontrol, 20 ve 5 mL L⁻¹ uygulamalarında (sırasıyla %11.07, 11.48 ve 11.56) tespit edilmiştir. Tüm mikrobiyal gübre dozlarında kontrolden daha yüksek kuru madde oranları elde edilmiştir. Kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında, 15 mL L⁻¹ mikrobiyal gübre uygulamasında kuru madde oranı bakımından %15.18 oranında bir artış meydana gelmiştir. Bulgularımız mikrobiyal gübreleme ile kuru madde oranının arttığını bildiren diğer araştırmacıların (Özbay ve ark., 2015; 2018; İkiz, 2019) sonuçlarıyla paralellik göstermektedir.

EC seviyesi bakımından çalışmada ele alınan gübre dozları incelendiğinde, kontrol uygulaması 42.23 µS cm⁻¹ ile ilk sırada yer almıştır. En düşük EC değerleri ise istatistiksel olarak aynı grupta yer alan 20, 15 ve 10 mL L⁻¹ uygulamalarında (sırasıyla 31.69, 31.86 ve 32.13 µS cm⁻¹) gözlenmiştir. Mikrobiyal gübre dozlarının artması ile birlikte, EC değeri azalma göstermiştir. Katgıcı ve ark. (2019) tarafından marulda yapılan çalışmada kontrol ve mikrobiyal gübreleme arasında EC değeri bakımından önemli bir fark bulunmamıştır.

Marul fidelerinde pH değeri 6.25-6.39 arasında değişmiştir. Kontrol uygulamasında pH değerinin mikrobiyal gübre uygulamalarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık, en düşük pH değeri 20 mL L⁻¹ uygulamasında bulunmuştur. EC değerinde olduğu gibi mikrobiyal gübre dozu arttıkça, pH değerlerinde bir düşüş meydana gelmiştir. Çubuklu (2011) domateste yaptığı çalışmada pH değeri bakımından kontrol ve mikrobiyal gübre arasındaki farkın önemsiz olduğunu bildirmiştir.

Marul fidelerinde en yüksek b* değeri 5 mL L⁻¹ uygulamasında (37.68) tespit edilmiştir. En düşük b* değerleri ise istatistiksel olarak aynı grupta yer alan kontrol ile 10, 15 ve 20 mL L⁻¹ uygulamalarında saptanmıştır. Renk parametrelerinden b* değeri sarıdan (pozitif) maviye (negatif) renk değişimlerini belirtmektedir. Marulda renk

kalite açısından önemli unsurlar arasında yer almaktadır. Farklı dozlarda uygulanan mikrobiyal gübrenin marul fidelerinde L*, a*, C* ve h° renk değerlerinde meydana getirdiği değişiklik istatistiki olarak önemli görülmemiş olup, sırasıyla 56.08-56.85, (-14.59) - (-14.05), 38.77-40.27 ve 110.68-111.59 arasında bulunmuştur. İkiz (2019) mikrobiyal gübre uygulamasının fide kalitesine etkilerini araştırdığı çalışmada marul fidelerinde L*, a*, b* C* ve h° değerleri bakımından kontrol ve mikrobiyal gübreleme arasında önemli bir farkın olmadığını bildirmiştir. Katgıcı ve ark. (2019)'nın marulda yaptıkları çalışmada mikrobiyal gübrenin L* ve C* renk değerlerinde meydana getirdiği değişiklik önemli bulunmamış olup, h° renk değerinin kontrolden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada ele alınan mikrobiyal gübre dozlarına bağlı olarak marul fidelerinde gövde çapı, fide yaş ağırlığı, kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı, yaprak sayısı ve klorofil değeri sırasıyla 2.15-2.35 mm, 1.16-1.25 g, 17.03-17.72 cm, 0.52-0.57 g, 6.33-6.78, 17.10-17.92 spad arasında değişiklik göstermiştir. İstatistiksel olarak farklılık göstermemekle birlikte gövde çapı, fide yaş ağırlığı, kök uzunluğu ve kök yaş ağırlığı bakımından mikrobiyal gübre uygulamalarından kontrole göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Aynı şekilde, yaprak sayısı ve klorofil değeri yönünden de 10, 15 ve 20 mL L⁻¹ mikrobiyal gübre uygulamalarının kontrole göre artış sağladığı tespit edilmiştir. Çubuklu (2011) tarafından domateste, Katgıcı ve ark. (2019) tarafından marulda yapılan çalışmalarda mikrobiyal gübrenin klorofil değeri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada domates ve hıyar fidelerinde gövde çapı bakımından kontrol ve mikrobiyal gübreleme arasında önemli bir fark bulunmamıştır (İkiz, 2019). Domates fidelerinde mikrobiyal gübreleme ile gövde çapı, yaprak sayısı ve klorofil içeriğinin kontrol uygulamasına kıyasla arttığı tespit edilmiştir (Azarmi ve ark., 2011). Ispanak, marul, tere ve rokada yapılan çalışmalarda mikrobiyal gübreleme ile yaprak sayısı ve klorofil içeriğinin kontrole göre önemli oranda arttığı ifade edilmiştir (Özbay ve ark., 2010; 2015; 2018). Mikrobiyal gübrelemede kullanılan mikroorganizmaların etkinliği bitki türü, yetiştirme ortamı, yetiştirme sezonu, çevre şartları ve depolama şartları gibi birçok faktöre bağlı olarak önemli derecede değişebilmektedir (Buyer ve ark., 2002). Buna bağlı olarak da mikrobiyal gübreleme ile ilgili çalışmalarda birbirinden farklı sonuçlar elde edilebilmektedir. Mikrobiyal gübre uygulamalarında gübrenin etkisinin istenilen düzeye ulaşabilmesi için toprakların pH, nem, organik madde gibi mikroorganizmaların yaşamını etkileyen özelliklerinin kontrol edilmesi gerekmektedir (Karaçal ve Tüfenkçi, 2010).

Araştırmadan elde edilen bulgulara göre mikrobiyal gübrenin marulda çimlenme oranı, fide boyu, fide kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve kuru madde oranı üzerinde olumlu etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Mikrobiyal gübre dozları değerlendirildiğinde, 15 mL L⁻¹ mikrobiyal gübre uygulamasının çimlenme ve fide gelişimi üzerinde daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 2'de görüldüğü gibi beyaz baş lahanada, fide boyu, fide yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, EC, pH ve h° renk değeri bakımından mikrobiyal gübre dozları arasındaki farklılıklar P<0.01 düzeyinde önemli; kuru madde oranı ile b* ve C* renk değerleri bakımından ise mikrobiyal gübre dozları arasındaki farklılıklar P<0.05 düzeyinde önemli bulunmuştur. Buna karşılık, çimlenme oranı, gövde çapı, fide kuru ağırlığı, kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı, yaprak sayısı, klorofil değeri ile L* ve a* renk değerleri yönünden mikrobiyal gübre dozları arasındaki farklılıkların önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

Fide boyu çalışmada ele alınan mikrobiyal gübre dozlarına bağlı olarak 6.02-7.81 cm arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek fide boyu istatistiksel olarak aralarında fark bulunmayan 15, 20 ve 10 mL L⁻¹ mikrobiyal gübre uygulamaları ile kontrol uygulamasında tespit edilmiştir. Diğer taraftan, en düşük fide boyu 5 mL L⁻¹ uygulamasında gözlenmiştir. Çalışmada 10, 15 ve 20 mL L⁻¹ uygulamalarının kontrole göre fide boyunu önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir. 15 mL L⁻¹ uygulamasında fide boyu kontrole göre %13.35 oranında artmıştır. Farklı sebze türlerinde yapılan çalışmalarda da mikrobiyal gübrelemenin bitki boyunu artırdığı bildirilmiştir (Özbay ve ark., 2010; Çubuklu, 2011; Özbay ve ark., 2015; 2018; Altunlu ve ark., 2019).

Çalışmada ele alınan gübre dozları incelendiğinde, fide yaş ağırlığı bakımından 15 mL L⁻¹ uygulaması 1.52 g ile ilk sırada yer almış olup, onu istatistiksel olarak aralarında fark bulunmayan 20 ve 10 mL L⁻¹ uygulamaları izlemiştir. En düşük fide yaş ağırlığı ise istatistiksel olarak aynı grupta yer alan 5 mL L⁻¹ uygulaması ile kontrolde (sırasıyla 1.03 ve 1.10 g) gözlenmiştir. Fide yaş ağırlığı yönünden de 10, 15 ve 20 mL L⁻¹ mikrobiyal gübre uygulamalarının kontrolden daha yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında, 15 mL L⁻¹ uygulaması fide yaş ağırlığında %38.18 oranında bir artış sağlamıştır. Elde edilen bu sonuçlar, önceki çalışmalar ile uyumlu bulunmuştur. Marul, domates ve hıyar fidelerinde mikrobiyal gübrelemenin vejetatif aksam (yaprak+gövde) yaş ağırlığını kontrole göre önemli oranda artırdığı tespit edilmiştir (İkiz, 2019). Bal ve Altıntaş (2008) mikrobiyal gübre uygulanan marul fidelerinde yaş ağırlığın kontrol bitkilerine göre önemli ölçüde arttığını belirlemişlerdir.

Çizelge 2. Beyaz baş lahanada farklı dozlarda mikrobiyal gübre uygulamalarının çimlenme ve fide büyüme parametreleri üzerine etkileri.

Table 2. Effects of microbial fertilizer applications at different doses on germination and seedling growth parameters in white head cabbage.

Mikrobiyal gübre dozları (mL L ⁻¹)	Özellik					
	Çimlenme oranı (%)	Fide boyu (cm)	Gövde çapı (mm)	Fide yaş ağırlığı (g bitki ⁻¹)	Fide kuru ağırlığı (g bitki ⁻¹)	Kök uzunluğu (cm)
0	87.33 ^{öd}	6.89ab ^{**}	1.75 ^{öd}	1.10b ^{**}	0.19 ^{öd}	16.30 ^{öd}
5	86.00	6.02b	1.61	1.03b	0.14	16.28
10	89.67	7.07a	1.64	1.29ab	0.22	16.26
15	91.00	7.81a	1.81	1.52a	0.25	16.20
20	88.00	7.34a	1.78	1.35ab	0.22	16.11
Mikrobiyal gübre dozları (mL L ⁻¹)	Kök yaş ağırlığı (g bitki ⁻¹)	Kök kuru ağırlığı (g bitki ⁻¹)	Yaprak sayısı	Kuru madde oranı (%)	Klorofil (spad)	EC (µS cm ⁻¹)
0	0.24 ^{öd}	0.05a ^{**}	3.44 ^{öd}	16.46b [*]	38.13 ^{öd}	72.59a ^{**}
5	0.22	0.05a	3.44	16.05b	38.18	40.96c
10	0.20	0.04ab	3.56	17.34a	38.43	46.33bc
15	0.19	0.03b	3.67	17.33a	38.48	51.43b
20	0.18	0.03b	3.56	17.32a	38.17	53.93b
Mikrobiyal gübre dozları (mL L ⁻¹)	pH	L*	a*	b*	C*	h°
0	6.36c ^{**}	55.59 ^{öd}	-7.63 ^{öd}	9.93b [*]	12.54b [*]	127.60a ^{**}
5	6.17d	54.03	-9.07	14.11a	16.80a	122.72ab
10	6.48c	54.23	-8.53	14.18a	16.57a	121.14b
15	6.81b	54.45	-9.33	13.57ab	16.49a	124.56ab
20	7.13a	52.82	-6.52	11.40ab	13.17b	118.53b

** : P<0.01 düzeyinde önemli, * : P<0.05 düzeyinde önemli, öd: önemli değil, Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir.

Beyaz baş lahanada fidelerde kök kuru ağırlığı 0.03-0.05 g arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek kök kuru ağırlığı istatistiksel olarak aynı grupta yer alan kontrol ile 5 ve 10 mL L⁻¹ mikrobiyal gübre uygulamalarında belirlenirken, en düşük kök kuru ağırlığı 15 ve 20 mL L⁻¹ uygulamalarında saptanmıştır. Kök kuru ağırlığı ile ilgili olarak elde edilen bu bulgular farklı sebze türlerinde mikrobiyal gübrenin kök kuru ağırlığını kontrole göre önemli oranda artırdığını bildiren önceki bazı çalışmalarla (Yedia ve ark., 2001; Akkuş, 2011; Özbay ve ark., 2015) farklılık göstermektedir. Diğer taraftan, İviz (2019) domates, hıyar ve marul fidelerinde kök kuru ağırlığı bakımından kontrol ve mikrobiyal gübreleme arasında fark olmadığını bildirmiştir.

Beyaz baş lahanada fidelerde kuru madde oranı bakımından en yüksek değerler istatistiksel olarak aralarında fark olmayan 10, 15 ve 20 mL L⁻¹ uygulamalarında (sırasıyla %17.34, 17.33 ve 17.32) gözlenmiş, en düşük değerler ise 5 mL L⁻¹ uygulaması ile kontrolde (sırasıyla %16.05 ve 16.46) tespit edilmiştir. Çalışmada 10, 15 ve 20 mL L⁻¹ uygulamaları ile kontrole göre kuru madde oranında önemli düzeyde artış sağlanmıştır. Özbay ve ark. (2010) rokada mikrobiyal gübrelemenin kontrole göre kuru madde içeriğini artırdığını, terede ise kuru madde içeriğinin mikrobiyal gübrelemede kontrolden daha düşük bulunduğunu bildirmişlerdir.

Beyaz baş lahanada fidelerde EC seviyesi incelendiğinde, kontrolde (72.59 µS cm⁻¹) mikrobiyal gübre uygulamalarına göre önemli derecede daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. En düşük EC değeri 5 mL L⁻¹ uygulamasında (40.96 µS cm⁻¹) belirlenmiş olup, artan mikrobiyal gübre dozuna paralel olarak EC değerleri de artış göstermiştir. Kontrol uygulamasında EC değerinde 5 mL L⁻¹ mikrobiyal gübre uygulamasına göre yaklaşık 1.8 kat artış görülmüştür. Beyaz baş lahanada fidelerindeki EC değerlerinde gübre dozlarının etkisinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Katgıcı ve ark. (2019) marulda yaptıkları çalışmada mikrobiyal gübrenin EC değerini etkilemediğini bildirmişlerdir.

Beyaz baş lahanada fidelerde pH değerinin 6.17-7.13 arasında değiştiği tespit edilmiştir. EC değerinde olduğu gibi artan mikrobiyal gübre dozuna paralel olarak pH seviyesinde önemli seviyede artış meydana gelmiş ve çalışmada kullandığımız en yüksek gübre dozu olan 20 mL L⁻¹ uygulamasında pH seviyesi en yüksek bulunmuştur. En düşük pH değeri ise 5 mL L⁻¹ uygulamasında saptanmıştır. Katgıcı ve ark. (2019) marulda yaptıkları çalışmada pH değerinin mikrobiyal gübrelemede kontrolden daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmada ele alınan mikrobiyal gübre dozlarına bağlı olarak beyaz baş lahanada fidelerde b^* değeri 9.93-14.18 arasında değişmiş olup, en yüksek mikrobiyal gübre uygulamalarında (5, 10, 15 ve 20 mL L⁻¹), en düşük ise kontrolde gözlenmiştir. C^* değeri bakımından 5, 10 ve 15 mL L⁻¹ mikrobiyal gübre uygulamaları ilk sırada yer alırken, kontrol ve 20 mL L⁻¹ uygulamasının ise en düşük C^* renk değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. C^* değeri büyüdükçe rengin doygunluğu artmaktadır. Rengin niteliğini belirten h° değerinin 118.53 (20 mL L⁻¹ uygulaması) - 127.60 (kontrol) arasında değiştiği bulunmuştur. Çalışmada h° değerinin sarı (90°) ve yeşil (180°) renk arasında olduğu belirlenmiştir. Beyaz baş lahanada fidelerde L^* ve a^* renk değerleri farklı dozlarda mikrobiyal gübre uygulamalarından istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilenmemiş olup, L^* ve a^* renk değerleri sırasıyla 52.82-55.59 ve (-9.33) - (-6.52) arasında bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen bulgulara benzer şekilde, İkiz (2019) domates fidelerinde b^* , C^* ve h° renk değerlerinin mikrobiyal gübre ve kontrol arasında önemli farklılık gösterdiğini bildirmiştir. Araştırmacı ayrıca domates fidelerinde b^* ve C^* renk değerlerinin kontrolde mikrobiyal gübrelemeden daha düşük olduğunu belirtmiştir.

Beyaz baş lahanada fidelerde çimlenme oranı, gövde çapı, fide kuru ağırlığı, kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı, yaprak sayısı ve klorofil değeri çalışmada ele alınan mikrobiyal gübre dozlarına bağlı olarak sırasıyla %86.00-91.00, 1.61-1.81 mm, 0.14-0.25 g, 16.11-16.30 cm, 0.18-0.24 g, 3.44-3.67 ve 38.13-38.48 spad arasında değişiklik göstermiştir. İstatistiksel olarak farklılık göstermemekle beraber klorofil değeri bakımından mikrobiyal gübre uygulamalarından kontrole göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Aynı şekilde, çimlenme oranı, fide kuru ağırlığı ve yaprak sayısı yönünden de 10, 15 ve 20 mL L⁻¹ mikrobiyal gübre uygulamalarının kontrole göre artış sağladığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen bulgulara benzer olarak daha önce yapılan çalışmalarda (Azarmi ve ark., 2011; İkiz, 2019) mikrobiyal gübre uygulamalarının farklı sebze türlerinde çimlenme oranı üzerinde önemli etkisinin olmadığı bildirilmiştir. Domateste ve marulda yapılan çalışmalarda mikrobiyal gübrenin klorofil değeri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir (Çubuklu, 2011; Katgıcı ve ark., 2019). Diğer taraftan, farklı araştırmacılar (Özbay ve ark., 2010; Akkuş, 2011; Özbay ve ark., 2015) mikrobiyal gübrelemenin kontrol ile karşılaştırıldığında klorofil içeriğini önemli oranda artırdığını ifade etmişlerdir. Altıntaş ve Bal (2008), soğanda mikrobiyal gübrenin yaprak sayısı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. İkiz (2019) domates ve hıyar fidelerinde gövde çapı bakımından kontrol ve mikrobiyal gübreleme arasında önemli bir fark bulunmadığını belirtmiştir. Azarmi ve ark. (2011) domates fidelerinde mikrobiyal gübreleme ile gövde çapı, yaprak sayısı ve klorofil içeriğinin kontrol uygulamasına kıyasla arttığını tespit etmişlerdir.

Elde edilen sonuçlara göre mikrobiyal gübrenin beyaz baş lahanada fide boyu, fide yaş ağırlığı ve kuru madde oranı üzerinde olumlu etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Mikrobiyal gübre dozları değerlendirildiğinde, 15 mL L⁻¹ mikrobiyal gübre uygulamasının çimlenme ve fide gelişimi üzerinde daha etkili olduğu belirlenmiştir.

SONUÇ

Bu çalışmada, ülkemizde en çok üretilen kışlık sebzeler arasında yer alan marul ve beyaz baş lahanada farklı dozlarda mikrobiyal gübre uygulamalarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırma sonucunda mikrobiyal gübrenin marulda çimlenme oranı, fide boyu, fide kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve kuru madde oranını; beyaz baş lahanada ise fide boyu, fide yaş ağırlığı ve kuru madde oranını kontrole göre önemli oranda artırdığı tespit edilmiştir. Buna ilave olarak, istatistiksel olarak farklılık göstermemekle birlikte marulda gövde çapı, fide yaş ağırlığı, kök uzunluğu ve kök yaş ağırlığı bakımından; beyaz baş lahanada ise klorofil değeri bakımından mikrobiyal gübre uygulamalarından kontrole göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Genel olarak, mikrobiyal gübre uygulamalarının tohum çimlenmesi ve fide büyüme parametrelerine pozitif yönde etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Mikrobiyal gübrenin farklı dozları kendi arasında değerlendirildiğinde, özellikle 15 mL L⁻¹ mikrobiyal gübre uygulamasının hem marulda hem de beyaz baş lahanada çimlenme ve fide gelişimi üzerinde daha etkili olduğu saptanmıştır. Kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında, 15 mL L⁻¹ uygulaması marulda çimlenme oranını %15.03, fide boyunu %35.71 ve kuru madde oranını %15.18 oranında; beyaz baş lahanada ise fide boyunu %13.35 ve fide yaş ağırlığını %38.18 oranında artırmıştır. Mikrobiyal gübre uygulamasının marul ve beyaz baş lahanada çimlenme ve fide gelişimini artırmada alternatif bir uygulama yöntemi olarak başarılı bir şekilde kullanılabileceği ve 15 mL L⁻¹ dozunun uygun doz olarak önerilebileceği sonucuna varılmıştır. Fide büyümesine ve kalitesine olan etkileri yanında uygulamanın insan ve çevre sağlığına duyarlı olması ve ayrıca organik fide üretiminde de kullanılabilecek olması mikrobiyal gübrelemenin önemini daha da artırmaktadır. Bununla birlikte, iklim odası koşullarında yapılan bu denemenin arazi koşullarında daha detaylı olarak yapılmasının elde edilen sonuçların yetiştirici ortamında kullanılması ve bu sonuçların etkilerinin paylaşılabilmesi için gerekli olduğu düşünülmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazar olarak makalenin planlanması, yürütülmesi ve yazılması konusunda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederim.

YAZAR KATKISI

Yazar olarak makalenin planlanması, yürütülmesi ve yazımı tarafımda yapılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesinde yardımcı olan lisans öğrencileri Merve UYSAL ve Kübra Feyza KILIÇ'a teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Akkuş, F. (2011). *Mikrobiyal ve inorganik gübre uygulamalarının tuz stresi altında yetiştirilen ıspanak (Spinacia oleracea) ve kök kerevizde (Apium graveolens) bitki gelişimi ve verim üzerine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Alagöz, G., Özer, H., & Pekşen A. (2020). Raised bed planting and green manuring increased tomato yield through improved soil microbial activity in organic cultivation. *Biological Agriculture & Horticulture*, 36(3), 187-199.
- Altintas, S., & Bal, U. (2008). Effects of the commercial product based on *Trichoderma harzianum* on plant, bulb and yield characteristics of onion. *Scientia Horticulturae*, 116(2), 219-222.
- Altunlu, H., Demiral, O., Dursun, O., Sönmez, M., & Ergün, K. (2019). Mikrobiyal gübre uygulamasının tatlı mısır (*Zea mays* L. var. *saccharata*) yetiştiriciliğinde bitki gelişimi ve verim üzerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50(1), 32-39.
- Azarmi, R., Hajieghrari, B., & Giglou, A. (2011). Effect of *Trichoderma* isolates on tomato seedling growth response and nutrient uptake. *African Journal of Biotechnology*, 10(31), 5850-5855.
- Aybak, H. Ç. (2002). *Salata/Marul Yetiştiriciliği*. Hasad Yayıncılık, İstanbul.
- Bakonyi, N., Bott, S., Gajdos, E., Szabo, A., Jakab, A., Toth, A., Makleit, P. & Veres, S. Z. (2013). Using biofertilizer to improve seed germination and early development of maize. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(6),1595-1599.
- Bal, U., & Altintas, S. (2008). Effects of *Trichoderma harzianum* on lettuce in protected cultivation. *Journal Central European Agriculture*, 9(1), 63-70.
- Brewer, M. T., & Larkin, R. P. (2005). Efficacy of several potential biocontrol organisms against *Rhizoctonia solani* on potato. *Crop Protection*, 24, 939-950.
- Buyer, J. S., Roberts, D. P., & Russek-Cohen, E. (2002). Soil and plant effects on microbial community structure. *Canadian Journal of Microbiology*, 48, 955-964.
- Chen, S. K., Edwards, C. A., & Subler, S. (2001). Effects of the fungicides benzomyl, captan and chlorothalonil on soil microbial activity and nitrogen dynamics in laboratory incubations. *Soil Biology & Biochemistry*, 33, 1971-1980.
- Çubuklu, Ö. (2011). *Aşılı ve aşısız domates fideleri ile yapılan yetiştiricilikte mikrobiyal gübrenin (Trichoderma harzianum) verim ve kalite üzerine etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Eşiyok, D. (2012). *Kışlık ve Yazlık Sebze Yetiştiriciliği*. Meta Basım. Bornova/İzmir.
- Günay, A. (2005). *Sebze Yetiştiriciliği*. Cilt II, İzmir.
- Hounscome, N., Hounscome, B., Tomos, D., & Jones, G. E. (2009). Changes in antioxidant compounds in white cabbage during winter storage. *Postharvest Biology and Technology* 52, 173-179.
- Irmak, S., Cil, A. N., & Cil, A. (2011). The effects of microbial fertilizer applications on yield and some yield elements of peanut in Çukurova Region in Turkey. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2(1), 880-888.
- İkiz, O. (2019). *Bazı sebze türlerinde tohum ekim ortamına Trichoderma harzianum uygulamasının fide kalitesine etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Karaçal, İ., & Tüfenkçi, Ş. (2010). *Bitki beslemede yeni yaklaşımlar ve gübre-çevre ilişkisi*. Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, Ankara.

- Katgıcı, A., Türk, İ., Demir, H., & Üçok, Z. (2019). *Mikrobiyal gübrenin kıvrıkcık marulda verim ve kaliteye etkileri*. II. Uluslararası Tarım ve Orman Kongresi, İzmir.
- Kaveh, H., Jartoodeh, S. V., Aruee, H., & Mazhabi, M. (2011). Would *Trichoderma* affect seed germination and seedling quality of two muskmelon cultivars, khatooni and qasri and increase their transplanting success? *Journal of Biological & Environmental Sciences*, 5(15), 169-175.
- Kılıç, O., Çapur, U., & Görtay, Ş. (1991). *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi Uygulama Kılavuzu*. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları, Bursa.
- Kopsell, D. E., Kopsell, D. A., Lefsrud, M. G., & Curran, C. J. (2004). Variability in elemental accumulations among leafy *Brassica oleracea* cultivars and selections. *Journal of Plant Nutrition*, 27, 1813-1826.
- Kumar, N. (2017). Occurrence and distribution of tomato diseases and evaluation of bio-efficacy of *Trichoderma harzianum* on growth and yield components of tomato. *Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment*, 13(2), 37-44.
- Midmore, D. J. (1993). Agronomic modification of resource use and intercrop productivity. *Field Crops Research*, 34, 357-380.
- Monteiro, A., & Lunn, T. (1998). *Trends and perspectives of vegetable Brassica breeding world-wide*. World Conference on Horticultural Research, Rome, Italy.
- Muhammad, Z., & Hussain, F. (2010). Effect of NaCl salinity on the germination and seedling growth of some medicinal plants. *Pakistan Journal of Botany*, 42(2), 889-897.
- Ozbay, N., & Newman, S. E. (2004). Effect of *Trichoderma harzianum* strains to colonize tomato roots and improve transplant growth. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7, 253-257.
- Özbaş, N., Emrebaş, N., & Akıncı, S. (2010). Topraksız ortamda roka ve tere yetiştiriciliğinde mikrobiyal gübre (*Trichoderma harzianum*, Kuen 1585) uygulamasının bitki gelişimi ve verimi üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Özel Sayı*, 268-274.
- Özbaş, N., Demirkıran, A. R., & Ergun, M. (2015). *Mikrobiyal gübre (Trichoderma harzianum, KUEN 1585) uygulamasının marulda çimlenme, gelişme ve verim üzerine etkisi*. Doğu Karadeniz II. Organik Tarım Kongresi, Rize, Türkiye.
- Özbaş, N., Ergun, M., & Demirkıran, A. R. (2018). Ticari mikrobiyal gübre Sim Derma (*Trichoderma harzianum*, Kuen 1585) uygulamasının ıspanakta çimlenme, gelişme ve verim üzerine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(4), 482-491.
- Singh B. K., Sharma S. R., & Singh B. (2009). Heterosis for mineral elements in single cross-hybrids of cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.). *Scientia Horticulturae*, 122(1), 32-36.
- Singh, B. K., Sharma, S. R., & Singh, B. (2010). Variation in mineral concentrations among cultivars and germplasms of cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 33(1), 95-104.
- Sönmez, İ., Kaplan, M., & Sönmez, S. (2008). Kimyasal gübrelerin çevre kirliliği üzerine etkileri ve çözüm önerileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 25(2), 24-34.
- Swarup, V. (2006). *Vegetable Science and Technology in India*. Kalyani Publishers, New Delhi, India.
- Şalk, A., Arın, L., Devenci, M., & Polat, S. (2008). *Özel Sebzeçilik*. Sevil Cilt Evi ve Matbaası, Tekirdağ.
- Topbaş, M. T., Brohi, A. R., & Karaman, M. R. (1998). *Çevre Kirliliği*. T.C. Çevre Bakanlığı Çevre Bakanlığı Yayını, Ankara.
- TÜİK. (2020). Bitkisel üretim istatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr>_Erişim tarihi: 10 Ağustos 2020.
- Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as bio fertilizers. *Plant and Soil*, 255, 571-586.
- Vural, H., Eşiyok, D., & Duman, İ. (2000). *Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme)*. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Yanmaz, R., Duman, İ., Yaralı, F., Demir, K., Sarıkamış, G., Sarı, N., Balkaya, A., Kaymak, H. Ç., Akan, S., & Özalp, R. (2015). *Sebze üretiminde değişimler ve yeni arayışlar*. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi, Ankara.
- Yedidia, I., Srivastva, A. K., Kapulnik, Y., & Chet, I. (2001). Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. *Plant and Soil*, 235, 235-242.
- Yıldırım, M., Bahar, E., & Demireli, K. (2015). Farklı sulama suyu seviyelerinin serada yetiştirilen kıvrıkcık marulun (*Lactuca sativa* var. *campania*) verimi ve gelişimi üzerine etkileri. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(1), 29-34.
- Zengin, M. (2007). *Organik Tarım*. Hasad Yayıncılık Limited Şirketi, İstanbul.



Araştırma Makalesi

Raf Ömrü Süresince Karayemiş Meyvesinin (*Prunus laurocerasus* L.) Kalite Özellikleri Üzerine Modifiye Atmosfer Paket ve *Aloe vera* Uygulamalarının Etkisi

Burhan Öztürk

Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ordu

Geliş tarihi (Received): 17.08.2020

Kabul tarihi (Accepted): 21.09.2020

Anahtar kelimeler:

Çürüme, etilen üretimi, renk, solunum hızı, *Prunus laurocerasus*

Özet. Bu araştırma ile soğukta muhafaza (0 ± 0.5 °C ve $\%90\pm 5$) sonrasında, 3 gün 21 ± 1 °C ve $\%80\pm 5$ oransal nem koşullarında muhafaza edilen karayemiş meyvesinin kalite özellikleri üzerine modifiye atmosfer paket (MAP) ve *Aloe vera* jel uygulamalarının etkisini belirlemek hedeflenmiştir. Kontrol grubu meyveler ile kıyaslandığında, 45+3. günde tüm uygulamalarda, 60+3. günde ise MAP içerisindeki meyvelerden önemli derecede daha yüksek solunum hızı ölçülmüştür. 15+3. günde, MAP ve *Aloe vera* uygulamalarında; 30+3. günde ise *Aloe vera*+MAP uygulamasında kontrole göre daha yüksek etilen üretimi elde edilmiştir. *Aloe vera*+MAP uygulaması ile meyvelerin yumuşaması geciktirilmiştir. Son raf ömrü ölçümünde, MAP ile muamele olmuş meyvelerin L^* değerleri daha yüksek bulunmuştur. Aksine tüm uygulamaların hue açısı değerleri kontrolden önemli derecede daha düşük belirlenmiştir. 60+3. günde, *Aloe vera* uygulamasında en düşük titre edilebilir asitlik ölçülmüştür. MAP içerisinde muhafaza edilen meyvelerin daha az çürüdüğü görülmüştür. Sonuç olarak MAP içerisinde muhafaza edilen meyvelerin raf ömrü süresince daha az kalite kaybına uğradığı ortaya konmuştur.

*Sorumlu yazar

burhanozturk55@gmail.com

Effects of Modified Atmosphere Packaging and *Aloe vera* Treatments on Quality Traits of Cherry Laurel Fruit (*Prunus laurocerasus* L.) During Shelf Life

Keywords:

Color, decay, ethylene production, respiration rate, *Prunus laurocerasus*,

Abstract. This research aimed to assess the effect modified atmosphere packaging (MAP) and *Aloe vera gel* treatments on the quality traits of cherry laurel fruit kept at 21 ± 1 °C and $80\pm 5\%$ relative humidity for 3 days after cold storage (0 ± 0.5 °C and $\% 90\pm 5$). Compared to the control, in all treatment on the 45+3 day, in fruit kept in MAP on the 60+3 day, respiration rate was higher. In MAP and *Aloe vera* treatments on the 15+3 day, in *Aloe vera*+MAP treatment on the 30+3 day, ethylene production was higher obtained than control treatments. The softening of fruit was delayed by *Aloe vera*+MAP treatment. At last measurement of shelf life, L^* values of MAP-treated fruit was higher than control. But, hue angle of *Aloe vera* and MAP-treated fruit was lower shown. On the 60+3 day, the lowest titratable acidity was measured in *Aloe vera* treatment. It was observed that fruit stored in MAP were less rotten. As a result, it was revealed that fruit stored in MAP were exposed less quality losses of during shelf life.

GİRİŞ

Karayemiş meyvesi, Türkiye’de özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi’nde, Toros Dağları’nda, Marmara’nın doğusu ve Ege Bölgesi’nde doğal olarak yetişen, son yıllarda yapılan seleksiyon çalışmaları ile elde edilen ümitvar tipler ile kültürü yapılan yüksek besin içeriğine sahip her dem yeşil bir meyve türüdür. Taze tüketiminin yanında, pekmez, reçel, marmelat, kurutulmuş, salamura edilmiş ve meyve suyu gibi işlenmiş olarak da tüketilmektedir. Ayrıca halk arasında tıbbi bitki olarak bilinmektedir. Taze meyveleri ve tohumları birçok hastalığın tedavisinde geleneksel olarak kullanılmaktadır (İslam, 2002; Kolaylı ve ark., 2003; Sülüoğlu ve Çavuşoğlu, 2009; Kasım ve ark., 2011; Yazıcı ve ark., 2011; Ozturk ve ark., 2017).

Karayemiş meyvesinin besin içeriği üzerine yapılan çalışmalarda, meyvenin içerdiği zengin fenolik bileşiklere bağlı olarak yüksek antioksidan kapasitesine sahip olduğu ortaya konmuştur (Ayaz, 2001; Var ve Ayaz, 2004; Yazıcı ve ark., 2011; Ozturk ve ark., 2019a; Celik ve ark., 2020). Karayemişin insan beslenmesi açısından önemini belirlenmesinden sonra, kültüre alınmasına ve yaygınlaştırılmasına yönelik olarak birçok çalışma yürütülmüştür (Karadeniz ve Kalkısım, 1996; Sulusoglu, 2011; İslam ve Deligöz, 2012).

Karayemiş meyvesinin seleksiyonu, çoğaltılması ve besin içeriği konusunda pek çok araştırma yapılmış olmasına rağmen, muhafazası konusunda oldukça sınırlı sayıda hasat sonu, raf ömrü süresince meyve kalite özelliklerinin belirlenmesi konusunda ise literatürde bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bilindiği gibi meyve ve sebzelerin derim sonrası soğukta muhafaza ve raf ömrü süresince meyve kalitelerinin korunması gerekmekte olup, bu da uygun şartlarda muhafaza başta olmak üzere derim sonrası farklı uygulamalar ve teknolojiler ile sağlanabilmektedir. Derim sonrası teknolojilerin başında modifiye atmosfer paketleme (MAP) gelmektedir. Buna ilave olarak son yıllarda kitosan, aljinat ve *Aloe vera* gibi yenilebilir film kaplamalarda kullanılmaktadır. Bu araçlar ile temel amaç, solunumu yavaşlatmak ve olgunlaşmada etkili olan metabolik olayları yavaşlatmaktır (Martinez-Romero ve ark., 2006; Castillo ve ark., 2010; Ozturk ve ark., 2019a).

Kullanılan paketleme malzemesinin gaz difüzyon özellikleri ve bitki dokusunun solunum hızının bir sonucu olarak ambalajlar içerisinde atmosferin gaz değişimi sağlanmaktadır (Zhang ve ark., 2003). Kaplama uygulamaları ile meyve kabuk yüzeyinde yarı geçirgen bir tabaka oluşturulmakta ve nem kaybı, solunum ve oksidatif reaksiyonlar yavaşlatılmaktadır. Bunların sonucunda da meyvede doğal olgunlaşma süreci geciktirilmektedir (Vargas ve ark., 2008). Özellikle gıda üretiminde sentetik kimyasal maddeler konusundaki çevresel ve sağlıkla ilgili hassasiyetlerin artması, *Aloe vera* gibi doğal maddelerin kullanımına olan ilgiyi artırmaktadır (Vieira ve ark., 2016). *Aloe vera*, sofralık üzüm, nektarin ve kiraz gibi meyvelerde mikroorganizma çoğalmasını azaltmak, oksidatif kararmayı geciktirmek, solunum hızı ve meyve olgunlaşmasını kontrol etmek, sertlik ve nem kaybını engellemek için kullanılmıştır (Martinez-Romero ve ark., 2006; Ahmed ve ark., 2009; Castillo ve ark., 2010).

Yukarıda verilen bilgilerin ışığında bu çalışmada, MAP ve *Aloe vera* uygulamalarının karayemiş meyvesinin raf ömrü süresince meyve kalite özellikleri üzerine olan etkilerinin yanında solunum hızı ve etilen sentezi gibi derim sonrası fizyolojisiyle ilgili parametrelerde meydana gelen değişimin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Bitkisel Materyal ve Denemenin Kurulması

Çalışmada, seçilmiş O-44 genotipine ait karayemiş meyveleri kullanılmıştır. Meyveler, %15.0 SÇKM ve 3.4 newton (N) meyve sertliği safhasında (30 Temmuz 2015) elle hasat edilmiştir. Meyveler, 5 kg kapasiteli plastik kasalara (Plastaş, Düzce) yerleştirilmiş ve akabinde $10\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ ve 80 ± 5.0 oransal nem koşullarında soğutucu araç ile 1 saat içerisinde Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü laboratuvarına transfer edilmiştir.

Laboratuvarda aynı büyüklükte, homojen renklenmiş, sağlam, bütünlük arz eden ve hastalık belirtisi olmayan salkımlar deneme için seçilmiştir. İlk olarak meyveler iki gruba ayrılmıştır. İlk grup yalnızca saf suya, diğer grup % 33'lük *Aloe vera* jeline (Forever living products, Türkiye) 5 saniye süre ile batırılmıştır. Meyveler, oda koşullarında ($21\pm 1^{\circ}\text{C}$ ve 80 ± 5 oransal nemde) kurutma kâğıdı üzerinde 1 saat süre ile kurutulmuştur. Akabinde meyveler tekrar 2 gruba ayrılmıştır. Bunların bir yarısı MAP (Xtend® (815-CH97/a, StePac, Tefen, İsrail) içerisine yerleştirilirken, diğer yarısı ambalaj içerisine yerleştirilerek denemede kontrol, MAP, *Aloe vera* ve *Aloe vera*+MAP olmak üzere 4 farklı uygulama belirlenmiştir. Meyveler her birinde yaklaşık 750 g meyve olacak şekilde plastik kasalara (39 x 29 x 21 cm, Plastaş, Türkiye) yerleştirilmiştir. Daha sonra meyveler $4\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ve 90 ± 5 oransal nem koşullarında, 24 saat soğuk hava ile ön soğutmaya maruz bırakılmıştır. Ön soğutmadan sonra MAP ambalajlarının ağızları klips ile kapatılarak, $0\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ve 90 ± 5 oransal nem koşullarında 60 gün muhafaza edilmiştir. Meyveler, hasat dönemine ilave olarak, 15, 30, 45 ve 60. günlerde soğuk odadan çıkartılmış ve 3 gün süresince $21\pm 1^{\circ}\text{C}$ ve 80 ± 5 oransal nemde bekletildikten sonra ölçüm ve analizleri yapılmıştır. Her bir ölçüm döneminde her bir uygulama için 3 kasa analiz edilmiş ve her bir kasa tekerrürü temsil etmiştir.

Solunum Hızı, Etilen Üretimi ve Meyve Sertliği

Solunum ölçümü için ilk olarak meyveler (10 meyve), 2 L'lik gaz sızdırmaz kap içerisine yerleştirilmiş ve 1 saat bekletilmiştir. Daha sonra gaz sızdırmaz kaba bağlı olan gaz sensörü (Vernier, Oregon, Amerika) vasıtasıyla, meyvelerin ortama verdiği CO₂ konsantrasyonu ölçülmüştür. CO₂ miktarı esas alınarak meyvelerin solunum hızı mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Etilen üretimi içinde benzer şekilde gaz sızdırmaz ortamdan 1 mL gaz örneği, gaz sızdırmaz şırınga ile çekilmiş ve gaz kromatografisine (QP2010 Ultra, Shimadzu, Japonya) enjekte edilmiştir. Etilen üretim miktarı, µL C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹ olarak ifade edilmiştir. Meyve eti sertliği (10 meyvede), tekstür analiz cihazında (TA-TX Plus, Stable Microsystems, Godalming, İngiltere) belirlenmiştir. Ölçümlerde 2.0 mm'lik uç, maksimum 50 N yük ve 10 mm s⁻¹ hız ile 4 mm meyve etine batırılmıştır. Ölçülen değer, Newton (N) olarak ifade edilmiştir (Ozturk ve ark., 2019b).

Renk Özellikleri

Bir renk ölçer (Konica-Minolta, model CR-400, Japan) vasıtasıyla meyve kabuk yüzeyinde (her bir tekerrürde 20 meyvede), L*, kroma ve hue açısı değerleri belirlenmiştir. Üç boyutlu renk dairesi, L*, a* ve b* değerlerinin yardımıyla tanımlanmıştır. Kroma değeri, $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$, hue açısı değeri ise $h^* = \tan^{-1} b^*/a^*$ formülü ile hesaplanmıştır.

Suda Çözünebilir Kuru Madde (SÇKM) ve Titre Edilebilir Asitlik

Her bir uygulamaya ait her bir tekerrürden yeterince meyve alınmış, çekirdekleri elle çıkarılmış ve elektrikli karıştırıcı (HR1855/70, Philips, Türkiye) ile meyve eti parçalanmıştır. Elde edilen meyve posası tülbenkten geçirilerek meyve suyu elde edilmiştir. SÇKM için, meyve suyundan pipet yardımı ile 1 mL meyve suyu alınmış ve dijital refraktometreye damlatılmış, ekranda okunan değer % olarak kaydedilmiştir. Titre edilebilir asitlik için, 10 mL meyve suyu üzerine 10 mL saf su ilave edilmiş ve elde edilen meyve suyu 0.1 N NaOH ile pH 8.2 olana kadar titre edilmiştir. Asitlik, titrasyonda harcanan NaOH miktarı esas alınarak, g malik asit 100 g⁻¹ olarak hesaplanmıştır (Ozturk ve Ozer, 2019).

Çürüme Oranı ve Çürüme İndeksi

Çürüme, görsel olarak değerlendirilmiş olup, meyve kabuk yüzeyinde misel gelişimi olmuş meyveler çürümüş kabul edilmiştir. Çürüme oranı= [(toplam meyve sayısı-sağlam meyve sayısı)/toplam meyve sayısı] x 100 formülü ile bulunmuştur. Çürüme indeksi Selcuk ve Erkan (2014)'nın bildirdiği gibi 1-5 skalasında değerlendirilmiştir. Skalada 1= hiç çürüme olmadığını, 2= % 25 çürümeyi, 3= % 50 çürümeyi, 4= % 75 çürümeyi ve 5= meyvenin tamamen çürüdüğünü ifade etmektedir.

İstatistik Analizler

Denemede, verilerin normallik kontrolü Kolmogorov-Smirnov, varyansın homojenliği ise Levene testi ile belirlenmiştir. Elde edilen veriler varyans analizi (ANOVA) ile analiz edildikten sonra muameleler arasındaki önemlilik düzeyi Tukey çoklu karşılaştırma testi (p<0.05) ile belirlenmiştir. İstatistik analizler SAS paket programında (SAS 9.1 versiyon, ABD) yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Solunum Hızı, Etilen Üretimi ve Meyve Sertliği

Araştırmada, solunum hızı, etilen üretimi ve meyve sertliği bakımından uygulamalar arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 1). Solunum hızı 30+3. günde, MAP ve *Aloe vera*; 45+3. günde tüm uygulamalarda ve 60+3. günde ise MAP içerisindeki karayemiş meyvelerinde kontrol meyvelerine kıyasla daha yüksek ölçülmüştür. Etilen üretimi, 15+3 günde MAP ve *Aloe vera*; 30+3. günde ise yalnızca *Aloe vera*+MAP uygulamasında kontrolden önemli seviyede yüksek bulunmuştur. Meyve sertliği bakımından 15. günün raf ömründe, *Aloe vera*+MAP uygulamasında kontrole kıyasla önemli seviyede daha yüksek sertlik ölçülmüştür. Aksine yalnızca MAP uygulanmış olan meyvelerden ise hem kontrol hem de diğer uygulamalara kıyasla daha düşük sertlik tespit edilmiştir. 30 ve 45+3. günde ise *Aloe vera*+MAP ile muamele olmuş karayemiş meyvelerinin sertlik değerlerinin, kontrol ve diğer uygulamalara kıyasla önemli derecede daha yüksek olduğu görülmüştür (Çizelge 1).

Hasat edilen meyvelerde, kalite kayıpları kaçınılmazdır. Özellikle meyvelerde artan solunum hızı ve etilen üretimi ile meyvelerde kalite kayıpları hızlanmaktadır. Fakat bu kayıpların azaltılması, derim sonrası kaplama ve MAP gibi hasat sonrası bazı teknikler ile mümkün olabilmektedir. *Aloe vera* uygulaması, meyve kabuğunun gaz difüzyonuna karşı direncini artırarak solunumu yavaşlatmaktadır (Banks ve ark., 1993). Çalışmamızda solunum hızı ve etilen üretimi üzerine *Aloe vera* ve MAP uygulamalarının belirgin bir etkisi saptanmamıştır. Hâlbuki Carrillo-

Lopez ve ark. (2000) ve Guillen ve ark. (2013) *Aloe vera* uygulamasının solunum ve etilen üretim hızını yavaşlattığını bildirmiştir. Çalışmamızda, beklenildiği gibi solunum hızı ve etilen üretimi MAP ve *Aloe vera* uygulamaları ile geciktirilememiştir. Çalışılan meyve türünün farklı olması, bulgular arasındaki bu farklılığın temel nedenleri arasında olabilir.

Çalışmamızda MAP ile kombine edilen *Aloe vera* uygulamasının et sertliğinde meydana gelen yumuşamayı geciktirdiği görülmüştür. Benzer şekilde pek çok meyve türünde kaplama uygulamaları ile meyve eti sertliğinde meydana gelen yumuşama geciktirilmiştir (Martinez-Romero ve ark., 2006; Ahmed ve ark., 2009; Castillo ve ark., 2010). Martinez-Romero ve ark. (2006) *Aloe vera* uygulamasının pektin metil esteraz ve poligalakturonaz gibi hücre duvarını parçalayan enzim aktivitesini düzenleyerek meyve eti sertliğini muhafaza ettiğini bildirmişlerdir.

Renk Özellikleri

L^* değeri bakımından, 45 ve 60. gün raf ömrü ölçümlerinde uygulamalar arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir. 45+3. günde yalnızca MAP; 60+3. günde ise *Aloe vera*+MAP uygulanmış karayemiş meyvelerinden kontrole kıyasla önemli derecede daha yüksek L^* değeri ölçülmüştür. 15+3. günde *Aloe vera* uygulanmış meyvelerde; 30+3 ve 45+3. günde tüm uygulamalarda; 60+3. günde ise *Aloe vera* uygulamasından kontrole göre daha yüksek kroma değeri tespit edilmiştir. 15+3 ve 60+3. gün raf ömründe ise tüm uygulamalarda, kontrole kıyasla daha düşük hue açısı değeri belirlenmiştir. 30+3. günde MAP içerisinde muhafaza edilmiş tüm meyvelerde; 45+3. günde ise *Aloe vera*+MAP uygulanmış karayemiş meyvelerinden kontrole kıyasla önemli derecede daha düşük hue açısı değeri saptanmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 1. Raf ömrü süresince karayemiş meyvesinin solunum hızı, etilen üretimi ve meyve sertliği değişimi.

Table 1. Change of respiration rate, ethylene production and fruit firmness of cherry laurel fruit during shelf life.

Uygulama	Solunum hızı (mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)				
	0+3	15+3	30+3	45+3	60+3
Kontrol	53.61	29.95 a	24.91 b	20.90 b	19.52 b
MAP	53.61	30.50 a	27.44 a	26.04 a	24.14 a
<i>Aloe vera</i>	53.61	29.29 a	28.04 a	24.52 a	20.06 b
<i>Aloe vera</i> +MAP	53.61	30.93 a	24.23 b	23.75 a	22.91 a
Uygulama	Etilen Üretimi (µL C ₂ H ₄ kg ⁻¹ h ⁻¹)				
	0+3	15+3	30+3	45+3	60+3
Kontrol	0.132	0.154 c	0.090 b	0.106 ab	0.098 a
MAP	0.132	0.197 b	0.115 ab	0.092 b	0.092 a
<i>Aloe vera</i>	0.132	0.232 a	0.120 ab	0.114 ab	0.110 a
<i>Aloe vera</i> +MAP	0.132	0.157 c	0.139 a	0.129 a	0.099 a
Uygulama	Meyve Sertliği (N)				
	0+3	15+3	30+3	45+3	60+3
Kontrol	2.17	2.01 b	1.70 b	1.64 b	1.45 a
MAP	2.17	1.75 c	1.68 b	1.56 b	1.40 a
<i>Aloe vera</i>	2.17	2.03 b	1.63 b	1.60 b	1.43 a
<i>Aloe vera</i> +MAP	2.17	2.61 a	1.96 a	1.84 a	1.49 a

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında Tukey testine göre fark yoktur (p<0.05).

Farklı meyve türlerinde yapılan çalışmalarda (Castillo ve ark., 2012; Guillen ve ark., 2013), kaplama ve MAP uygulamaları ile renklenmenin geciktirildiği bildirilmesine rağmen, çalışmamızda bulguları destekler sonuç elde edilmemiştir. Aksine kırmızı renk gelişimini gösteren hue açısı değeri MAP ve *Aloe vera*+MAP uygulamasında, kontrolden daha düşük çıkmıştır. Bu da uygulamaların kırmızı renk gelişimini teşvik ettiğini göstermektedir.

Suda Çözünabilir Kuru Madde (SÇKM) ve Titre Edilebilir Asitlik

Karayemiş meyvelerinde raf ömrü süresinin ilerlemesine bağlı olarak SÇKM içeriği artış göstermiştir. Aksine meyvelerin titre edilebilir asitlik içeriğinde azalış görülmüştür. SÇKM içeriği bakımından, uygulamalar arasında yalnızca 15+3. günde önemli farklılıklar belirlenmiş olup, *Aloe vera* uygulanmış meyvelerde, kontrole kıyasla önemli seviyede daha düşük değerler belirlenmiştir. 15+3. günde *Aloe vera*; 30+3 ve 60+3. günde MAP; 45+3. günde ise MAP ve *Aloe vera* uygulamalarına ait meyvelerin asitlik içeriğinin, kontrole kıyasla önemli derecede daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 2. Raf ömrü süresince karayemiş meyvesinin L*, kroma ve hue açısı değeri değişimi.

Table 2. Change of L*, chroma and hue angle values of cherry laurel fruit during shelf life.

Uygulama	L*				
	0+3	15+3	30+3	45+3	60+3
Kontrol	24.22	24.78 a	25.08 a	25.44 b	26.59 b
MAP	24.22	25.47 a	25.90 a	26.70 a	26.99 ab
<i>Aloe vera</i>	24.22	25.53 a	25.68 a	25.81 ab	26.23 b
<i>Aloe vera</i> +MAP	24.22	24.59 a	25.58 a	26.33 ab	27.70 a
Kroma					
Kontrol	8.67	4.13 c	4.30 b	4.14 b	3.40 b
MAP	8.67	9.33 ab	7.86 a	7.16 a	3.27 b
<i>Aloe vera</i>	8.67	8.60 b	8.44 a	6.05 a	5.20 a
<i>Aloe vera</i> +MAP	8.67	10.40 a	7.64 a	6.83 a	3.89 ab
Hue açısı					
Kontrol	16.59	19.51 a	22.75 a	22.94 a	27.59 a
MAP	16.59	15.85 c	19.65 b	21.69 a	25.67 b
<i>Aloe vera</i>	16.59	17.92 b	22.27 a	22.86 a	25.36 b
<i>Aloe vera</i> +MAP	16.59	14.24 d	17.13 c	18.41 b	20.93 c

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında Tukey testine göre fark yoktur ($p < 0.05$).

Çalışmamızda SÇKM içeriği üzerine genel olarak uygulamaların önemli bir etkisi saptanmıştır. Nitekim farklı meyve türlerinde yapılan çalışmalarda, MAP ve *Aloe vera* uygulanmış meyvelerin SÇKM'sinin uygulanmayan meyvelerin SÇKM'sinden farksız olduğunu bildiren araştırma sonuçları da (Cantin ve ark., 2008; Guillen ve ark., 2013) bulunmaktadır. Fakat asitliğin MAP uygulamasında kontrol ve diğer uygulamalara kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür. MAP uygulaması, karayemiş meyvelerinde olgunlaşmayı geciktirmiş, *Aloe vera* uygulaması ise olgunlaşmayı teşvik etmiş olabilir. Bu yüzden geciken olgunlaşmaya bağlı olarak yalnızca MAP uygulanmış meyvelerin titre edilebilir asitlik düzeyi daha yüksek çıkmış olabilir.

Çizelge 3. Raf ömrü süresince karayemiş meyvesinin SÇKM ve asitlik değişimi.

Table 3. Change of SSC and titratable acidity of cherry laurel fruit during shelf life.

Uygulama	SÇKM (%)				
	0+3	15+3	30+3	45+3	60+3
Kontrol	23.7	25.6 a	25.9 a	26.7 a	28.0 a
MAP	23.7	24.4 ab	25.7 a	26.8 a	27.2 a
<i>Aloe vera</i>	23.7	22.0 c	26.5 a	26.9 a	28.3 a
<i>Aloe vera</i> +MAP	23.7	23.2 bc	24.8 a	26.1 a	29.1 a
Titre Edilebilir Asitlik (% malik asit)					
Kontrol	1.08	0.95 bc	0.84 b	0.71 c	0.65 b
MAP	1.08	1.02 ab	0.93 a	0.86 a	0.74 a
<i>Aloe vera</i>	1.08	1.04 a	0.85 b	0.80 ab	0.55 c
<i>Aloe vera</i> +MAP	1.08	0.93 c	0.84 b	0.76 bc	0.65 b

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında Tukey testine göre fark yoktur ($p < 0.05$).

Çürüme Oranı ve Çürüme İndeksi

Hasat dönemindeki raf ömrü ölçümlerinde (0+3. gün) meyvelerde çürüme belirlenmemiştir. 15+3 ve 60+3. gün ölçümünde, MAP ve *Aloe vera* uygulanmış meyvelerin çürüme oranı ve çürüme indeksinin, kontrole kıyasla önemli seviyede daha düşük olduğu görülmüştür. 30+3. günde MAP uygulanmış meyvelerde; 45+3. günde ise yalnızca MAP uygulamasında, kontrole kıyasla önemli seviyede daha düşük çürüme oranı belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çürüme, yaş meyve ve sebzelerde raf ömrü süresince meydana gelen en önemli kayıpların başında gelmektedir. Antimikrobiyal özelliğinden dolayı *Aloe vera* uygulamasının derim sonrası meyve ve sebzelerde çürüme oranını azaltmak amacıyla kullanılabileceği bildirilmiştir (Serrano ve ark., 2006; Kahramanoğlu ve ark., 2019). Genel olarak çalışmamızda *Aloe vera* uygulaması karayemiş meyvesinin çürümesini geciktirmiştir. Aynı

zamanda MAP ve *Aloe vera*+MAP uygulamalarından elde edilen çürüme oranı daha önceki bulgular (Cantin ve ark., 2008; Steffens ve ark., 2018) ile uyumlu olarak kontrolden daha düşük çıkmıştır.

Çizelge 4. Raf ömrü süresince karayemiş meyvesinin çürüme oranı ve çürüme indeksi değişimi.

Table 4. Change of decay rate and decay index of cherry laurel fruit during shelf life.

Uygulama	Çürüme oranı (%)				
	0+3	15+3	30+3	45+3	60+3
Kontrol	0.00	1.71 a	2.23 b	3.23 b	7.41 a
MAP	0.00	0.10 b	1.33 c	2.44 c	3.34 c
<i>Aloe vera</i>	0.00	0.30 b	3.25 a	6.25 a	7.33 a
<i>Aloe vera</i> +MAP	0.00	0.30 b	1.01 c	3.64 b	4.48 b
Çürüme indeksi					
Kontrol	1	2 a	2 a	2 b	3 a
MAP	1	1 b	1 b	1 c	1 c
<i>Aloe vera</i>	1	1 b	2 a	3 a	2 b
<i>Aloe vera</i> +MAP	1	1 b	1 b	3 a	1 c

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında Tukey testine göre fark yoktur ($p<0.05$).

SONUÇ

Sonuç olarak meyvelerde çürümenin geciktirilmesi bakımından *Aloe vera* ve MAP uygulamasının önemli bir derim sonrası araç olarak kullanılabileceği ifade edilebilir. Fakat meyve et sertliğinin korunmasında ise MAP ve *Aloe vera* uygulamalarının kombine etkisinin daha iyi sonuçlar verdiği söylenebilir. Çalışmamızda *Aloe vera* jeli tek konsantrasyonda uygulanmıştır. Farklı konsantrasyonların etkisinin belirlenmesi için yeni çalışmaların planlanması gerekmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

YAZAR KATKISI

Burhan Öztürk; Çalışmanın tasarlanması, hasat işleminin gerçekleştirilmesi, laboratuvar ölçüm ve analizlerinin yürütülmesi, elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve makale yazma işlemlerinin tümünü gerçekleştirmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından TF-1508 kodlu proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Ahmed, M. J., Singh, Z., & Khan, A. S. (2009). Postharvest *Aloe vera* gel-coating modulates fruit ripening and quality of 'Arctic Snow' nectarine kept in ambient and cold storage. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(5), 1024-1033.
- Ayaz, F. A. (2001). Changes in phenolic acids of cherry laurel [*Laurocerasus officinalis* Oxygemmis] fruit during maturation. *Acta Biologica Cracoviensia. Series Botanica*, 43, 23-46.
- Banks, N. H., Dadzie, B. K., & Cleland, D. J. (1993). Reducing gas exchange of fruits with surface coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 3(3), 269-284.
- Cantín, C. M., Crisosto, C. H., & Day, K. R. (2008). Evaluation of the effect of different modified atmosphere packaging box liners on the quality and shelf life of 'Friar' plums. *HortTechnology*, 18(2), 261-265.
- Carrillo-Lopez, A., Ramirez-Bustamante, F., Valdez-Torres, J. B., Rojas-Villegas, R., & Yahia, E. M. (2000). Ripening and quality changes in mango fruit as affected by coating with an edible film. *Journal of Food Quality*, 23(5), 479-486.

- Castillo, S., Navarro, D., Zapata, P. J., Guillén, F., Valero, D., Serrano, M., & Martínez-Romero, D. (2010). Antifungal efficacy of *Aloe vera* in vitro and its use as a preharvest treatment to maintain postharvest table grape quality. *Postharvest Biology and Technology*, 57(3), 183-188.
- Castillo, S., Navarro, D., Zapata, P. J., Guillén, F., Valero, D., Martínez-Romero, D., & Serrano, M. (2012). Using *Aloe vera* as a preharvest treatment to maintain postharvest organic table grape quality. *Acta Horticulturae*, 933, 621-625.
- Celik, O. F., Demirkol, M., Durmus, Y., & Tarakci, Z. (2020). Effects of drying method on the phenolics content and antioxidant activities of cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(1), 48-54.
- Guillén, F., Díaz-Mula, H. M., Zapata, P. J., Valero, D., Serrano, M., Castillo, S., & Martínez-Romero, D. (2013). *Aloe arborescens* and *Aloe vera* gels as coatings in delaying postharvest ripening in peach and plum fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 83, 54-57.
- Islam, A. (2002). 'Kiraz' cherry laurel (*Prunus laurocerasus*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 30, 301-302.
- Islam, A., & Deligöz, H. (2012). Selection on cherry laurel (*Laurocerasus officinalis* L.) in Ordu region. *Akademik Ziraat Dergisi*, 1(1), 37-44.
- Kahramanoğlu, İ., Chen, C., Chen, J., & Wan, C. (2019). Chemical constituents, antimicrobial activity, and food preservative characteristics of *Aloe vera* gel. *Agronomy*, 9(12), 831.
- Karadeniz, T., & Kalkisim, O. (1996). A study on selection of promising native cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) genotypes from Akcaabat, Turkey. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 6, 147-153.
- Kasim, R., Sülüşoğlu, M., & Kasim, M. U. (2011). Relationship between total anthocyanin level and colour of natural cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) fruits. *African Journal of Plant Science*, 5(5), 323-328.
- Kolayli, S., Küçük, M., Duran, C., Candan, F., & Dinçer, B. (2003). Chemical and antioxidant properties of *Laurocerasus officinalis* Roem. (cherry laurel) fruit grown in the Black Sea region. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(25), 7489-7494.
- Martínez-Romero, D., Alburquerque, N., Valverde, J. M., Guillén, F., Castillo, S., Valero, D., & Serrano, M. (2006). Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by *Aloe vera* treatment: a new edible coating. *Postharvest Biology and Technology*, 39(1), 93-100.
- Ozturk, B., Celik, S. M., Karakaya, M., Karakaya, O., Islam, A., & Yarilgac, T. (2017). Storage temperature affects phenolic content, antioxidant activity and fruit quality parameters of cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(1), e12774.
- Ozturk, B., & Ozer, H. (2019). Effects of grafting and green manure treatments on postharvest quality of tomatoes. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 19(4), 780-792.
- Ozturk, B., Karakaya, O., Yıldız, K., & Saracoglu, O. (2019a). Effects of *Aloe vera* gel and MAP on bioactive compounds and quality attributes of cherry laurel fruit during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 249, 31-37.
- Ozturk, A., Yildiz, K., Ozturk, B., Karakaya, O., Gun, S., Uzun, S., & Gundogdu, M. (2019b). Maintaining postharvest quality of medlar (*Mespilus germanica*) fruit using modified atmosphere packaging and methyl jasmonate. *LWT-Food Science and Technology*, 111, 117-124.
- Selcuk, N., & Erkan, M. (2014). Changes in antioxidant activity and postharvest quality of sweet pomegranates cv. Hicrannar under modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 92, 29-36.
- Serrano, M., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Castillo, S., & Valero, D. (2006). Maintenance of broccoli quality and functional properties during cold storage as affected by modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 39(1), 61-68.
- Steffens, C. A., Amarante, C. V. T., Espindola, B. P., Heinzen, A. S., Brackmann, A., & Both, V. (2018). 'Laetitia' plums stored in controlled atmospheres combined with induction of mass loss and ethylene management. *Revista Caatinga*, 31(1), 225-234.
- Sulusoglu, M. (2011). The cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) tree selection. *African Journal of Agricultural Research*, 6(15), 3574-3582.
- Sulusoglu, M., & Cavusoglu, A. (2009). Cutting propagation possibilities of natural cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) of Turkey. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 234-238.
- Var, M., & Ayaz, F. A. (2004). Changes in sugar composition in cherry laurel (cv oxygemmis) fruit during development and ripening. *Pakistan Journal of Botany*, 36(2), 389-394.
- Vargas, M., Pastor, C., Chiralt, A., McClements, D. J., & Gonzalez-Martinez, C. (2008). Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(6), 496-511.

Vieira, J. M., Flores-López, M. L., de Rodríguez, D. J., Sousa, M. C., Vicente, A. A., & Martins, J. T. (2016). Effect of chitosan-*Aloe vera* coating on postharvest quality of blueberry (*Vaccinium corymbosum*) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 116, 88-97.

Yazici, K., Çakir, B., & Kazaz, S. (2011). important genetic resource for Turkey: cherry laurel (*Laurocerasus officinalis* Roemer). *Acta Horticulturae*, 890, 261-265

Zhang, M., De Baerdemaeker, J., & Schrevens, E. (2003). Effects of different varieties and shelf storage conditions of chicory on deteriorative color changes using digital image processing and analysis. *Food Research International*, 36(7), 669-676.



Araştırma Makalesi

Manisa İli Köprübaşı İlçesinde Yetiştirilen Çilek Çeşitlerinin Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

Bilge Türk*, Fatih Şen

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, İzmir

Geliş tarihi (Received): 03.05.2020

Kabul tarihi (Accepted): 20.10.2020

Anahtar kelimeler:

Çilek, C vitamini, toplam fenolik miktarı, antioksidan aktivite, fiziksel özellikler

Özet. Bu çalışmada, ticari üretim yapılan bir bahçede yetiştirilen üç çilek çeşidinin (Rubygem, Camarosa, Amiga) ticari olgunluk aşamasında hasat edilen meyvelerinin fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşimleri belirlenmiştir. Rubygem (28.35 g) ve Amiga (28.11 g) çilek çeşitlerinin meyve ağırlığı, Camarosa çeşidine (23.45 g) göre daha yüksek bulunmuştur. Amiga çilek çeşidinin meyve boyu 49.91 mm ile en uzun, Camarosa çeşidi ise 42.02 mm ile en kısa olmuştur. Genel olarak Rubygem çilek çeşidinin meyveleri konik-kama, Camarosa'nın kama-silindirik-konik ve Amiga'nın ise uzun konik-kama şeklinde, Rubygem ve Camarosa çeşitlerinde akenlerin renginin kırmızı-sarı renkte, Amiga çeşidinde ise sarı renkte olduğu tespit edilmiştir. Amiga çilek çeşidinin L*, b*, C* ve h° değeri ve meyve sertliği (14.03 N), diğer çilek çeşitlerine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çilek meyvelerinin toplam fenol miktarı, Rubygem çeşidinde en yüksek (142.08 mg GAE 100 g⁻¹), Amiga çeşidinde ise en düşük (132.31 mg GAE 100 g⁻¹) bulunmuştur. Çilek meyvelerinin suda çözünür kuru madde, titre edilebilir asit, C vitamini miktarı ve antioksidan aktivitesi çeşitlere göre önemli farklılıklar göstermemiş, sırasıyla %7.55-%8.09, 0.56-0.62 g 100 mL⁻¹, 62.92-66.63 mg 100 g⁻¹ ve 42.17-48.06 µmol TE g⁻¹ arasında değişmiştir. Çilek çeşitlerinde incelenen meyve eni, iç dolgunluğu, a* değeri ve pH değeri birbirine benzerlik göstermiştir. Bu bölgede yetişen çilek meyvelerinin iri, iç dolgunluğu Rubygem ve Amiga, sertliği Amiga, toplam fenolik madde miktarı Rubygem çeşidinde en yüksek iken meyvenin kimyasal bileşimi bakımından önemli farklılıklar gözlenmemiştir.

*Sorumlu yazar

bilgee.turk@gmail.com

Determination of Physicochemical Characteristic of Strawberry Cultivars That Grown in Manisa - Köprübaşı

Keywords:

Strawberry, vitamin C, total phenol content, antioxidant activity, physical properties.

Abstract. In this study, the physical properties and chemical composition of three different strawberry varieties (Rubygem, Camarosa, Amiga) which harvested at commercial maturity period were determined. The fruit weight of Rubygem (28.35 g) and Amiga (28.11 g) strawberry varieties was found higher than Camarosa variety (23.45 g). The fruit length of Amiga variety was determined the highest with 49.91 mm, while the fruit length of Camarosa variety was determined the lowest with 42.02 mm. In general, the shape of Rubygem, Camarosa and Amiga fruits was identified as conic-cuneate, cuneate-cylindrical-conic, long-conic-cuneate, respectively. The color of achenes in Rubygem and Camarosa varieties was determined as red-yellow, while in Amiga variety as yellow. The L*, b*, C*, h° values and fruit firmness (14.03 N) of Amiga variety were found higher in comparison to the other varieties. The highest total phenol amount was determined in Rubygem variety (142.08 mg GAE 100 g⁻¹), while in Amiga variety (132.31 mg GAE 100 g⁻¹) was determined the lowest. The total soluble solids content, titratable acidity, vitamin C amount and antioxidant activity of strawberry fruits did not show significant differences among the varieties and altered between %7.55-%8.09, 0.56-0.62 g 100 mL⁻¹, 62.92-66.63 mg 100 g⁻¹ and 42.17-48.06 µmol TE g⁻¹; respectively. The highest size and internal fullness, firmness, and total phenolic compounds were found in Rubygem and Amiga, Amiga, and Rubygem; respectively. No significant differences were observed in terms of the chemical composition of fruits.

GİRİŞ

Çilek (*Fragaria × ananassa* Duch.) farklı ekolojik koşullarda yetiştirilebildiği için dünyada geniş yetiştirme alanına sahip bir meyve türüdür. Değişik şekillerde tüketilebilmesi, aile işletmeciliğine uygun üretim şekli ve iyi kazanç sağlaması sebebiyle birçok bölgemizde de yetiştiriciliği yapılmaktadır (Ağaoğlu, 1986; Karaca ve Altay, 1999). Dünya çilek üretimi 2017 yılı itibariyle 9.223.815 ton olup bunun 400.167 tonu ise Türkiye’de gerçekleşmektedir (FAO, 2018). Türkiye’nin büyük bir kısmında çilek yetiştirilmesine rağmen üretim Marmara, Ege ve Akdeniz bölgelerinde yoğunlaşmış durumdadır. Manisa ili Köprübaşı ilçesi son yıllarda önemli bir çilek üretim merkezi haline gelmiştir. Ülkemizde de deniz seviyesinden 2000 m’ye kadar ekonomik çilek yetiştiriciliği mümkündür (Aslantaş ve Karakurt, 2007). Çileğin bu kadar geniş alanda yetiştirilebilmesinde, adaptasyon kabiliyetinin yüksek olması yanında çeşit zenginliği de önemli rol oynamaktadır (Cengiz ve Aslantaş, 2007).

Beslenmenin hastalıkların teşvik edilmesinde ya da önlenmesinde önemli rolünün olduğu uzun zamandır bilinmektedir. Araştırmalar, meyve tüketimi ile kalp-damar hastalıkları (Johnsen ve ark., 2003) ve omurga hastalıklarının (De Ruvo ve ark., 2000) yoğunluğu arasında ters bir ilişkinin olduğunu doğrulamaktadır. Meyvelerin sağlık açısından bu önemli faydaları, onların kimyasal bileşimleri ile ilişkilidir. Çilek, insan sağlığına ilişkin biyolojik aktiviteye sahip temel besinleri ve faydalı fitokimyasalları içerdiği için Akdeniz diyetinde yaygın olarak kullanılan önemli bir meyvedir. Bu faydalı fitokimyasallar arasında antosiyanin ve ellagitanninler ana antioksidan bileşiklerdir (Giampieri ve ark., 2012). Çilek, içerdiği yüksek askorbik asit, polifenoller, antosiyaninler ve flavonoller nedeniyle antioksidan aktivitesi en yüksek olan meyveler arasındadır (Cordenunsi ve ark., 2002; Sellappan ve ark., 2002; Rababah ve ark., 2005). Özellikle C vitamini ve selüloz bakımından zengin olan bu meyve, önemli miktarda salisilik asit, A, B vitaminleri, kalsiyum, demir, fosfor gibi mineral maddeler ile çok az miktarda brom, silisyum, iyot ve kükürt de içermektedir (Türemiş ve ark., 2000).

Çilek, klimakterik olmayan bir meyve olup lezzet ve renkle ilgili olarak maksimum kaliteyi elde etmek için tam olgunlukta hasat edilmesi gerekmektedir. Çilek meyvesinin kalitesi, doku, antosiyanin içeriği, suda çözünür kuru madde miktarı, titre edilebilir asit, C vitamini içeriği, pH değeri gibi çeşitli parametrelerle yakından ilgilidir (Cordenunsi ve ark., 2005). Bu kalite parametreleri çeşit, yetiştirildiği ekoloji, bakım işleri, derim zamanı ve derim sonrası koşullara bağlı olarak değişmektedir (Crisosto ve Mitchell, 2002; Özbahçalı ve Aslantaş, 2015; Karaçalı 2016). Aynı ekolojide yetiştirilen çilek meyvelerinin kimyasal bileşimi, çeşitlere göre önemli farklılıklar gösterebilmektedir. Tulipani ve ark. (2008) dokuz çilek genotipinin C vitamini içeriği bakımından en düşük genotipler ile en yüksek genotipler arasında 2 kat farkın bulunduğunu, toplam fenol miktarı (Folin-Ciocalteu) ve antioksidan aktivitesi (FRAP) sırasıyla 1.73 – 3.13 mg GAE mg⁻¹ ve 7.31- 14.22 µmol TE g⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Çilek çeşitlerinin kimyasal bileşim ve kalite özellikleri incelendiği bir çalışmada; meyve sertliği antosiyanin, C vitamini içeriği ve toplam fenolikler bakımından farklılıkların olduğu saptanmıştır (Cordenunsi ve ark., 2002).

Bu çalışmada, Manisa ilinin Köprübaşı ilçesinde yaygın olarak yetiştirilen Rubygem, Camarosa ve yeni yaygınlaşan Amiga çilek çeşitlerinin fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Çalışma, 2018 yılında Manisa ilinin Köprübaşı ilçesinde ticari çilek üretimi yapan bir üretici bahçesinden Rubygem, Camarosa ve Amiga çilek çeşitleri elle hasat edilerek yürütülmüştür. Fide dikiminden önce dekara 35 kg 15-15-15 gübresi verilip toprağa karıştırılmıştır. Üretim süresince damla sulama ile toplam 20 amonyum nitrat (%33), 10 kg mono amonyum fosfat (MAP), 35 kg potasyum nitrat, 5 kg magnezyum sülfat ve 5 kg kalsiyum nitrat verilmiştir. Çilek çeşitlerine ait frigo fideler Temmuz 2017’de, 50 cm genişliğinde 30 cm yüksekliğinde hazırlanmış masuralara dikilmiştir. Siyah polietilen plastik ile malç uygulaması yapılmış, sulama işlemi damla sulama sistemi ile uygulanmıştır. Toprak yapısı; su tutma kapasitesi aşırı yüksek olmayan, kumlu-tınlı, infiltrasyon ve perkolasyon derecesi yüksektir.

Her çilek çeşidine ait çilek meyveleri kırmızı rengini aldığı tam olum döneminde hasat edilip şalelere konarak hemen Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Fizyoloji laboratuvarına getirilmiştir.

Çalışma tesadüf parseller deneme desenine göre 5 tekrarlı olarak kurulmuş, her tekerrürden hasat edilen yaklaşık 1.5 kg meyve bir tekerrür olarak kabul edilmiştir.

Fiziksel Analizler

Meyve ağırlığı, her tekerrürden tesadüfen seçilen 50 adet meyve 0.05 g'a duyarlı dijital teraziyle (XB 12100, Presica Instruments Ltd., İsviçre) tartılmış, meyve sayısına bölünerek ortalama meyve ağırlığı (g) hesaplanmıştır. Meyve eni ve boyu, her tekerrürden alınan 25 adet meyvede meyve eni ve boyu 0.01 mm' ye duyarlı dijital kumpas (Mitutoyo Corporation, Japonya) ile ölçülmüştür.

Meyve şekilleri Faedi ve ark. (2002)'a göre konik, kama, uzun konik, silindirik ve yuvarlak olarak değerlendirilmiştir. Akenlerin rengi görsel olarak sarı, yeşil ve kırmızı olarak değerlendirilmiştir. Meyve içi dolgunluğu, kesilen meyveler içi dolgunluğu bakımından incelenerek dolu, yarı dolu ve boş olarak sınıflandırılmıştır (Erenoğlu ve ark., 2000).

Meyve sertliği, her tekerrürden alınan 25 adet çilek meyvesinin ekvator bölgesinden 7.9 mm uç kullanılan meyve tekstür ölçer cihazı (Fruit Texture Analyzer, GS-15, GÜSS Manufacturing Ltd., Güney Afrika) ile ölçülmüş, sonuçlar Newton (N) kuvvet olarak verilmiştir.

Meyve rengi, 25 adet çilek meyvesinin ekvator bölgesinden renk cihazı (CR-400, Minolta Co, Japonya) ile CIE L*, a*, b* cinsinden ölçülmüştür. Cihaz, ölçümlerden önce standart beyaz kalibrasyon plakası ile eşitlik (1)'deki gibi kalibre edilmiştir. Elde edilen a* ve b* değerlerinden eşitlik (2) ile kroma (C*) ve eşitlik (3) ile hue açısı (h°) değeri hesaplanmıştır (McGuire, 1992).

$$L^*=97.26, a^*=+0.13, b^*=+1.71 \quad (1)$$

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (2)$$

$$h^{\circ} = \tan^{-1} (b^*/a^*) \quad (3)$$

Kimyasal Analizler

Suda çözünen kuru madde (SÇKM) miktarı, çilek meyvelerinin sıklmasıyla elde edilen meyve suyundan alınan birkaç damla dijital refraktometreye (PR-1, Atago, Japonya) damlatılmış ve sonuçlar % olarak ifade edilmiştir (Karaçalı 2016).

Titre edilebilir asitlik (TA) miktarı, 5 mL çilek suyunun 0.1 N NaOH ile pH 8.1'e kadar titre edilerek harcanan NaOH miktarından hesaplanmış ve g sitrik asit 100 mL⁻¹ olarak ifade edilmiştir (Karaçalı, 2016).

pH değeri, meyve suyundan alınan 30 mL örnekte pH metre (MP220, Mettler Toledo, Almanya) yardımı ile saptanmıştır.

C vitamini (L-askorbik asit) miktarı, çilek meyvelerinden alınan 25 g örnek, Waring ticari blender (Blender 8011ES, ABD) ile 25 mL oksalik asit (%0.4) ilave edilerek parçalanmış, filtre kağıdından süzümüştür. Bu süzükten alınan örneklerde C vitamini (L-askorbik asit) miktarı 2,6-dikloroindofenol ile titrimetrik metod AOAC (1995) kullanılarak spektrofotometrede (Varian Bio 100, Avustralya) 518 nm dalga boyunda ölçülmüş ve sonuçlar mg C vitamini 100 g⁻¹ yaş ağırlık olarak verilmiştir.

Toplam fenolik madde miktarı, çilek meyvelerinden alınan 5 g örneğe 25 mL metanol eklenerek 2 dakika homojenizatör (Ika Ultra-Turrax T18 Basic, Almanya) ile orta hızda homojenize edilmiş ve daha sonra 14-16 saat 4°C'de karanlık koşullarda bekletilmiştir. Örnekler filtre kağıdından süzülüp tüplere alınarak analiz edilinceye kadar -20°C'de muhafaza edilmiştir (Thaiponga ve ark., 2006). Toplam fenolik madde miktarı, Folin-Ciocalteu kolorimetrik yöntemi modifiye edilerek spektrofotometre (Varian Bio 100, Avustralya) ile ölçülmüştür (Zheng ve Wang, 2001). Bu yöntemde standart olarak gallik asit kullanılmış, çilek meyvesinde bulunan toplam fenolik madde miktarı mg gallik asit eşdeğeri (GAE 100 g⁻¹) yaş ağırlık (YA) olarak verilmiştir.

Antioksidan aktivitesinin belirlenmesinde Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) yöntemi kullanılmıştır. Çilek meyvesinde saptanan antioksidan aktivitesi değerleri µmol trolox eşdeğeri (TE g⁻¹) YA olarak verilmiştir (Benzie ve Strain, 1996).

İstatistiksel Analiz

Denemeden elde edilen veriler IBM® SPSS® Statistics 19 (IBM, NY, ABD) istatistik paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testi (P≤0.05) ile belirlenmiştir. Ortalamaların standart sapma değerleri (SD) beş tekerrür üzerinden hesaplanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Manisa ili Köprübaşı ilçesinde yetiştirilen çilek çeşitlerinin meyve ağırlığı, eni ve çapı Çizelge 1'de verilmiştir. Çeşitlerin çilek meyvelerinin ağırlığı ve boyuna etkisi istatistik olarak önemli olurken, meyve enine etkisi önemsiz olmuştur. Rubygem ve Amiga çilek çeşitlerinin meyve ağırlığı, Camarosa çeşidinin meyve ağırlığına (23.45 g)

göre sırasıyla %20.90 ve %19.87 oranında daha yüksek bulunmuştur. İzmir’de yetiştirilen çileklerde benzer zamanlarda yapılan hasatta Camarosa (22.7 g) ve Rubygem (21.8 g) çilek çeşitlerine meyve ağırlığının kısmen daha düşük olduğu gözlenmiştir (Özer ve ark., 2015). Amiga çilek çeşidinin meyve boyu 49.91 mm ile en uzun olurken, Camarosa çeşidi ise 42.02 mm ile en kısa olmuştur. Rubygem çilek çeşidinin meyve boyu (46.22 mm) bu iki çeşit arasında yer almıştır. Çilek çeşitlerinin meyve eni birbirine benzerlik göstermiş ve 36.34 mm ile 39.29 mm arasında değişmiştir. Çeşitlerin meyve ağırlığı ile meyve en ve boy değerleri uyusmaktadır. İncelenen bu çilek çeşitlerinin ağırlığı, en ve boy değerleri değişik ekolojilerde yetiştirilen benzer ve farklı çilek çeşitlerine göre belirgin şekilde daha yüksek olduğu saptanmıştır (Önal, 2000; Özdemir ve ark., 2003a; Kaleci ve Günay, 2006; Kadioğlu ve ark., 2009; Özgüven ve Yılmaz, 2009; Özbahçalı ve Aslantaş, 2015). Bu farklılığın ekolojik koşullar, üretim metodu ve bakım işlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 1. Manisa ili Köprübaşı ilçesinde yetiştirilen farklı çilek çeşitlerinin ortalama meyve ağırlığı, meyve eni ve boyuna etkileri.

Table 1. Effects of different strawberry cultivars grown in Köprübaşı district of Manisa province on average fruit weight, fruit width and length.

Çeşit	Meyve ağırlığı (g)	Meyve eni (mm)	Meyve boyu (mm)
Rubygem	28.35±1.85 a ^z	39.29±1.20 ^{ö.d.}	46.22±0.81 b ^{**}
Camarosa	23.45±1.71 b	36.34±0.85	42.02±1.25 c
Amiga	28.11±1.14 a	38.23±0.77	49.91±0.60 a

^z Ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle P≤0.05’e göre belirlenmiştir.

^{ö.d.} önemli değil; *P < 0.05, **P < 0.01’e göre önemli.

Çilek meyvelerinin şekillerinin çeşitlere göre değişimleri Çizelge 2’de sunulmuştur. Farklı çeşitlerin konik ve uzun konik şekilli çilek meyve oranına etkileri önemli iken kama, silindirik ve yuvarlak şekilli meyve oranına etkisi birbirine benzerlik göstermiştir. Konik şekilli meyve oranı Rubygem çeşidinde en yüksek (%49.93), Amiga çeşidinde ise en düşük (%15.00) bulunmuştur. Amiga çeşidinde uzun konik şekilli meyve oranı %45,00 iken, diğer çeşitlerde bu şekli meyve saptanamamıştır. Çeşitlere göre kama, silindirik ve yuvarlak şekilli meyve oranı birbirine yakın değerler almış, sırasıyla %30.00-%45.79, %10.00-%28.66 ve %0.00-%1.67 arasında değişmiştir. Genel olarak Rubygem çilek çeşidinin meyveleri konik-kama, Camarosa’nın kama-silindirik-konik ve Amiga’nın ise uzun konik-kama şeklinde olduğu gözlenmiştir. Özer ve ark. (2015)’nin Camarosa ve Rubygem çilek çeşitlerinin meyve şekilleri ile ilgili bulguları, bizim çalışma sonuçları ile genel olarak benzerlik göstermektedir. Meyve şekillerinde görülen farklılıkların yetiştirme koşulları ve bakım işlerinden ileri geldiği düşünülmektedir. Bazı meyve türlerinde ekolojik koşulların meyve şekli üzerinde etkili olduğu bildirilmektedir (Wills ve ark., 1998; Karaçalı, 2016).

Çizelge 2. Manisa ili Köprübaşı ilçesinde yetiştirilen farklı çilek çeşitlerinin meyve şekline etkileri.

Table 2. Effects of different strawberry cultivars grown in Köprübaşı district of Manisa province on fruit shape.

Çeşit	Meyve şekli (%)				
	Konik	Kama	Uzun konik	Silindirik	Yuvarlak
Rubygem	49.93 a [*]	36.44 ^{ö.d.}	0.00 b ^{**}	13.63 ^{ö.d.}	0.00 ^{ö.d.}
Camarosa	23.89 ab	45.79	0.00 b	28.66	1.67
Amiga	15.00 b	30.00	45.00 a	10.00	0.00

^z Ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle P≤0.05’e göre belirlenmiştir.

^{ö.d.} önemli değil; *P ≤ 0.05, **P ≤ 0.01’e göre önemli.

Çilek meyvelerinin iç dolgunluğu üzerine çeşitlerin etkisi önemsiz bulunmuştur. Amiga, Rubygem ve Camarosa çilek çeşitlerinin içinin tam dolu olduğu meyve oranı sırasıyla %80.0, %70.0 ve %60.0 olarak saptanmıştır. Çilek içinin yarım dolu olduğu meyve oranı %20.0 ile %40.0 arasında değişirken, içinin boş olduğu çilek meyvesine rastlanmamıştır (Çizelge 3). Çeşitlerin iç dolgunluğu ile meyve ağırlığı değişimlerinin uyumlu olduğu gözlenmiş, içi tam dolu meyve oranının daha yüksek olduğu Rubygem ve Amiga çeşitlerinde, meyve ağırlığının da daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Çilek çeşitlerine göre meyvelerinin aken durumu Çizelge 4’te verilmiştir. Farklı çilek çeşitlerinin çilek meyvelerinin sarı ve sarı-kırmızı aken görülen meyve oranına etkisi önemli bulunurken, diğer renkteki aken görülenlerde ise etkisi önemsiz bulunmuştur. Amiga çilek çeşitlerine ait meyvelerde sarı akenli meyve oranı %85.00 ile Rubygem (%7.71) ve Camarosa (%16.02) çeşitlerine göre belirgin şekilde daha yüksek bulunmuştur. Ancak kırmızı-sarı aken oranı ise tam tersi şekilde Rubygem ve Camarosa çeşitlerinde daha yüksek bulunmuş, sırasıyla %76.04 ve %66.48 olarak saptanmıştır. Sarı-yeşil, kırmızı-yeşil, kırmızı ve kırmızı-sarı-yeşil akenli meyve

oranı çeşitlere göre birbirine yakın değerler vermiş, %0.00 ile %11.88 arasında bir değişim göstermiştir. Genel olarak Rubygem ve Camarosa çeşitlerinde akenlerin renginin kırmızı-sarı renkte, Amiga çeşidinde ise sarı renkte olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3. Manisa ili Köprübaşı ilçesinde yetiştirilen farklı çilek çeşitlerinin meyve iç dolgunluğuna etkileri.

Table 3. Effects of different strawberry cultivars grown in Köprübaşı district of Manisa province on fruit internal fullness.

Çeşit	İç dolgunluğu (%)		
	Tam dolu	Yarım dolu	Boş
Rubygem	70.0 ^{ö.d.}	30.0 ^{ö.d.}	0.0 ^{ö.d.}
Camarosa	60.0	40.0	0.0
Amiga	80.0	20.0	0.0

^{ö.d.} önemli değil.

Çizelge 4. Manisa ili Köprübaşı ilçesinde yetiştirilen farklı çilek çeşitlerinin meyve aken durumuna etkileri.

Table 4. Effects of different strawberry cultivars grown in Köprübaşı district of Manisa province on condition of achene.

Çeşit	Akenlerin durumu (%)					
	Sarı	Sarı-Yeşil	Kırmızı-Sarı	Kırmızı-Yeşil	Kırmızı	Kırmızı-Sarı-Yeşil
Rubygem	7.71 b ^{z*}	11.88 ^{ö.d.}	76.04 a*	2.50 ^{ö.d.}	0.83 ^{ö.d.}	1.04 ^{ö.d.}
Camarosa	16.02 b	3.75	66.48 a	3.33	0.00	10.42
Amiga	85.00 a	10.00	5.00 b	0.00	0.00	0.00

^z Ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle $P \leq 0.05$ 'e göre belirlenmiştir.

^{ö.d.} önemli değil; * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$ 'e göre önemli.

Çilek meyvelerinin renginin çeşitlere göre değişimleri Çizelge 5'de sunulmuştur. Farklı çeşitlerin meyve L*, b*, C* ve h° renk değerlerine etkileri önemli olurken kırmızı veya yeşilliği ifade eden a* değerine etkisi önemsiz olmuştur. Parlaklığı ifade eden L* değerinin Amiga çilek çeşidinde diğer çeşitlere göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Amiga çilek çeşidinin sarılığı veya maviliği ifade eden b*, rengin doygunluk derecesini ifade eden C* ve renk tonunu ifade eden h° değeri diğer çilek çeşitlerine göre sırasıyla %50.4, %17.4 ve %32.4 oranında daha yüksek bulunmuştur. Rubygem ve Camarosa çilek çeşitlerinin renk değerleri birbirine benzerlik göstermiştir. Çilek çeşitlerinin a* değeri birbirine yakın değerler almış, 34.06-35.72 arasında değişmiştir. İncelenen bu çilek çeşitleri (Rubygem ve Camarosa) ile yapılan diğer çalışmalarda meyve renk değerlerinin farklılık gösterdiği saptanmıştır (Özer ve ark., 2015; Özdemir ve ark., 2003b). Bu farklılığın en önemli nedenlerden birinin iklim koşulları olduğu düşünülmektedir. Nitekim yürütülen bir araştırmada (Özdemir ve ark., 2003b) Amik ovası (rakımı 85 m) ve Yayladağı'nda (rakımı 450 m) yetiştirilen farklı çilek çeşitlerinin meyve L*, C* ve h° değerleri birbirinden farklı bulunmuştur.

Çizelge 5. Manisa ili Köprübaşı ilçesinde yetiştirilen farklı çilek çeşitlerinin meyve rengine etkileri.

Table 5. Effects of different strawberry cultivars grown in Köprübaşı district of Manisa province on fruit color.

Çeşit	L*	a*	b*	C*	h°
Rubygem	27.81±1.45 b ^{z**}	34.06±0.88 ^{ö.d.}	19.24±0.74 b ^{**}	39.16±1.41 b*	29.47±1.21 b ^{**}
Camarosa	27.97±1.08 b	34.21±0.67	19.52±0.87 b	39.39±0.93 b	29.72±0.88 b
Amiga	33.02±1.24 a	35.72±0.33	29.14±0.75 a	46.12±1.13 a	39.17±0.67 a

^z Ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle $P \leq 0.05$ 'e göre belirlenmiştir.

^{ö.d.} önemli değil; * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$ 'e göre önemli.

Çilek çeşitlerine göre SÇKM, TA miktarı, pH ve sertlik değeri Çizelge 6'da verilmiştir. Çilek meyvelerinin sertlik değeri, çeşitlere göre önemli ($P \leq 0.01$) farklılıklar göstermiştir. Amiga çilek çeşidinin meyve sertliği (14.03 N), Camarosa (10.14 N) ve Rubygem (9.96 N) çilek çeşitlerine göre daha yüksek bulunmuştur. Manisa ili Köprübaşı ilçesinde yetiştirilen bu çilek çeşitlerinin meyve sertliğinin, çilekte yapılan diğer çalışmalara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. İzmir'de yetiştirilen Camarosa ve Rubygem çilek çeşitlerinin meyve sertliği sırasıyla 5.59 N ve 7.36 N (Özer ve ark., 2015), Hatay'da yetiştirilen Camarosa çilek meyvesinin sertliği 5.10 N (Özdemir ve ark., 2003a) olarak belirlenmiştir. Çalışmada yer alan çilek çeşitlerinin meyve sertliğinin yüksek olmasında, ekolojik koşulların ve derim zamanının etkili olduğu düşünülmektedir. Nitekim birçok çilek çeşidinde derimin daha sıcak olduğu dönemlere kaymasıyla meyve sertliğinin azaldığı belirlenmiştir (Özer ve ark., 2015).

Çilek çeşitlerinin SÇKM, TA miktarı ve pH değerine etkisi birbirine benzerlik göstermiş, sırasıyla %7.55-%8.09, 0.56-0.62 g 100 mL⁻¹ ve 4.15-4.32 arasında değişmiştir. Camarosa ve Rubygem çilek çeşitlerinin SÇKM miktarı, farklı bölgelerde yetiştirilen aynı çilek çeşitlerine göre kısmen daha düşük (Kaleci ve Günay, 2006; Özbahçali ve

Aslantaş, 2015; Özer ve ark., 2015) veya benzer olduğu (Kepenek ve ark., 2002; Özdemir ve ark., 2003a; Özgüven ve Yılmaz, 2009) gözlenmiştir. İncelenen çilek çeşitlerinin TA miktarı diğer çalışma sonuçlarına benzer veya kısmen daha yüksek olduğu saptanmıştır (Kepenek ve ark., 2002; Özbahçali ve Aslantaş, 2015; Özer ve ark., 2015). Çilek meyvelerinin pH değeri, diğer çalışmalarla kıyaslandığında daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Kepenek ve ark., 2002; Özbahçali ve Aslantaş, 2015). Kepenek ve ark. (2002) Isparta koşullarında yaptıkları çalışmada Camarosa çilek çeşidinin 2000 ve 2001 yıllarına göre SÇKM değerinin %8.28-8.40, TA miktarının %0.61-0.71 ve pH değerinin 2.85-3.90 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Erzurum koşullarında Rubygem çilek çeşidinin SÇKM ve pH değeri sırasıyla %9.5 ve %2.9 olarak saptanmıştır (Özbahçali ve Aslantaş, 2015). Çilek meyvelerinde saptanan bu farklılıklarda ekolojik koşulları, üretim modeli, bakım işleri ve derim zamanının etkili olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 6. Manisa ili Köprübaşı ilçesinde yetiştirilen farklı çilek çeşitlerinin sertlik, suda çözünür kuru madde (SÇKM), titre edilebilir asit (TA) miktarı ve pH değerine etkileri.

Table 6. Effects of different strawberry cultivars grown in Köprübaşı district of Manisa province on firmness, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA) content and pH value.

Çeşit	Sertlik (N)	SÇKM miktarı (%)	TA miktarı (g sitrik asit 100 mL ⁻¹)	pH değeri
Rubygem	9.96±0.18 b ^{z**}	8.09±0.30 ^{o.d.}	0.56±0.07 ^{o.d.}	4.32±0.07 ^{o.d.}
Camarosa	10.14±0.51 b	7.67±0.53	0.61±0.06	4.17±0.03
Amiga	14.03±0.35 a	7.55±0.21	0.62±0.05	4.15±0.04

^z Ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle P≤0.05'e göre belirlenmiştir.

^{o.d.} önemli değil, ^{**}P ≤ 0.01'e göre önemli.

Çilek meyvelerinin bazı biyokimyasal özelliklerinin çeşitlere göre değişimleri Çizelge 7'de sunulmuştur. Çilek çeşitleri arasında toplam fenol miktarı bakımından önemli fark saptanırken, C vitamini ve antioksidan aktivitesi bakımından çeşitlerin benzer içeriğe sahip olduğu görülmüştür. Rubygem çeşidi 142.08 mg GAE 100 g⁻¹ toplam fenol miktarı ile en yüksek iken, Amiga çeşidi ise 132.31 mg GAE 100 g⁻¹ toplam fenol ile en düşük bulunmuştur. Çilek meyvelerinin toplam fenol miktarında saptanan farklılıklarda çeşidin genetik özellikleri etkili olmuştur. Nitekim İtalya'da 9 çilek genotipinin toplam fenol miktarının 173-313 mg GAE 100 g⁻¹ (Tulipani ve ark., 2008), Brezilya'da 6 çilek çeşidinde 159-289 mg kateşin 100 g⁻¹ (Cordenunsi ve ark., 2002) arasında değiştiği bildirilmiştir.

Çizelge 7. Manisa ili Köprübaşı ilçesinde yetiştirilen farklı çilek çeşitlerinin C vitamini, toplam fenol miktarı ve antioksidan aktivitesine etkileri.

Table 7. Effects of different strawberry cultivars grown in Köprübaşı district of Manisa province on vitamin C, total phenol content and antioxidant activity.

Çeşit	C vitamini (mg 100 g ⁻¹)	Toplam fenolik madde miktarı (mg GAE ^a 100 g ⁻¹)	Antioksidan aktivitesi (µmol TE ^b g ⁻¹)
Rubygem	62.92±4.64	142.08±4.12 a ^z	42.17±2.65
Camarosa	66.05±3.50	139.58±4.58 ab	45.68±3.83
Amiga	66.63±2.85	132.31±5.41 b	48.06±2.46

^a Gallik asit eşdeğeri, ^b trolox eşdeğeri

^z Ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle P≤0.05'e göre belirlenmiştir.

^{o.d.} önemli değil, ^{*}P ≤ 0.05'e göre önemli.

Çilek meyvelerinin C vitamini miktarı benzer seviyede bulunmakla birlikte, Amiga, Comarosa ve Rubygem çilek çeşitlerinin C vitamini içerikleri sırasıyla 66.63, 66.05 ve 62.92 mg 100 g⁻¹ olarak saptanmıştır. Bulgularımızın aksine çilek meyvelerinin C vitamini içeriklerinin genotiplere göre önemli farklılıkların olduğu birçok çalışmada rapor edilmiştir. Finlandiya'da 9 çilek çeşidi yapılan araştırmada çeşitlere göre C vitamini içerikleri 32.40-84.70 mg 100 g⁻¹ (Hakala ve ark., 2002), İtalya'da 9 çilek genotipinde 23-47 mg 100 g⁻¹ (Tulipani ve ark., 2008), Brezilya'da 6 çilek çeşidinde 40-85 mg 100 g⁻¹ (Cordenunsi ve ark., 2002), Adana'da 11 çilek çeşidinde 58.34 – 77.79 mg 100 g⁻¹ (Kaşka ve ark., 1986), Erzurum'da 6 çilek çeşidinde 38-56 mg 100 mL⁻¹ (Özbahçali ve Aslantaş, 2015) arasında değiştiği belirlenmiştir. Erzurum ve İzmir'de yetiştirilen Rubygem çilek çeşidinin C vitamini içeriği sırasıyla 55.3 mg 100 g⁻¹ ve 48.43 mg 100 g⁻¹, İzmir'de yetiştirilen Camarosa çeşidinin C vitamini içeriği 48.00 mg 100 g⁻¹ olarak saptanmıştır (Özbahçali ve Aslantaş, 2015; Özer ve ark., 2015).

Çilek çeşitlerinin antioksidan aktivitesi birbirine yakın değerler (42.17-48.06 µmol TE g⁻¹) vermiştir. İzmir'de yetiştirilen Camarosa ve Rubygem çilek çeşitlerinin antioksidan aktivitesi sırasıyla 34.44 ve 31.05 µmol TE g⁻¹

olarak saptanmıştır (Özer ve ark., 2015). Tulipani ve ark. (2008) İtalya'da 9 çilek genotipinin antioksidan aktivitesi (FRAP) 7.31- 14.22 $\mu\text{mol TE g}^{-1}$ arasında değiştiğini bildirmiştir.

Manisa ili Köprübaşı ilçesinde yetiştirilen bu çilek çeşitlerinin incelenen bazı fizikokimyasal özellikleri bakımından diğer bölgelerde yetiştirilen benzer çeşitlere göre farklılıklar göstermesinde iklim koşulları, üretim metodu ve bakım işlerinin etkili olduğu düşünülmektedir. Bu bölge özellikle ışık yoğunluğunun ve gece - gündüz sıcaklık farkının yüksek olması, genellikle her yıl üretimin yenilenmesinin çilek meyvesinin bazı kalite parametrelerini olumlu yönde etkilediği düşünülmektedir.

SONUÇ

Manisa ili Köprübaşı ilçesinde yaygın olarak Rubygem ve Camarosa çilek çeşitleri yetiştirilmekte olup, az oranda Amiga çilek çeşidi ile de yetiştiricilik yapılmaktadır. Çalışmada incelenen parametrelere göre bu çilek çeşitlerinden Rubygem meyve ağırlığı, pH değeri, Amiga meyve boyu, sertliği, L*, b*, C* ve h° değeri bakımından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Rubygem çilek çeşidi meyve ağırlığı bakımından Amiga çilek çeşidine benzerlik gösterirken, meyve eni, meyve şekli, iç dolgunluğu, aken durumu, rengi, sertlik, SÇKM, TA, C vitamini ve antioksidan aktivitesi bakımından Camarosa çeşidine benzerlik göstermektedir. Türkiye'de farklı ekolojide yetiştirilen Rubygem ve Camarosa çilek çeşitlerinin meyve ağırlığı, eni, boyu, sertliği, pH değeri, C vitamini, toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivitesi bakımından karşılaştırıldığında, Manisa ili Köprübaşı ilçesinde yetiştirilen bu çeşitlerin genellikle daha yüksek değerler verdiği gözlenmiştir. Bu bölgede yetişen çilek meyvelerinin iriliği, şekli, iç dolgunluğu, rengi, aken durumu ve meyvenin kimyasal bileşimi bakımından tüketicinin talep ettiği özelliklere sahip ve albenisinin yüksek olduğu gözlenmiştir. Ayrıca incelenen çilek meyvelerinin sertlik değerlerinin yüksek olması, derim sonrası dayanımını ve pazarlama sürecinde kalitenin korunmasını olumlu yönde etkilemektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazar olarak makalenin planlanması, yürütülmesi ve yazılması konusunda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederim.

YAZAR KATKISI

Çalışma kapsamındaki tüm arazi ve laboratuvar çalışmaları ile makalenin yazım işleri yazarlar tarafından birlikte yürütülmüştür.

KAYNAKLAR

- Ağaoğlu Y. S. (1986). *Üzümsü Meyveler*. Ankara Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara.
- AOAC. (1995). *Official Methods of Analysis*. AOAC, Arlington, Virginia.
- Aslantaş, R., & Karakurt, H. (2007). Rakımın Meyve Yetiştiriciliğinde Önemi ve Etkileri. *Alnteri Ziraat Bilimler Dergisi*, 12(2), 32-37.
- Benzie, I. F. F., & Strain, J. J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": the FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 239, 70-76.
- Cengiz, Ö., & Aslantaş, R. (2007). *Erzurum şartlarında yetiştirilen çileğin verim ve kalitesinin sezon içerisindeki değişimi ve bu özelliklerin iklim verileri ile ilişkisinin belirlenmesi*. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Cordenunsi, B. R., Oliveira do Nascimento, J. R., Genovese, M. I., & Lajolo, F. M. (2002). Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(9), 2581-2586.
- Cordenunsi, B. R., Genovese, M. I., do Nascimento, J. R. O., Hassimotto, N. M. A., dos Santos, R. J., & Lajolo, F. M. (2005). Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. *Food Chemistry*, 97(1), 113-121.
- Crisosto, C. H., & Mitchell, M. G. (2002). *Postharvest handling systems: stone fruits*, In Postharvest Technology of Horticultural Crops. California, USA: University of California Agricultural and Natural Resources Publication 3311.

- De Ruvo, C., Amodio, R., Algeri, S., Martelli, N., Intilangelo, A., D'Ancona, G. M., & Esposito, E. (2000). Nutritional antioxidants as antidegenerative agents. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 18(4-5), 359-366.
- Erenoğlu, B., Baş, M., Ufuk, S., & Erbil, Y. (2000). *Marmara Bölgesine Uygun Yeni Çilek Çeşitlerinin Seçimi*. Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü. Bilimsel Araştırma ve İncelemeler, Yayın No: 128, Yalova.
- Faedi, W., Baruzzi, G., Lovati, F., Sbrigh, P., & Lucchi, P. (2002). P. Arcuti Monogarfadi cultivar di fragola. *Progetto finalizaato* MiPAF, Roma.
- FAO. (2018). Bitkisel üretim istatistikleri. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Access date: 04 January 2020.
- Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J. M., Quiles, J. L., Mezzetti, B., & Battino, M. (2012). The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*, 28(1), 9-19.
- Hakala, M., Tahvonon, R., Huopalahti, R., & Lapveteläinen, A. (2002). Quality factors of Finnish strawberries. *Acta Horticulture*, 567, 727-730.
- Johnsen, S. P., Overvad, K., Stripp, C., Tjønneland, A., Husted, S. E., & Sørensen, H. T. (2003). Intake of fruit and vegetables and the risk of ischemic stroke in a cohort of Danish men and women. *The American journal of clinical nutrition*, 78(1), 57-64.
- Kadioğlu, Z., Aslantaş, R., Albayrak, M., Vurgun, H., Esmek, İ., & Albayrak, S. (2009). *Erzincan Şartlarında Yaz Dikiminde Yetiştirilen Bazı Çilek Çeşitlerinin Verim ve Kalitelerinin Belirlenmesi*. III. Ulusal Üzümsü Meyveler Sempozyumu Kahramanmaraş.
- Kaleci, N., & Günay, S. (2006). Çanakkale koşullarında yetiştirilen bazı çilek çeşitlerinin fenolojik, pomolojik ve verim özelliklerinin belirlenmesi. *Bahçe*, 35(1-2), 47-54.
- Karaca, S., & Altay, K. (1999). *Çilek fidesi üretiminde waiting bad sisteminin geliştirilmesi*. Mezuniyet çalışması, Adana.
- Karaçalı, İ. (2016). *Bahçe Ürünlerinin Muhafazası ve Pazarlanması*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 494, Bornova, İzmir.
- Kaşka, N., Yıldız, A. İ., Paydaş, S., Biçici, M., Türemiş, N., & Küden, A. (1986). Türkiye için yeni bazı çilek çeşitlerinin Adana'da yaz ve kış dikim sistemleriyle örtü altında yetiştiriciliğinin verim, kalite ve erkencilik üzerine etkileri. *Doğa Bilim Dergisi Seri D2*, 10(1), 84- 102.
- Kepenek, K., Koyuncu, M. A., & Koyuncu, F. (2002). Bazı çilek çeşitlerinin Isparta koşullarında adaptasyonu. *Bahçe*, 31(1-2), 17-22.
- McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12), 1254-1255.
- Önal, K. (2000). Menemen koşullarında açıkta ve tünel altında yetiştirilen bazı çilek (fragaria x ananassa duch.) çeşitlerinin performansları üzere bir araştırma. *Turkish Journal of Agriculture. and Forestry*, 24, 31- 36.
- Özbahçali, G., & Aslantaş, R. (2015). Bazı Çilek Çeşitleri (Fragaria X ananassa Duch.)'nin Erzurum ekolojisindeki performanslarının belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 46(2), 75-84.
- Özdemir, E., Gündüz, K., Gidemem, F., & Sehitoglu, M. (2003a). *Yayladağ (Hatay) koşullarında yetiştirilen bazı çilek çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi*. Türkiye V. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, Erzurum.
- Özdemir, E., Gündüz, K., Gidemem, F., & Sehitoglu, M. (2003b). Hatay ili, Amik Ovası ve Yayladağında yetiştirilen bazı çilek çeşitlerinde renklenme durumları. *Bahçe*, 32(1-2), 45 – 51.
- Özer, K. B., Aksoy, U., Işın, Ş., Can, H. Z., Çetinkaya, N., Çakıcı, H., Gürbüz Kılıç, Ö., Arda, E., Çolak Esetlili, B., Kaygısız, T., Çetinel, B., Özsoy, N., & Küçük, E. (2015). *Menemen koşullarında yüksek tünel altında yetiştirilen bazı çilek çeşitlerinin organik ve konvansiyel üretimde agronomik ve ekonomik açıdan değerlendirilmesi*. Ege Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırmalar Projesi (2010-ZRF-049) Sonuç Raporu.
- Özgül, A. İ., & Yılmaz, C. (2009). Bazı çilek çeşitlerinin adana ekolojik koşullarındaki morfolojik ve pomolojik özellikleri. *Alaturum*, 8(2), 17-21
- Rababah, T. M., Ereifej, K. İ., & Howard, L. (2005). Effect of ascorbic acid and dehydration on concentrations of total phenolics, antioxidant capacity, anthocyanins, and color in fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(11), 4444-4447.
- Sellappan, S., Akoh, C. C., & Krewer, G. (2002). Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-grown blueberries and blackberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(8), 2432-2438.
- Tulipani S., Mezzetti B., Capocaso F., Bompadre S., Beekwilder J., Vos C., Çapanoğlu E., Bovy A., & Battino M. (2008). Antioxidants, phenolic compounds, and nutritional quality of different strawberry genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 696-704

-
- Thaiponga, K., Boonprakoba, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., & Byrne, D. H. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 669-675.
- Türemiş, N., Özgüven, A. I., & Paydaş, S. (2000). *Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde çilek yetiştiriciliği*. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu. Türkiye Tarımsal Araştırma Projesi Yayınları, Adana.
- Wills, R., McGlasson, B., Graham, D., & Joyce, D. (1998). *Postharvest an introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals*. 4th edition. UNSW Press, Sydney, Australia.
- Zheng, W., & Wang, S. Y. (2001). Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 49(11), 5165-5170.



Research Article

Changes in Seed Germination during Storage of Flower Seeds: Species Differences

İbrahim Demir^{*1}, Zeynep Gökdaş¹, Nazlı İlke Eken Türer²

¹Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Ankara, Ankara, Turkey

²Department of Plant and Animal Production, Vocational School of Bartın, University of Bartın, Bartın, Turkey

Received: 28.05.2020

Accepted: 26.08.2020

Keywords:

Seed moisture, storage temperature, storage duration, flower seeds,

Abstract. This work was carried out to test the storage longevity of seeds from 10 different flower species (Dahlia, Pelargonium, Salvia, Zinnia, Petunia, Gazania, Antirrhinum, Viola, Impatiens and Tagetes). Four lots of each species were stored at 25°C for 12 and 5°C for 24 months at 6±0.5% seed moisture in hermetic conditions. After both storage conditions, the seed lots of pelargonium, gazania, zinnia and tagetes had an average germination rate of 100%, while antirrhinum, petunia, impatiens, viola, salvia and dahlia seeds had lower germination rates varying by species. The decrease in germination of antirrhinum, petunia, impatiens, salvia, dahlia and viola seed lots after 24 months storage at 5°C was 55, 29, 21, 11, 8, and 8%, respectively. The decrease in germination of salvia, dahlia, impatiens, viola, antirrhinum, and petunia seeds after 25°C storage for 12 months was 38, 15, 9, 8, 5, and 4%, respectively. The results showed that extent of seed deterioration varied among the species and should be considered for seed storage practices of flower seeds. The reasons for differences in storage behaviour of the species were discussed.

*Corresponding author

demir@agri.ankara.edu.tr

Çiçek Tohumlarının Muhafazası Sırasında Tohum Çimlenmesindeki Değişimler: Tür Farklılıkları

Anahtar kelimeler:

Tohum nemi, depolama sıcaklığı, depolama süresi, çiçek tohumları

Özet. Bu çalışma 10 farklı çiçek türü tohumunun (yıldız çiçeği, sardunya, adaçayı, kirlili hanım, petunya, koyungözü, aslanazğı, menekşe, cam güzeli ve kadife çiçeği) depolama ömrünü test etmek ve türler arasındaki farkı saptamak için yapılmıştır. Her bir türden dört tohum partisi, hermetik koşullarda 25°C'de 12 ay ve 5°C'de 24 ay boyunca %6±0.5 tohum neminde depolanmıştır. Her iki depolama koşulundan sonra, sardunya, koyungözü, kirlili hanım çiçeği ve kadife çiçeği tohum lotlarında ortalama %100 çimlenme gerçekleşirken, aslanazğı, petunya, camgüzeli, menekşe, adaçayı ve yıldız çiçeği tohumlarında türlere göre değişen daha düşük seviyede çimlenme oranları oluşmuştur. Aslanazğı, petunya, cam güzeli, adaçayı, yıldız çiçeği ve menekşe tohumu partilerinin çimlenmesindeki azalma, 5°C'de 24 ay depolandıktan sonra sırasıyla % 55, 29, 21, 11, 8, 8 olarak saptanmıştır. Adaçayı, yıldız çiçeği, cam güzeli, menekşe, aslanazğı ve petunya tohumlarının çimlenmesindeki düşüş, 12 ay boyunca 25°C'de depolandıktan sonra ise sırasıyla % 38, 15, 9, 8, 5, 4 olmuştur. Sonuçlar, tohum depolanabilirliğinin türler arasında değiştiğini ve çiçek tohumlarındaki tohum muhafaza koşullarında dikkate alınabileceğini göstermiştir. Türlerin depolama sürecindeki farklılıkların nedenleri tartışılmıştır.

INTRODUCTION

The longevity of the seed depends primarily on the temperature, relative humidity and oxygen factors during storage (Doijode, 2001). As a general rule, the lower the seed moisture content and temperature, the longer the seed survival. Commercial seed storage is conducted at 12-15°C temperatures with 40-60% relative humidity for medium-term storage (12-36 months). Seed moisture content for small-seeded species is supposed to be 5-7% for an ideal storage environment. These seed moisture percentages are also used for both commercial and long-term storage in seed gene banks (Walters, 2015).

When carrying over seeds, those that are left over from an earlier production year need to be used for the next growing season so seed lots must be stored in optimum conditions. Nonoptimal storage environment is the basic reason for inducing seed ageing/vigour and in turn reducing seedling emergence potential. Ideal storage conditions are not always possible during seed production. In some cases, seed lots are stored at ambient storage conditions (seed merchant's uncontrolled warehouse) at the prevailing temperatures which can be high in some regions (25-35°C).

There are extensive studies about storage behavior of crop seeds (Walters, 2015), but few studies about flower seeds. However, conserving high seed germination is a prerequisite not only for obtaining a high percentage of seedling emergence in modules but also in breeding programs for future improvement of bedding plants. Carpenter *et al.* (1995a) suggested 15 or 25°C storage may be adequate for annual flowering plants that are stored commercially for 1 year, but for longer storage temperatures lower than 15°C are needed. Similarly, germination after storage at 5°C was found to be higher than that after storage at 15 or 25°C for Delphinium (Carpenter and Boucher, 1992) and Gerbera (Carpenter *et al.*, 1995b) seeds. Large number of flower seeds exhibit dormancy. Relatively short periods of prechilling and use of low concentration of potassium nitrate solution (KNO₃) are common dormancy-breaking techniques used in germination tests (Baskin and Baskin 2001). Uniform germination and fast radicle emergence can be an important asset for high quality transplant production which may be influenced by storage conditions (Carpenter *et al.*, 1995b). Therefore, optimum flower seed storage has an important issue for not only maintaining seed quality but also producing high quality transplant production.

The genetic structure of seeds plays a role in storability, so certain flower species store better than others. McDonald (2005) classified flower seeds into short (less than 1 year), medium (up to 2-3 year) and long (more than 3 years) storage categories and suggested that if a seed has a short storage life then it is prudent to purchase new seed on an annual basis. In all cases, understanding the species-based seed storage behaviour of flower seeds is important for seed companies since extensive inventories of seed are maintained and to ensure that the value of the seed is not lost during storage.

Our research objectives were to compare the germination percentages after storing the seeds of ten species with 6 ± 0.5% seed moisture content for 12 months at 25°C and for 24 months at 5°C.

MATERIAL AND METHOD

Four seed lots from each of ten flower species of Dahlia, Pelargonium, Salvia, Zinnia, Petunia, Gazania, Antirrhinum, Viola, Impatiens and Tagetes (Table 1) were obtained from commercial seed companies. Initial seed moisture content was determined using the low temperature (103 °C, 17 h, 0.5 g x 2 replicates) oven method (ISTA, 2016). Laboratory germination test conditions are presented in Table 1 and changed according to the species. Four replicates of 25 seeds were placed on filter paper (Filtrak, Germany) in a petri dish (9 cm) and subsequently placed in appropriate conditions for the germination test. The dishes were placed in polyethylene bags to prevent evaporation and placed in an incubator at 20°C. Total germination percentages (2 mm radicle emergence) were evaluated after the germination period specified for each species. All flower species seeds were germinated at 20°C but light, prechilling and KNO₃ were applied (+) or not (-) as shown in each species (Table 1). Light was applied as 750 lux for 12 h of a day throughout the germination test. Prechilling was applied at 5°C, on wet Whatman papers in petri dishes over 7 days in dark, then petri dishes were transferred to germination temperature (20°C). 0.2% KNO₃ was used as germination medium instead of distilled water during germination (Table 1).

Storage longevity was determined for 12 and 24 months at 25 °C and 5 °C, respectively. Seed moisture was adjusted to 6% ± 0.5% (fresh weight basis). Two subsamples of 100 seeds from each seed lot were stored at 5 and 25 °C in airtight laminated aluminium foil packets. Samples were taken from the storage packets after 12 months at 25 °C and 24 months at 5 °C. Germination tests were conducted in appropriate germination conditions as shown in Table 1- and 2-mm radicle protrusion was considered as germination.

Statistical analysis was conducted using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS, Chicago, IL) by using analyses of variance. Separation between initial germination and germination after storage was made at the 5% level by the Duncan multiple range test.

Table 1. Germination test conditions of flower seeds.

Çizelge 1. Çiçek tohumlarının çimlenme testi koşulları.

Species	Germination conditions					
	Temperature (°C)	Light *	Prechilling**	KNO ₃ ***	Period (day)	Seed m.c (%)
<i>Dahlia variabilis</i>	20	-	+	-	21	6.0-6.5
<i>Pelargonium</i> spp.	20	-	+	-	28	5.8-6.2
<i>Salvia splendens</i>	20	-	+	-	21	6.0-6.4
<i>Zinnia elegans</i>	20	+	+	+	10	6.2-6.5
<i>Petunia grandiflora</i>	20	-	+	+	14	6.0-6.1
<i>Gazania splendens</i>	20	-	+	-	21	6.0-6.5
<i>Antirrhinum chimes</i>	20	-	+	+	21	6.0-6.3
<i>Viola hybrida</i>	20	-	+	+	21	5.9-6.3
<i>Impatiens walleriana</i>	20	+	+	+	21	6.0-6.3
<i>Tagetes erecta</i>	20	+	-	-	14	6.0-6.5

12h:12h dark:light, **: 5°C, 7 day, ***: 0.2% KNO₃

RESULTS AND DISCUSSION

Initial germination percentages of seed lots in all species ranged between 94 and 100%. All pelargonium, gazania, viola and tagetes seed lots had 100 % germination. The difference among the four seed lots in the same species was not significant in any species ($p > 0.05$) (Table 2). As well as pelargonium, gazania, zinnia and tagetes seeds had an average germination rate of 100%, it showed a statistically significant difference from other species ($p < 0.05$). Antirrhinum, petunia, impatiens, viola, salvia and dahlia seeds had lower germination rates, which varied by species. (Table 2).

Table 2. Initial germination percentages (%) of four seed lots from each flower species.

Çizelge 2. Her çiçek türünden dört tohum lotunun başlangıç çimlenme yüzdeleri (%).

Species	Lots / Initial germination				Mean
	1	2	3	4	
Dahlia	98	94	94	94	95 ab
Pelargonium	100	100	100	100	100 a
Salvia	95	95	96	95	95 ab
Zinnia	100	98	97	100	99 a
Gazania	100	100	100	100	100 a
Antirrhinum	96	93	93	93	94 b
Viola	100	100	100	100	100 a
Impatiens	100	94	96	98	97 ab
Tagetes	100	100	99	100	100 a
Petunia	95	95	94	94	95 ab

The difference between the averages of the values indicated by different letters in the same column is significant ($p < 0.05$).

Mean germination after 24 months at 5°C ranged between 39 and 100% among the species. Pelargonium, zinnia, gazania, and tagetes had germination of 100% and the difference in germination percentages with other species was significant ($p < 0.05$). While the difference between the average germination of dahlia and salvia seeds was found to be insignificant ($p > 0.05$), the difference between of other species was found to be statistically significant (Table 3).

Decreases in germination after 12 months at 25°C are presented in Table 4. Under these storage conditions, germination percentages ranged between 57 and 100%. While there was no statistically significant difference between viola, impatiens, antirrhinum and petunia seeds, the lowest germination after storage was observed in salvia seeds with 57% and was found to be statistically significant (Table 4). In salvia, lot 1, the lot with lowest germinated had 30% germination, while lot 2 with highest had 78% germination. In a similar manner, lot 3 in dahlia had 59% while lot 1 had 92% germination. Such a variation among the lots was not recorded in the rest of the species.

Table 3. Germination percentages of (%) flower seeds stored at 5°C for 24 months with 6±0.5% seed moisture in hermetic conditions.

Çizelge 3. Hermetik koşullarda 24 ay boyunca 5°C'de, %6±0.5 tohum nemi ile depolanan çiçek tohumlarının çimlenme yüzdeleri (%).

Species	Lots				Mean
	1	2	3	4	
Dahlia	84	91	86	85	87 c
Pelargonium	100	100	100	100	100 a
Salvia spp.	73	86	96	81	84 c
Zinnia spp.	100	100	100	100	100 a
Gazania spp.	100	100	100	100	100 a
Antirrhinum	34	33	42	45	39 f
Viola	96	92	92	88	92 b
Impatiens	76	73	80	75	76 d
Tagetes	100	100	100	100	100 a
Petunia	88	55	58	61	66 e

The difference between the averages of the values indicated by different letters in the same column is significant ($p < 0.05$).

Table 4. Germination percentages of (%) flower seeds stored at 25 °C for 12 months with 6±0.5% seed moisture in hermetic conditions.

Çizelge 4. Hermetik koşullarda 12 ay boyunca 25°C'de, %6±0.5 tohum nemi ile depolanan çiçek tohumlarının çimlenme yüzdeleri (%).

Species	Lots				Mean
	1	2	3	4	
Dahlia	92	90	59	78	80 c
Pelargonium	100	100	100	100	100 a
Salvia spp.	30	78	57	61	57 d
Zinnia spp.	98	100	97	99	99 a
Gazania spp.	100	100	100	100	100 a
Antirrhinum	89	83	95	89	89 b
Viola	93	95	96	85	92 b
Impatiens	91	88	88	86	88 b
Tagetes	100	100	100	100	100 a
Petunia	96	88	84	84	91 b

The difference between the averages of the values indicated by different letters in the same column is significant ($p < 0.05$).

Figure 1 shows the difference between initial germination and germination after storage at 5°C after 24 months and 25°C after 12 months in relation to the species. Salvia, dahlia and impatiens were significantly higher than the rest of the species between initial and final seed germination ($p < 0.05$) while the values of the zinnia, pelargonium, tagetes, gazania, petunia, antirrhinum and viola did not vary significantly ($p > 0.05$) at 25°C 12 months storage. Differences were less for storage at 25°C compared to 5°C and were 38% for salvia, 15% for dahlia, 9% for impatiens, 8% for viola, 5% for antirrhinum and 4% for petunia. The difference between initial germination and after storage was the largest for antirrhinum with 55% ($p < 0.05$) when seeds are stored at 5°C. The difference was observed as 29% and 21% for petunia and impatiens ($P < 0.05$), respectively. While difference in between initial and final germination ($p > 0.05$) was not significant for the other species. (Figure 1). In both storage conditions, zinnia, pelargonium, tagetes and gazania seeds had 100% germination after storage.

Results of the present work indicated that seeds of some flower species were found to be more resilient during storage than the others. While zinnia, pelargonium, tagetes and gazania did not lose germinability after storage of 24 months at 5°C and 12 months at 25°C, the germination of antirrhinum, petunia, impatiens, viola, salvia and dahlia seeds decreased at various levels according to species. Genetic factors can affect longevity in crop seeds (Copeland and McDonald 1995; McDonald 1999). In that sense, some flower seeds do not store well due to the genetics of seed deterioration. McDonald (2005) classified flower seed species into three categories according to their storability as short (less than 1 year), medium (less than 3 years) and long (more than 3 years) storable groups. According to this classification, impatiens, viola and salvia are considered as short-term, and antirrhinum, dahlia, pelargonium, petunia and tagetes were considered as medium-term storable species. Our results are in agreement with these findings (Figure 1). Particularly antirrhinum, salvia, petunia and impatiens were found to be sensitive to seed germination loss during storage in our work.

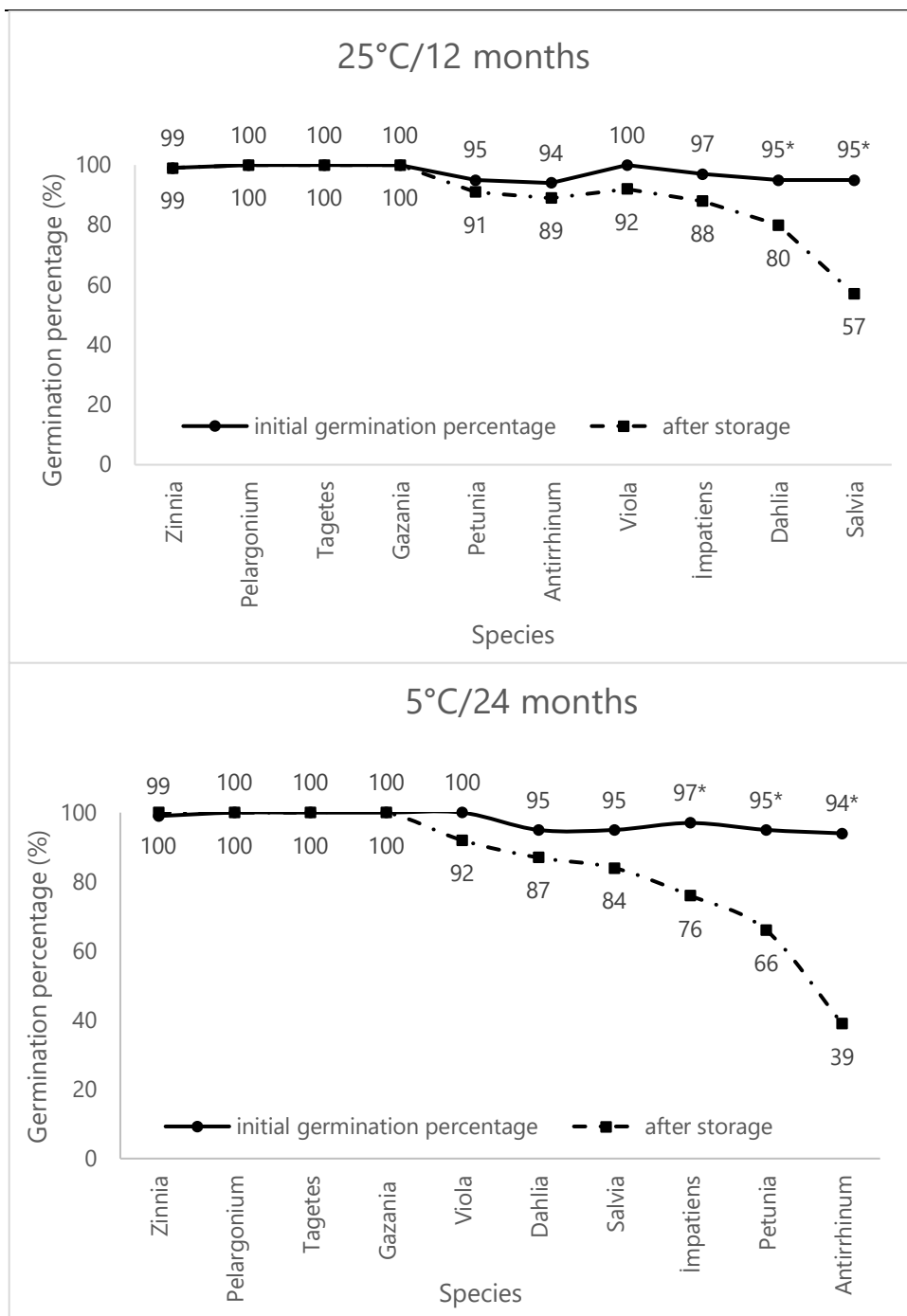


Figure 1. Difference between initial and final seed germination (%) after storage in relation to flower seed species. *: significant at 0.05.

Şekil 1. Çiçek tohum türlerine göre başlangıç ve depolama sonrası tohum çimlenmesi arasındaki (%) fark. *:0.05 önemlilik

Seed size can be another important factor in ageing, as small seeds have a greater surface to volume ratio compared with larger seeds. This results in fast water uptake which makes smaller seeds more prone to deterioration. Such an effect can be particularly observed when seeds are stored at certain relative humidity (Carpenter *et al.*, 1995a). However, we arranged seed moisture to the very close seed moisture (5.8-6.5%) contents and stored them in hermetic (air and waterproof) packets (Table 1). So, in our study various sized seeds remained at the same moisture content throughout the storage. When seeds are stored at various relative humidities, seeds equilibrate to different seed moisture percentages according to their chemical structure (Justice and Bass, 1978). For example, vinca seeds stored at 5 °C and constant 11, 33, 52, 75 and 95% relative humidity will have a moisture content of 4, 6, 8, 11 and 15 %, respectively (Carpenter and Cornell, 1990). At these relative humidities, seeds of other species such as salvia have different seed moisture contents (Carpenter *et al.*, 1995a). This difference in seed moisture may affect longevity.

Some flower seeds such as salvia produce mucilage and polysaccharides around the seed coat. This mucilage attracts water when seeds are stored at high relative humidity, which promotes faster ageing. We observed some

mucilage occurrence around the seed during the germination period. This can be one of the reasons for faster ageing in salvia in our work (Figure 1).

Seed chemical structure is also related to ageing (Copeland and McDonalds 1995). In general, seeds with high oil content such as impatiens exhibit shorter storage life. Our work confirmed that impatiens seeds can be considered in the short storable seed category. Loss of germination in impatiens seeds were 21 and 9% after 24 and 12-month storage at 5 °C and 25 °C, respectively (Figure 1).

Differences in pre-storage maturation level among the seeds are effective on seed longevity (Bewley and Black, 1982). Flower crop seeds produce seeds at various maturation levels due to the inflorescence structures where mature seeds are produced on the bottom and less mature seeds on top of the inflorescence. So, a seed lot contains immature and mature seeds together after once-over harvesting. Then less mature seeds lose germination ability during storage more rapidly than mature ones. We included seed lots with very high initial germination percentages i.e. >94% before storage in all species. So, we aimed to store seed lots that had very high germination level and uniform germination before storage.

The extent of seed ageing affects transplant quality in flower seeds. Fast and rapid seedling emergence is important and valuable in transplant production in bedding plants. The first sign of seed ageing is late and irregular germination which delays healthy and uniform transplant production (Mavi et al., 2010). Storing seeds in hermetic, air and waterproof packets is important. Storing seeds in non-hermetic conditions, i.e. open foil packets in high relative humidity, can culminate in rapid seed deterioration in a short period. In general, ideal seed moisture content for flower seeds is proposed as 5-6% (McDonalds, 2005). In our work we stored seeds at around 6% seed moisture and in that sense at the ideal seed moisture for storage. Even though this moisture is ideal, seeds should be retested for germination when they are stored for a period of more than 1 year. Our work shows that such retests are important particularly for some species such as antirrhinum, salvia, petunia and impatiens seeds (Figure 1).

CONCLUSION

Germination percentages during storage among the flower seeds showed a variation. Pelargonium, gazania, zinnia and tagetes seed lots did not lose germination at all while antirrhinum, petunia, impatiens, viola, salvia and dahlia seeds had lower germination rates at various levels. Hermetic storage at low temperature is important for maintaining high germination in flower seeds but our results indicated that particular attention must be paid to antirrhinum, petunia, impatiens, viola, salvia and dahlia seeds.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that there is no conflict to interests regarding the publication of this article

AUTHORS' CONTRIBUTIONS

İbrahim Demir designed the work, set up the hypothesis, wrote the manuscript, Zeynep Gökdaş did statistical analyses, produced tables and the text, Nazlı İlke Eken Türer find references, improved the manuscript regarding content.

ACKNOWLEDGMENT

This study is based on a project supported by TUBITAK (The Scientific and Technological Research Council of Turkey, Project No:108O381).

REFERENCES

- Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2001). *Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination*. *Nordic Journal of Botany*, 20(5), 598.
- Bewley, J. D., & Black, M. (1982). *Viability, dormancy, and environmental control*, *Physiology and Biochemistry of Seeds*. Springer-Verlag, New York.
- Carpenter, W. J., & Boucher, J. F. (1992). Temperature requirements for the storage and germination of *Delphinium x cultorum* seed. *HortScience*, 27(9), 989-992.

- Carpenter, W. J., Ostmark, E. R., & Cornell, J. A. (1995a). Evaluation of temperature and moisture content during storage on the germination of flowering annual seed. *HortScience*, 30(5), 1003-1006.
- Carpenter, W. J., Ostmark, E. R. & Cornell, J. A. (1995b). Temperature and seed moisture govern germination and storage of gerbera seed. *HortScience*, 30(1), 98-101.
- Carpenter, W. J., & Cornell, J. A. (1990). Temperature and relative humidity recommendations for storing bedding plant seed. University of Florida Bulletin. 893
- Copeland, L. O., & McDonald, M. B. (1995). *Principles of Seed Science and Technology*. Chapman and Hall. New York.
- Doijode, S. D. (2001). *Seed Storage of Horticultural Crops*. Haworth Press, Philadelphia.
- ISTA. (2016). *International Rules for Seed Testing*. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.
- Justice, O. L., & Bass, L. N. (1978). *Principles and Practices of Seed Storage*. United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook 506, Washington DC, USA.
- Mavi, K., Demir, I., & Matthews, S. (2010). Mean germination time estimates the relative emergence of seed lots of three cucurbit crops under stress conditions. *Seed Science and Technology*, 38, 14-25.
- McDonalds, M. B. (1999). Seed deterioration: physiology, repair and assessment. *Seed Science and Technology*, 27, 177-237.
- McDonalds, M. B. (2005). *Flower Seed Longevity and Deterioration*. Flower Seeds Biology and Technology, CABI Publishing, UK.
- Walters, C. (2015). Orthodoxy, recalcitrance and in-between: describing variation in seed storage characteristics using thresholds responses to water loss. *Planta*, 242, 397-406.



Araştırma Makalesi

Ultraviyole-C ve Ultrason Uygulamalarının Domates ve Hıyarda Fide Gelişimi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

Beyhan Kibar

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bolu

Geliş tarihi (Received): 21.10.2020

Kabul tarihi (Accepted): 24.11.2020

Anahtar kelimeler:

Solanum lycopersicum L.,
Cucumis sativus L.,
ultraviyole-C, ultrason, fide

Özet. Günümüzde bitki büyümesini teşvik etmek amacıyla çevre dostu alternatif fiziksel yöntemlere yönelik yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Bu çalışma, fiziksel yöntemler arasında yer alan ultraviyole-C ve ultrason uygulamalarının dünyada ve ülkemizde en fazla yetiştiriciliği yapılan yazlık sebze türlerinden domates ve hıyarda fide gelişimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bitkisel materyal olarak Falcon ve H-2274 domates çeşitleri ile Prima ve Beith Alpha hıyar çeşitlerinin kullanıldığı çalışmada 1) Kontrol, 2) Ultraviyole-C (UV-C), 3) Ultrason (US) ve 4) UV-C+US uygulamaları ele alınmıştır. Çalışmada fide boyu, gövde çapı, kök uzunluğu, fide yaş ve kuru ağırlığı, yaprak sayısı ve klorofil miktarı belirlenmiştir. Araştırma sonucunda UV-C, US ve UV-C+US uygulamalarının kontrole göre fide büyüme parametreleri üzerine olumlu etkilerinin olduğu belirlenmiştir. UV-C+US uygulamasının araştırmada ele alınan 4 çeşitte de fide gelişimi üzerine daha etkili olduğu ve kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında, çeşitlere bağlı olarak fide boyu, fide yaş ağırlığı ve fide kuru ağırlığını sırasıyla %16.99-45.11, %24.82-39.88 ve %37.93-52.63 oranında artırdığı belirlenmiştir. Sonuç olarak, UV-C ve US uygulamaları ile her ikisinin kombinasyonunun domates ve hıyarda fide gelişimini artırmada alternatif bir uygulama yöntemi olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir.

*Sorumlu yazar

beyhan.kibar@ibu.edu.tr

Determination of the Effects of Ultraviolet-C and Ultrasound Applications on Seedling Growth in Tomato and Cucumber

Keywords:

Solanum lycopersicum L.,
Cucumis sativus L.,
ultraviolet-C, ultrasound,
seedling

Abstract. Nowadays, intensive researches are carried out on environment friendly alternative physical methods to promote plant growth. This study was conducted to determine the effects of ultraviolet-C and ultrasound applications, which are among physical methods, on seedling growth in tomato and cucumber, which are the most cultivated summer vegetables in the world and in our country. In the study where Falcon and H-2274 tomato varieties and Prima and Beith Alpha cucumber varieties were used as herbal material, 1) Control, 2) Ultraviolet-C (UV-C), 3) Ultrasound (US) and 4) UV-C+US applications were evaluated. In the study, seedling height, stem diameter, root length, seedling fresh and dry weight, number of leaves and chlorophyll content were determined. As a result of the research, it was determined that UV-C, US and UV-C+US applications had positive effects on the seedling growth parameters compared to the control. It was detected that UV-C+US application was more effective on seedling growth in all 4 varieties discussed in the research. When compared to the control application, UV-C+US application increased seedling height, seedling fresh weight and seedling dry weight by 16.99-45.11%, 24.82-39.88% and 37.93-52.63%, respectively, depending on the varieties. As a result, it was determined that UV-C, US and UV-C+US applications can be used as an alternative application method to increase seedling growth in tomato and cucumber.

GİRİŞ

Domates (*Solanum lycopersicum* L.), patlıcangiller (*Solanaceae*) familyasında yer alan bir sıcak iklim sebzesidir. Domatesin anavatanı Orta ve Güney Amerika'dır. Domates, Akdeniz ülkeleri başta olmak üzere dünya genelinde ekonomik olarak büyük öneme sahip bir sebzedir (Amini ve Ehsanpour, 2005). Meyveleri tüketilen sebzeler arasında yer alan domates içerdiği vitaminler, likopen ve mineral maddeler bakımından insanların vazgeçilmez temel gıdalarından birisidir. Besleyici özelliği ve lezzetinden dolayı dünyada ve Türkiye'de en çok üretilen, tüketilen ve ticareti yapılan sebzelerden biri olan domatesin pek çok kullanım alanı bulunmaktadır. Domates sofralık tüketiminin yanında, salça, ketçap, konserve, turşu, dondurularak, kurutulularak, domates suyu ve domates püresi yapılarak gıda sanayinde kullanılmaktadır (Vural ve ark., 2000). Dünya domates üretiminde Çin, Hindistan ve Amerika ilk üç sırayı paylaşmaktadır. Türkiye, domates üretimi bakımından dünyada 4. sırada yer almaktadır (FAOSTAT, 2018). Ülkemizde 2019 yılı verilerine göre 542.442 da alanda 4.005.935 ton salçalık ve 1.191.772 da alanda 8.836.055 ton sofralık olmak üzere toplam 12.841.990 ton domates üretimi yapılmıştır (TÜİK, 2020). Ülkemiz ekonomisinde çok önemli bir yeri olan domates, yetiştiriciliği yapılan bölgelerde çiftçimizin önemli gelir kaynaklarından birisini oluşturmaktadır. Domates, açıkta ve örtü altında üretilmektedir.

Hıyar (*Cucumis sativus* L.), kabakgiller (*Cucurbitaceae*) familyasına ait olup, dünyada ve ülkemizde en fazla yetiştiriciliği yapılan yazlık sebze türlerinden biridir. Hıyarın anavatanı Hindistan'dır. Hıyar meyveleri esas olarak taze salata ürünü ve turşu şeklinde tüketilmektedir (Sharma ve Hore, 1996). Ayrıca kozmetik ürünlerinde krem ham maddesi olarak kullanılmaktadır (Dhiman ve Prakash, 2005). Hıyar, su oranı oldukça yüksek ve kalorisi düşük olduğu için iyi bir diyet yiyeceğidir. Türkiye hıyar üretimi bakımından dünyada Çin'den sonra 2. sırada yer almaktadır (FAOSTAT, 2018). Ülkemizde 2019 yılı verilerine göre 289.287 da alanda 1.748.157 ton sofralık ve 70.895 da alanda 168.488 ton turşuluk hıyar üretimi olmak üzere toplam hıyar üretimi 1.916.645 ton olarak tespit edilmiştir (TÜİK, 2020). Hıyar ülkemizde hem açıkta hem de örtü altında yaygın olarak yetiştirilen ve ekonomik açıdan önemli bir sebze türüdür.

Sebze üretiminde başarıyı etkileyen en önemli faktörlerden birisi, iyi bir tohum ve bundan elde edilecek kaliteli fidedir. Kaliteli fide ile üretime başlamak hem verimi artırmak hem de kaliteli ürün elde etmek için büyük önem taşımaktadır. Kaliteli bir fide; hastalık ve zararlılardan arı, pişkin ve kuru maddece zengin, 4-5 gerçek yapraklı, taç ve kök gelişimi dengeli, kalın ve kuvvetli bir gövdeye, koyu yeşil yapraklara, canlı ve kuvvetli bir kök yapısına sahip olmalıdır (Vural ve ark., 2000). Birçok sebze türünde, özellikle sera yetiştiriciliğinde zamandan, yerden ve enerjiden tasarruf gibi faktörlerden dolayı, tarlada doğrudan tohum ekimi yerine fide ile yetiştirme yöntemi kullanılmaktadır. Ülkemizde sebze üretiminin artışına paralel olarak son yıllarda sebze yetiştiriciliğinde hazır fide üretimi ve kullanılması da hızla yaygınlaşmaktadır. Türkiye'de toplam sebze fide üretiminin 2017 yılında 2.9 milyar adet olduğu bildirilmektedir. Fide üretimi yapılan sebze türlerinden domates ilk sırayı alırken; bunu marul, biber, lahanagiller, hıyar ve karpuz izlemektedir (Tüzel ve ark., 2020).

Günümüzde tarımsal üretimde toprak, çevre ve insan sağlığının korunması amacıyla alternatif fiziksel yöntemlere yönelik yoğun araştırmalar yapılmaktadır (Vasilevski, 2003). Son zamanlarda bitki büyümesini teşvik etmek için fiziksel yöntemlerinin kullanımına olan ilgi artmıştır. Ekim öncesi fiziksel uygulamalar çimlenme, çıkış, fide ve bitki gelişimi üzerinde faydalı etkiler sağlayabilmektedir (Aladjadjiyan, 2012; Dhanya Thomas ve Puthur, 2017). Fiziksel yöntemler arasında; elektromanyetik dalgalar, manyetik alan, ultraviyole ışınlar, ultrason, iyonlaştırıcı radyasyon (gama ışınları ve X-ışınları), lazer, led ve mikrodalga teknikleri yer almaktadır (Dhanya Thomas ve Puthur, 2017; Rifna ve ark., 2019).

Ultraviyole (UV) ışık, elektromanyetik spektrumun iyonlaşmayan kısmında bulunmakta ve toplam güneş ışığının %8-9'luk kısmını oluşturmaktadır (Frederick, 1993). UV ışığı, X ışınları ile görünür bölge ışınları arasında yer almaktadır (Shetta ve Areaf, 2009). UV ışınları farklı dalga boylarına göre UV-A (320-400 nm), UV-B (280-320 nm) ve UV-C (200-280 nm) olmak üzere 3'e ayrılmaktadır (Katerova ve Todorova, 2009; Shetta ve Areaf, 2009). UV-A dünya üzerine gelen güneş ışığının %6-7'sini oluşturmakta ve UV ışıkları içerisinde en az zararlı etki yaratan ışık olarak değerlendirilmektedir (Hollosy, 2002; Koutchma, 2009). UV-B, toplam spektrumun %1.5'ini oluşturmasına rağmen canlı organizmalarda farklı zararlı etkilere neden olabilmektedir. UV-C, doğal güneş ışığında bulunmayıp, canlılar için oldukça zararlı yapıdadır. UV-C ürünlerin hasat sonrasında yüzey dezenfeksiyonu için kullanılmaktadır. Farklı dalga boylarındaki UV ışınları, bitki büyüme ve gelişimine farklı şekillerde etki yapmaktadır. UV uygulaması bitkilerde morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişimlere neden olabilmektedir (Dhanya Thomas ve Puthur, 2017). Düşük dozlardaki UV uygulamasının tohum çimlenmesi, bitki gelişimi ve verimini artırdığı, karotenoid, antosiyanin, klorofil gibi pigment maddeleri ve fotosentezi teşvik ettiği, antioksidan enzim aktivitesini artırdığı, bitkinin biyotik ve abiyotik stres koşullarına tolerans kazanmasında etkili olduğu bildirilmektedir (Siddiqui ve ark., 2011; Dhanya Thomas ve Puthur, 2017). Tohum veya fidelere düşük seviyelerde UV uygulanması ekolojik olarak güvenli bir yöntemdir ve çevre dostu bir alternatiftir (Dhanya Thomas ve Puthur, 2017).

Ultrason, insanın işitme sistemi tarafından algılanamayan ve 20-100 kHz frekansa sahip mekanik dalgalardır (Awad ve ark., 2012). Son yıllarda, ultrasonik dalgalar tohum dormansisini kırmak, çimlenme özelliklerini iyileştirmek ve ürün üretimini artırmak için etkili bir teknik olarak büyük ölçüde uygulanmaktadır (Ramteke ve ark., 2015). Ultrason genellikle güvenli, uygulanması kolay, ucuz ve çevre dostu bir yöntem olması nedeniyle, diğer fiziksel tekniklere göre büyük bir avantaj sağlamaktadır (Awad ve ark., 2012). Çok sayıda araştırmacı yaptıkları çalışmalarda ultrason uygulamasının tohum çimlenmesi, bitki büyümesi, gelişmesi ve verimi üzerinde teşvik edici etkilerinin olduğunu bildirmişlerdir (Yang ve ark., 2004; Kim ve ark., 2006; Goussous ve ark., 2010; Wang ve ark., 2012). Ultrasonun tohumlar üzerindeki etki mekanizmaları konusunda, suda ultrasonik dalgaların mikro kabarcıklar oluşturarak kaviteasyona neden olduğu, kaviteasyonun tohumun hücre duvarına mekanik bir basınç uyguladığı, bu basıncın tohumun gözenekliliğini artırarak oksijen ve su geçirgenliğini artırdığı, bunun sonucunda hidrasyonun ve enzimatik aktivitelerin artması ile tohumun çimlenme yüzdesi ve hızının arttığı bildirilmektedir (Yaldagard ve ark., 2008).

Dünyada farklı sebze türlerinde yapılan çalışmalar ultrason ve UV uygulamalarının tohum çimlenmesi, fide büyümesi ve bitki gelişimi üzerinde önemli etkilerinin olduğunu ortaya koymuştur (Kacharava ve ark., 2009; Goussous ve ark., 2010; Stratu ve ark., 2010; Fotouh ve ark., 2014; Ouhibi ve ark., 2014; Ramteke ve ark., 2015; Mariz-Ponte ve ark., 2018; Sarı, 2019). Bununla birlikte, ülkemizde bu konuda sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. UV ve ultrason uygulamalarının ülkemizdeki üretim potansiyeli yüksek olan domates ve hıyarda fide gelişimini nasıl etkilediğinin belirlenmesi oldukça önem taşımaktadır. Bu çalışma, hem dünyada hem de ülkemizde yüksek oranda üretilen ve tüketilen sebze türleri arasında yer alan domates ve hıyarda UV-C ve ultrason uygulamalarının fide gelişimi üzerine etkilerini araştırmak amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL VE METOT

Araştırma, Ekim 2019-Aralık 2019 tarihleri arasında, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'ne ait laboratuvar ve iklim odasında yürütülmüştür. Çalışmada bitkisel materyal olarak Falcon ve H-2274 domates çeşitleri ile Prima ve Beith Alpha hıyar çeşitlerinin tohumları kullanılmıştır.

Çalışmada 1) Kontrol, 2) Ultraviyole-C (UV-C), 3) Ultrason (US) ve 4) UV-C+US uygulamaları ele alınmıştır. Domates ve hıyar tohumlarına ekim öncesi çalışmada ele alınan uygulamalar yapılmıştır. Her bir çeşitten 150 tohuma uygulama yapılmıştır. Uygulamalar öncesi tohumlar dezenfeksiyon için %1'lik sodyum hipoklorit (NaClO) içinde 5 dk bekletilmiş ve sonrasında 30 saniye musluk suyunda yıkanmıştır. Kontrol uygulamasında tohumlar dezenfeksiyon sonrası herhangi bir işleme tabi tutulmadan ekilmiştir. Ultraviyole-C uygulamasında 90 cm uzunluğunda, 30 W çıkışlı, 254 nm dalga boyunda ultraviyole ışık veren lamba (Osram HNS 30W) kullanılmıştır. Uygulama kabini içerisinde tohumlara 50 cm mesafeden 30 dakika boyunca UV-C ışık uygulaması yapılmıştır (Kacharava ve ark., 2009). Ultrason uygulamasında 35 kHz, 120-480 W değerlerine sahip 4 L hacminde ultrasonik banyo (Bandelin Sonorex Super RK 102 H Model) kullanılmıştır. Ultrason uygulamasında tohumlar 10 dakika boyunca 35 kHz frekansında ve 20 °C sıcaklıktaki saf su içerisinde bekletilmiştir (Babu ve Swamy, 2012). UV-C+US uygulamasında ise tohumlar 10 dakika boyunca ultrason cihazında bekletilmiş ve daha sonra 30 dakika boyunca UV-C ışık uygulaması yapılmıştır.

Fide yetiştiriciliği, 23 ± 1 °C ortam sıcaklığı, %55-60 nem ve 16 saat ışık / 8 saat karanlık periyoda sahip iklim odasında yapılmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her tekerrürde 10 fide olacak şekilde her iki türden toplam (4 çeşit x 4 uygulama x 3 tekrar x 10) 480 fide yetiştirilmiştir. Domates ve hıyar tohumları 3:1 oranında (v/v) torf:perlit karışımı ile doldurulmuş 45'lik viyollere 1-1.5 cm derinliğe her gözde 1 tohum olacak şekilde ekilmiştir. Tohum ekimi sonrası viyollere kapak olarak vermikülit ilavesi ve ardından sulama yapılmıştır. İlk çıkışlar tohum ekiminden sonraki 2-5 gün içerisinde gözlemlenmiştir. Yetiştirme periyodu boyunca nem durumu kontrol edilerek gerekli görüldüğünde sulama yapılmıştır. Fidelere herhangi bir kimyasal gübre veya ilaç uygulanmamıştır. Tohum ekiminden 30 gün sonra deneme sonlandırılmış ve uygulamaların etkilerini belirlemek amacıyla fideler topraktan kökleri ile birlikte sökülerek fide büyüme parametreleri belirlenmiştir.

Çalışmada fide boyu (cm), gövde çapı (mm), kök uzunluğu (cm), fide yaş ağırlığı (g), fide kuru ağırlığı (g), yaprak sayısı (adet bitki⁻¹) ve klorofil değeri (spad) tespit edilmiştir. Çalışmada fide boyu ve kök uzunluğu cetvel yardımıyla ölçülerek; fide yaş ağırlığı hassas terazide tartılarak; fide kuru ağırlığı etüvde 65 °C'de sabit ağırlığa ulaşana kadar kurutulduktan sonra hassas terazide tartılarak; gövde çapı dijital kumpasla ölçülerek; yaprak sayısı fidelere oluşan gerçek yapraklar sayılarak; klorofil miktarı tam olarak gelişmiş yapraklarda klorofil ölçer (Apogee Chlorophyll Concentration Meter, MC-100) ile belirlenmiştir.

Araştırma sonucunda elde edilen veriler JMP 13.2 istatistik programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. İncelenen özellikler bakımından istatistiki olarak önemli bulunan ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey HSD (Tukey's Honestly Significant Difference Test) çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir.

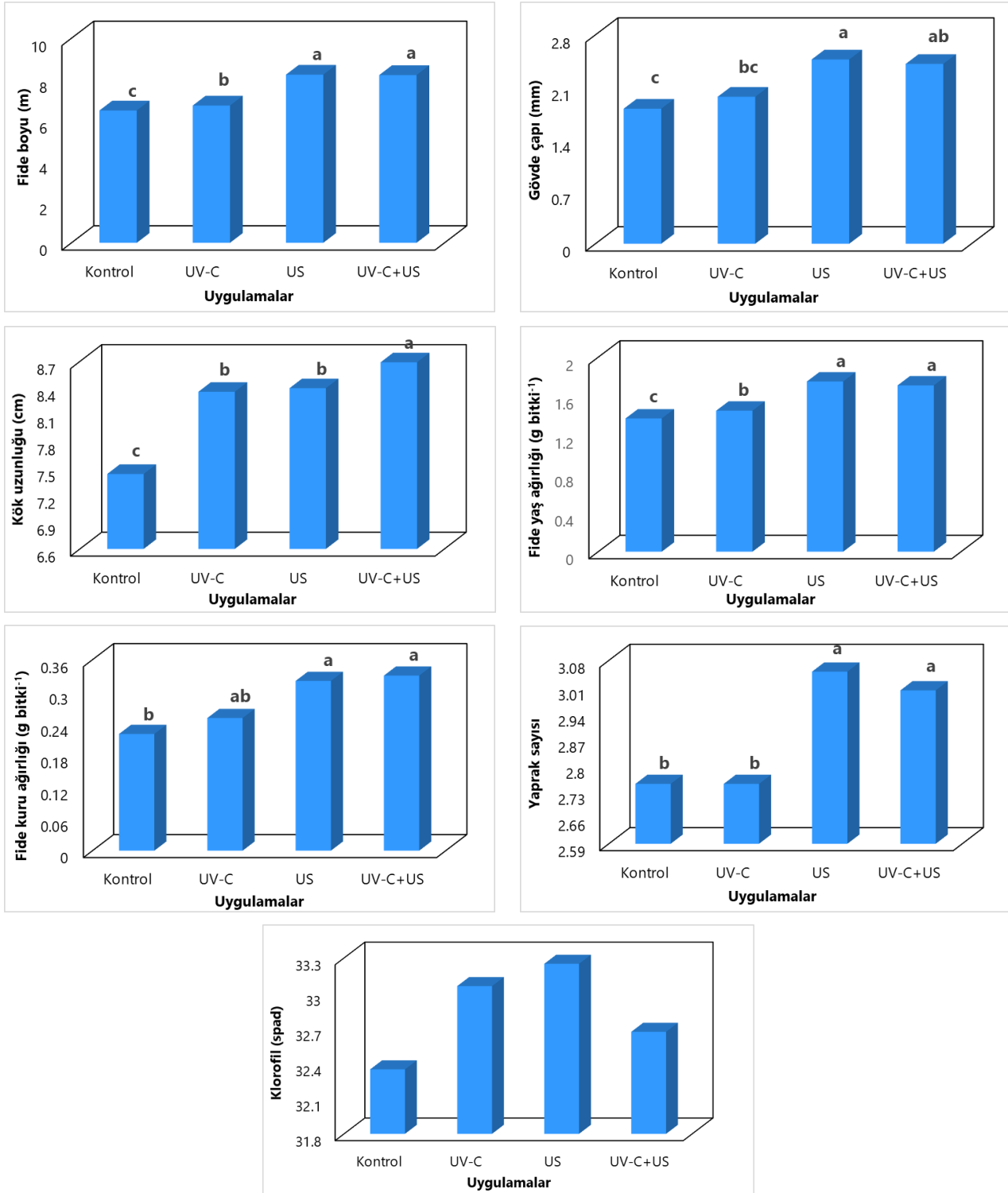
BULGULAR VE TARTIŞMA

Falcon domates çeşidinde farklı uygulamaların fide büyüme parametreleri üzerine etkileri Şekil 1'de verilmiştir. Fide boyu, gövde çapı, kök uzunluğu, fide yaş ağırlığı ve yaprak sayısı bakımından uygulamalar arasındaki farklılıklar $P < 0.01$ düzeyinde önemli; fide kuru ağırlığı bakımından ise uygulamalar arasındaki farklılıklar $P < 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Buna karşılık, klorofil miktarı yönünden uygulamalar arasındaki farklılıkların önemsiz ($P > 0.05$) olduğu tespit edilmiştir. En yüksek fide boyu US ve UV-C+US uygulamalarında (sırasıyla 8.22 ve 8.20 cm) belirlenmiştir. En düşük fide boyu ise kontrol uygulamasında (6.47 cm) saptanmıştır. US ve UV-C+US uygulamaları kontrole göre fide boyunu sırasıyla %27.05 ve %26.74 oranında artırmıştır. En yüksek gövde çapı 2.47 mm ile US uygulamasında belirlenmiş olup, onu istatistiksel olarak aralarında fark olmayan UV-C+US uygulaması (2.41 mm) yakından takip etmiştir. En düşük gövde çapı 1.81 mm ile kontrolde saptanmıştır. Gövde çapı yönünden de ele alınan uygulamalarının kontrole göre önemli artışlar sağladığı tespit edilmiştir. Domates fidelerinde kök uzunluğu 7.44-8.69 cm arasında değişmiş olup, en yüksek UV-C+US uygulamasında, en düşük ise kontrol uygulamasında gözlenmiştir. Fide boyu ve gövde çapında olduğu gibi fide yaş ağırlığı yönünden de en yüksek değerler istatistiksel olarak aynı grupta yer alan US ve UV-C+US uygulamalarında (sırasıyla 1.75 ve 1.71 g) belirlenmiştir. En düşük fide yaş ağırlığı ise kontrolde (1.37 g) tespit edilmiştir. Kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında, US ve UV-C+US uygulamaları fide yaş ağırlığında sırasıyla %27.74 ve %24.82 oranında artış sağlamıştır. Fide kuru ağırlığı bakımından çalışmada ele alınan uygulamalar incelendiğinde, UV-C+US ve US uygulamaları (sırasıyla 0.33 ve 0.32 g) yine ilk sırada yer almış olup, onları istatistiksel olarak aynı grupta yer alan UV-C uygulaması (0.25 g) yakından izlemiştir. En düşük fide kuru ağırlığı ise (0.22 g) kontrolde gözlenmiştir. Domates fidelerinde yaprak sayısı bakımından en yüksek değerler istatistiksel olarak aynı grupta yer alan US ve UV-C+US uygulamalarında (sırasıyla 3.05 ve 3.00) belirlenmiştir. En düşük yaprak sayısı ise istatistiksel olarak aralarında fark olmayan kontrol ve UV-C uygulamalarında (2.75) tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak farklılık göstermemekle beraber klorofil değeri bakımından UV-C, US ve UV-C+US uygulamalarından kontrole göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Falcon domates çeşidinde UV-C, US ve her ikisinin kombinasyonunun incelenen fide büyüme parametreleri üzerinde olumlu etkilerinin olduğu tespit edilmiştir (Şekil 1).

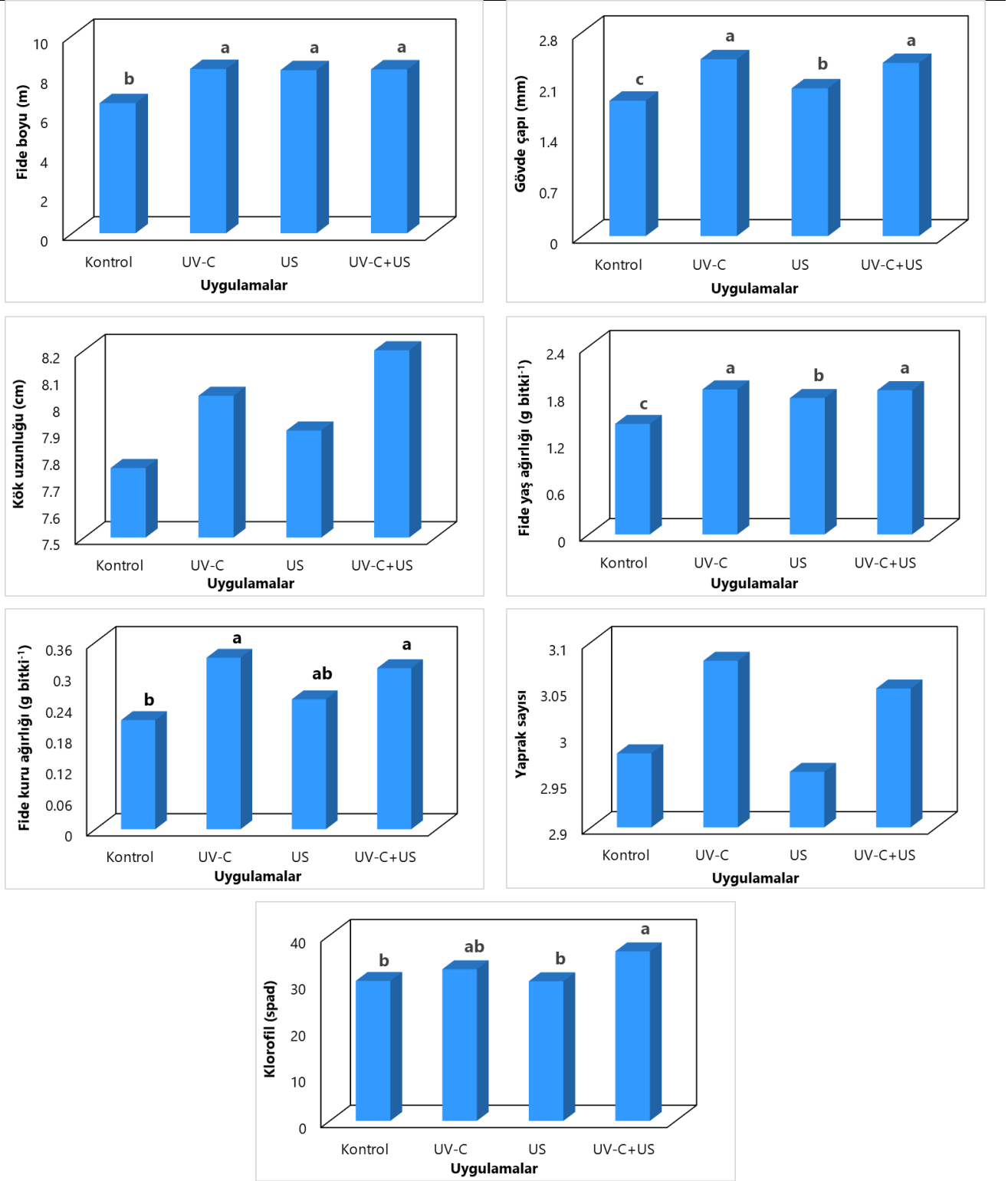
Şekil 2'de görüldüğü gibi H-2274 domates çeşidinde, fide boyu, gövde çapı, fide yaş ağırlığı ve fide kuru ağırlığı bakımından uygulamalar arasındaki farklılıklar $P < 0.01$ düzeyinde önemli; klorofil değerleri bakımından ise uygulamalar arasındaki farklılıklar $P < 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Diğer taraftan, kök uzunluğu ve yaprak sayısına uygulamaların etkisi önemsiz ($P > 0.05$) bulunmuştur. Çalışmada ele alınan uygulamalara bağlı olarak fide boyu ve fide kuru ağırlığı sırasıyla 6.58-8.31 cm ve 0.21-0.33 g arasında değişmiş olup, en yüksek değerler istatistiksel olarak aynı grupta yer alan UV-C, UV-C+US ve US uygulamalarında, en düşük değerler ise kontrolde belirlenmiştir. Nitekim, uygulamalara bağlı olarak kontrole göre fide boyunun %25.38-26.29 oranında ve fide kuru ağırlığının %19.05-57.14 oranında arttığı saptanmıştır. H-2274 domates çeşidinde ait fidelerde gövde çapı ve fide yaş ağırlığı bakımından en yüksek değerler istatistiksel olarak aralarında fark olmayan UV-C (sırasıyla 2.43 mm ve 1.85 g) ve UV-C+US (sırasıyla 2.38 mm ve 1.84 g) uygulamalarında gözlenmiş, en düşük değerler ise kontrolde (sırasıyla 1.86 mm ve 0.21 g) tespit edilmiştir. Çalışmada UV-C ve UV-C+US uygulamaları ile kontrole göre gövde çapında (sırasıyla %30.65 ve %27.96 oranında) ve fide yaş ağırlığında (sırasıyla %31.21 ve %30.50 oranında) önemli düzeyde artışlar sağlanmıştır. Klorofil değeri bakımından UV-C+US uygulaması (36.51 spad) ilk sırada yer almış, UV-C uygulaması onu yakından takip etmiştir. US ve kontrol uygulamaları ise en düşük klorofil içeriğine sahip bulunmuştur. H-2274 domates çeşidinde UV-C, US ve her ikisinin kombinasyonunun kontrole göre kök uzunluğu ve yaprak sayısı hariç incelenen fide büyüme parametrelerini önemli oranda artırdığı belirlenmiştir (Şekil 2).

Prima hıyar çeşidinde farklı uygulamaların fide büyüme parametreleri üzerine etkileri Şekil 3'te verilmiştir. İncelenen tüm özellikler bakımından çalışmada ele alınan uygulamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli ($P < 0.01$) bulunmuştur. Fide boyu, fide yaş ağırlığı, yaprak sayısı ve klorofil içeriği bakımından UV-C+US uygulaması ilk sırada yer alırken, kontrol uygulaması son sırada bulunmuştur. Kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında, UV-C+US uygulaması fide boyunu %45.11 oranında, fide yaş ağırlığını %39.88 oranında, yaprak sayısını %68.09 oranında ve klorofil içeriğini %19.84 oranında artırmıştır. En yüksek gövde çapı istatistiksel olarak aynı grupta yer alan US ve UV-C+US uygulamalarında (sırasıyla 3.12 ve 3.05 mm) belirlenirken, en düşük gövde çapı kontrol ve UV-C uygulamalarında saptanmıştır. Kök uzunluğu 6.82-8.80 cm arasında değişmiş olup, en yüksek US uygulamasında, en düşük ise kontrolde gözlenmiştir. Fide kuru ağırlığı bakımından çalışmada ele alınan uygulamalar incelendiğinde, en yüksek değerler istatistiksel olarak aralarında fark olmayan UV-C+US, US

ve UV-C uygulamalarında (sırasıyla 0.29, 0.28 ve 0.24 g) gözlenmiş, en düşük değer ise 0.19 g ile kontrolde tespit edilmiştir. Uygulamalara bağlı olarak fide kuru ağırlığında kontrole göre %26.32-52.63 oranında artış meydana gelmiştir. Prima hıyar çeşidinde gövde çapı hariç incelenen tüm özellikler bakımından UV-C, US ve UV-C+US uygulamalarından kontrole göre önemli derecede daha yüksek değerler elde edilmiştir (Şekil 3).



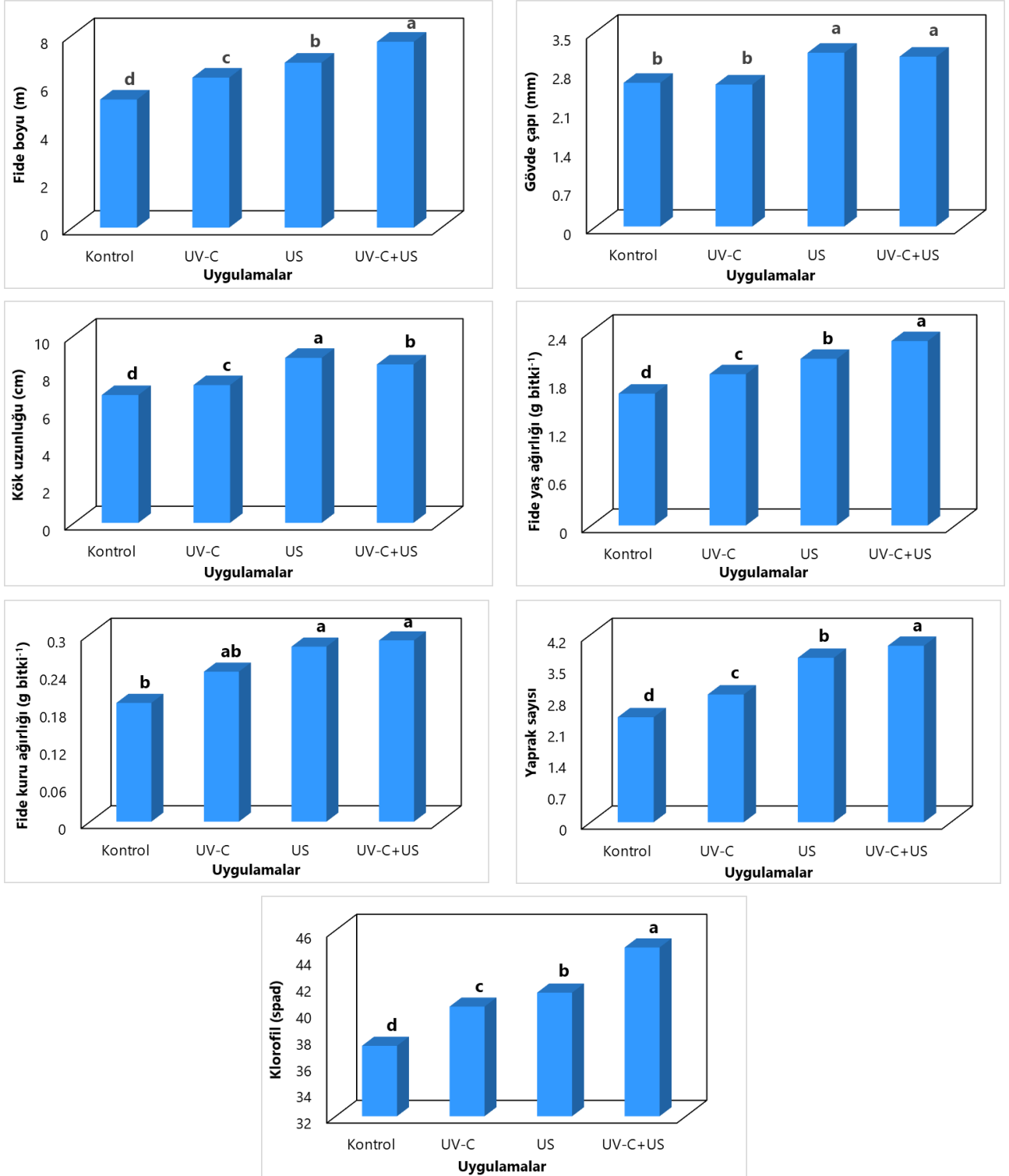
Şekil 1. Falcon domates çeşidinde farklı uygulamaların fide büyüme parametreleri üzerine etkileri.
Figure 1. Effects of different applications on seedling growth parameters in Falcon tomato variety.



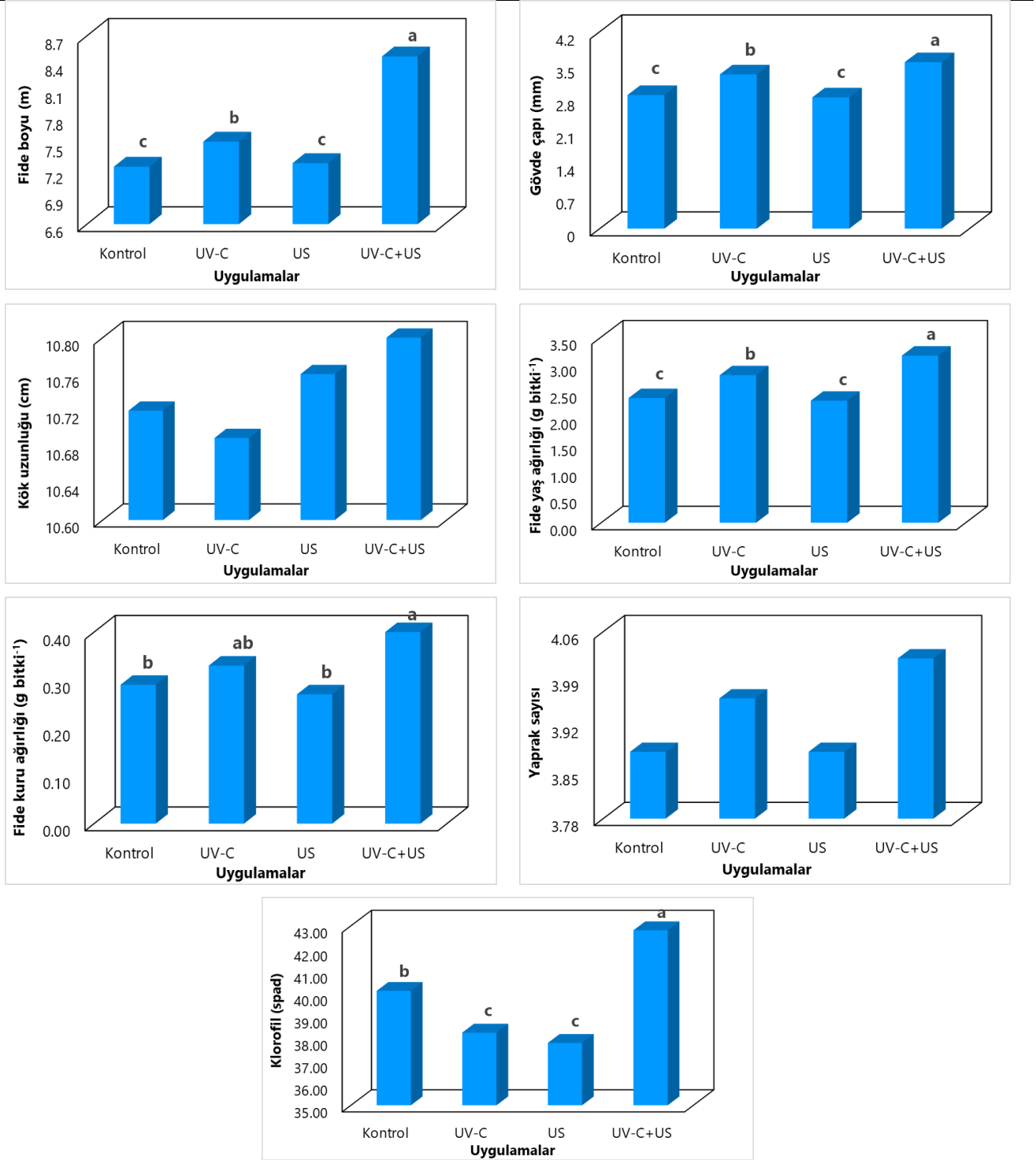
Şekil 2. H-2274 domates çeşidinde farklı uygulamaların fide büyüme parametreleri üzerine etkileri.
 Figure 2. Effects of different applications on seedling growth parameters in H-2274 tomato variety.

Şekil 4'te görüldüğü gibi Beith Alpha hıyar çeşidinde fide boyu, gövde çapı, fide yaş ağırlığı, fide kuru ağırlığı ve klorofil içeriği bakımından uygulamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli ($P < 0.01$) iken, kök uzunluğu ve yaprak sayısına uygulamaların etkisi önemsiz ($P > 0.05$) bulunmuştur. Çalışmada ele alınan uygulamalar incelendiğinde, fide boyu, gövde çapı, fide yaş ağırlığı ve fide kuru ağırlığı bakımından en yüksek değerler UV-C+US uygulamasında (sırasıyla 8.47 cm, 3.55 mm, 3.15 g ve 0.40 g) belirlenirken, en düşük değerler istatistiksel olarak aynı grupta yer alan kontrol ve US uygulamalarında gözlenmiştir. Kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında, UV-C+US uygulaması fide boyunu %16.99 oranında, gövde çapını %24.56 oranında, fide yaş ağırlığını %34.04 oranında ve fide kuru ağırlığını %37.93 oranında artırmıştır. Beith Alpha hıyar çeşidinde klorofil değeri 37.78-42.80 spad arasında değişmiştir. En yüksek klorofil içeriği UV-C+US uygulamasında, en düşük

klorofil içeriği ise istatistiksel olarak aynı grupta yer alan US ve UV-C uygulamalarında saptanmıştır. Beith Alpha hıyar çeşidinde UV-C, US ve UV-C+US uygulamalarının kök uzunluğu ve yaprak sayısı hariç incelenen fide büyüme parametrelerini kontrole göre pozitif yönde etkilediği belirlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 3. Prima hıyar çeşidinde farklı uygulamaların fide büyüme parametreleri üzerine etkileri.
Figure 3. Effects of different applications on seedling growth parameters in Prima cucumber variety.



Şekil 4. Beith Alpha hıyar çeşidinde farklı uygulamaların fide büyüme parametreleri üzerine etkileri.
 Figure 4. Effects of different applications on seedling growth parameters in Beith Alpha cucumber variety.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, önceki çalışmalar ile uyumlu bulunmuştur. UV-C uygulaması yapılan maş fasulyesi tohumlarında çimlenme oranı, fidelerde yaprak alanı, kök, sürgün uzunluğu, kök ve sürgün kuru ağırlığının kontrole göre önemli oranda arttığı belirlenmiştir (Hamid ve Jawaid, 2011). Taze fasulye tohumlarına uygulanan UV-C ile fideler tuzluluk stresine tolerans kazanmış, sürgün ve kök yaş ağırlığında kontrole göre sırasıyla %83 ve %94 oranında artış sağlanmıştır (Fotouh ve ark., 2014). Ouhibi ve ark. (2014) marul tohumlarına UV-C uygulandıktan sonra tuz stresinde yetiştirilen bitkilerde UV-C uygulamasının tuzluluk stresini azaltıcı etkisinin olduğunu; çimlenme oranı, kök uzunluğu, yaprak sayısı, yaprak alanı, kök ve yaprak kuru ağırlığı değerlerini artırdığını bildirmişlerdir. Barbunya fasulyesi, beyaz baş lahana, kırmızı baş lahana ve kırmızı pancar tohumlarına ekim öncesi UV uygulaması kontrole göre bitki boyu, bitki yaş ve kuru ağırlığı ile klorofil içeriğini önemli oranda artırmıştır (Kacharava ve ark., 2009). Benzer şekilde, farklı sebze türlerinde tohum ve fidelere UV uygulamasının çimlenme ve bitki gelişimini pozitif yönde etkilediği ifade edilmiştir (Li ve Kubota, 2009; Siddiqui

ve ark., 2011; El-Shora ve ark., 2015; Kang ve ark., 2018; Mariz-Ponte ve ark., 2018; Sarı, 2019). UV radyasyonunun çimlenme ve fide gelişimi üzerindeki olumlu etkilerinin 400 nm'den düşük dalga boyuna sahip UV ışınlarının görünür ışık fotonlarından daha yüksek enerjiye sahip olmaları ve böylece fotonların hücre yüzeyinde daha fazla etki yaratmasından kaynaklandığı belirtilmektedir (Kovacs ve Keresztes, 2002). Jayakumar ve ark. (2003) UV radyasyonunun indol asetik asit (IAA) üretimini teşvik ederek bitki gelişimini olumlu yönde etkilediğini belirtmiştir. Diğer taraftan, Kara (2013) fasulyede UV-C uygulamasıyla fide boyu, yaprak büyüklüğü, yaprak sayısı ve toplam klorofil içeriğinin kontrole göre önemli oranda azaldığını belirlemiştir. Araştırmacı ayrıca fasulyede UV-C'nin bitki büyümesini ve fotosentezi olumsuz etkilediğini bildirmiştir. Yinan ve ark. (2005) hıyar fidelerinde büyüme ve gelişmenin UV uygulaması ile önemli ölçüde azaldığını ifade etmişlerdir. Aynı şekilde, farklı çalışmalarda UV uygulamasının bitki gelişimine olumsuz etkileri olduğu bildirilmiştir (Noble, 2002; Mahdavian ve ark., 2008; Liu ve ark., 2013; Choudhary ve Agraval, 2014; Zhang ve ark., 2014). Fiziksel uygulamaların bitkilere etkisi bitki türü, çeşidi, bitkinin gelişme safhası, uygulama şekli, uygulama dozu, uygulama süresi gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişmektedir (De Micco ve ark., 2014).

Bu çalışmanın sonuçlarına benzer olarak biberde kısa süreli ultrason uygulamasının tohum çimlenmesi ve fide gelişimine olumlu etkilerinin olduğu bildirilmiştir (Stratu ve ark., 2010). Ultrason uygulaması maş fasulyesinde toplam klorofil içeriğini kontrole göre önemli oranda artırmıştır (Babu ve Swamy, 2012). Domates ve dereotu tohumlarına ultrason uygulamasının kontrole göre çimlenme parametrelerini (çimlenme oranı, kök ve sürgün uzunluğu) artırdığı ifade edilmiştir (Ramteke ve ark., 2015). Goussous ve ark. (2010) bezelye ve karpuzda ultrason uygulaması ile kontrole göre çimlenme oranı ve hızının arttığını, biberde ise azaldığını bildirmişlerdir. Soya fasulyesi tohumlarına ultrason uygulaması çimlenme oranı, sürgün uzunluğu ve sürgün yaş ağırlığını kontrole göre önemli oranda artırmıştır. Bununla birlikte kök uzunluğu ve kök yaş ağırlığı kontrolden daha düşük bulunmuştur (Yang ve ark., 2015). Tohumlara ultrason uygulamalarının havuç (Aladjadjiyan, 2002), bezelye (Ciu ve Sung, 2014), maş fasulyesi (Miano ve ark., 2016) ve brokkoli (Kim ve ark., 2006) gibi sebze türlerinde çimlenmeyi teşvik ettiği bildirilmiştir. Chen ve ark. (2013) ultrason uygulaması ile çimlenme oranının artmasını, ultrason titreşimlerinin enzimlerin hücre duvarından salınmasını ve biyokimyasal metabolizmayı iyileştirmesinden kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Aladjadjiyan (2007) ultrason uygulamasının etkisiyle bitki gelişiminin teşvik edilmesinin, elektron-foton etkileşimleri nedeniyle moleküler enerjinin artmasıyla açıklanabileceğini ifade etmiştir.

SONUÇ

Son zamanlarda bitki büyümesini teşvik etmek için alternatif fiziksel yöntemlerinin kullanımına olan ilgi artmıştır. Fiziksel yöntemler arasında yer alan ultraviyole ışınlar ve ultrason, çimlenme, çıkış, fide ve bitki gelişimi üzerinde faydalı etkiler sağlayabilmekte olup, ekolojik olarak güvenli ve çevre dostu yöntemler olarak ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada, Falcon ve H-2274 domates çeşitleri ile Prima ve Beith Alpha hıyar çeşitlerinde UV-C ve ultrason uygulamalarının fide gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırmadan elde edilen bulgulara göre UV-C, US ve UV-C+US uygulamalarının domateste Falcon çeşidinde klorofil miktarı hariç incelenen tüm fide büyüme parametrelerini, H-2274 çeşidinde ise kök uzunluğu ve yaprak sayısı hariç incelenen tüm fide büyüme parametrelerini kontrole göre önemli oranda artırdığı tespit edilmiştir. Aynı şekilde, UV-C, US ve UV-C+US uygulamaları hıyarda Prima çeşidinde incelenen tüm fide büyüme parametrelerini, Beith Alpha çeşidinde ise kök uzunluğu ve yaprak sayısı hariç incelenen tüm fide büyüme parametrelerini kontrole göre önemli oranda artırmıştır. Genel olarak, UV-C ve US uygulamaları ile her ikisinin kombinasyonunun fide büyüme parametrelerine pozitif yönde etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Uygulamalar değerlendirildiğinde, özellikle UV-C+US uygulamasının araştırmada ele alınan 4 çeşitte de fide gelişimi üzerinde daha etkili olduğu saptanmıştır. Kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında, UV-C+US uygulaması Falcon domates çeşidinde fide boyunu %26.74 ve fide yaş ağırlığını %24.82 oranında; H-2274 domates çeşidinde fide boyunu %25.99, fide yaş ağırlığını %30.50 ve fide kuru ağırlığını %47.62 oranında artırmıştır. Aynı şekilde, UV-C+US uygulaması kontrole göre Prima hıyar çeşidinde fide boyunu %45.11, fide yaş ağırlığını %39.88, fide kuru ağırlığını %52.63 ve yaprak sayısını %68.09 oranında; Beith Alpha hıyar çeşidinde fide boyunu %16.99, fide yaş ağırlığını %34.04 ve fide kuru ağırlığını %37.93 oranında artırmıştır. UV-C, US ve UV-C+US uygulamalarının domates ve hıyarda fide gelişimini artırmada alternatif bir uygulama yöntemi olarak başarılı bir şekilde kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, bu uygulamaların etkinliklerinin arazi koşullarında ve farklı sebze türlerinde daha detaylı olarak incelenmesinin gerekli olduğu düşünülmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazar olarak makalenin planlanması, yürütülmesi ve yazılması konusunda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederim.

YAZAR KATKISI

Yazar olarak makalenin planlanması, yürütülmesi ve yazımı tarafımda yapılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yapılmasında yardımcı olan Doç. Dr. İhsan CANAN'a teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Aladadjjiyan, A. (2002). Increasing carrot seeds (*Daucus carota* L.), cv. Nantes, viability through ultrasound treatment. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 8, 469-472.
- Aladadjjiyan, A. (2007). The use of physical methods for plant growing stimulation in Bulgaria. *Journal of Central European Agriculture*, 3, 369-380.
- Aladadjjiyan, A. (2012). Physical factors for plant growth stimulation improve food quality. In: Aladadjjiyan A (ed) *Food Production: Approaches, Challenges and Tasks*. IntechOpen, 145-168.
- Amini, F., & Ehsanpour, A. A. (2005). Soluble proteins, proline, carbohydrates and Na⁺/K⁺ changes in two tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars under *in vitro* salt stress. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 1(4), 212-216.
- Awad, T., Moharram, H., Shaltout, O., Asker, D., & Youssef, M. (2012). Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. *Food Research International*, 48(2), 410-427.
- Babu, B. S., & Swamy, P. M. (2012). Effect of ultra sound on physiological parameters in cultivars of *Vigna radiata*. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 2(2), 163-172.
- Chen, Y. P., Liu, Q., Yue, X. Z., Meng, Z. W., & Liang, J. (2013). Ultrasonic vibration seeds showed improved resistance to cadmium and lead in wheat seedling. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(7), 4807-4816.
- Choudhary, K. K., & Agrawal, S. B. (2014). Ultraviolet-B induced changes in morphological, physiological and biochemical parameters of two cultivars of pea (*Pisum sativum* L.). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 100, 178-187.
- Ciu, K. Y., & Sung, J. M. (2014). Use of ultrasonication to enhance pea seed germination and microbial quality of pea sprouts. *International Journal of Food Science and Technology*, 49, 1699-1706.
- De Micco, V., Paradiso, R., Aronne, G., De Pascale, S., Quarto, M., & Arena, C. (2014). Leaf anatomy and photochemical behaviour of *Solanum lycopersicum* L. plants from seeds irradiated with low-LET ionising radiation. *The Scientific World Journal*, 2014, 1-14.
- Dhanya Thomas, T. T., & Puthur, J. T. (2017). UV radiation priming: A means of amplifying the inherent potential for abiotic stress tolerance in crop plants. *Environmental and Experimental Botany*, 138, 57-66.
- Dhiman, M. R., & Prakash, C. (2005). Correlation and path coefficient analysis in cucumber. *Haryana Journal of Horticultural Sciences*, 34(1-2), 111-112.
- El-Shora, H. M., El-Farrash, A. H., Kamal, H., & Abdelrazek, A. (2015). Enhancement of antioxidant defense system by UV radiation in fenugreek as medical plant. *International Journal of Science and Research*, 3, 529-535.
- FAOSTAT. (2018). Statistical databases. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://faostat.fao.org>. Erişim tarihi: 15 Eylül 2020.
- Fotouh, A. M. M., Moawad, F. G., El-Naggar, H. A., El-Din, M. T., & Eldeen, H. S. (2014). Influence of seed treatment with UV-C on saline stress tolerance in green beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Biological Chemistry and Environmental Sciences*, 9(2), 391-414.
- Frederick, J. E. (1993). Ultraviolet sunlight reaching the earth's surface: A review of recent research. *Photochemistry and Photobiology*, 57(1), 175-178.
- Goussous, S. J., Samarah, N. H., Alqudah, A. M., & Othman, M. O. (2010). Enhancing seed germination of four crops species using an ultrasonic technique. *Experimental Agriculture* 46, 231-242.

- Hamid, N., & Jawaid, F. (2011). Influence of seed pre-treatment by UV-A and UV-C radiation on germination and growth of Mung beans. *Pakistan Journal of Chemistry*, 1, 164-167.
- Hollosoy, F. (2002). Effects of ultraviolet radiation on plant cells. *Micron*, 33(2), 179-197.
- Jayakumar, M., Amudha, P., & Kulandaivelu, G. (2003). Changes in growth and yield of *Phaseolus mungo* L. induced by UV-A and UV-B enhanced radiation. *Journal of Plant Biology*, 46(1), 59-61.
- Kacharava, N., Chanishvili, S., Badridze, G., Chkhubianishvili, E., & Janukashvili, N. (2009). Effect of seed irradiation on the content of antioxidants in leaves of kidney bean, cabbage and beet cultivars. *Australian Journal of Crop Science*, 3(3), 137-145.
- Kang, S., Zhang, Y., Zhang, Y., Zou, J., Yang, Q., & Li, T. (2018). Ultraviolet-A radiation stimulates growth of indoor cultivated tomato (*Solanum lycopersicum*) seedlings. *HortScience*, 53(10), 1429-1433.
- Kara, Y. (2013). Morphological and physiological effects of UV-C radiation on bean plant (*Phaseolus vulgaris*). *Bioscience Research*, 10(1), 29-32.
- Katerova, Z. I., & Todorova, D. (2009). Endogenous polyamines lessen membrane damages in pea plants provoked by enhanced ultraviolet-C radiation. *Plant Growth Regulation*, 57, 145-152.
- Kim, H. J., Feng, H., Kushad, M. M., & Fan, X. (2006). Effects of ultrasound, irradiation, and acidic electrolyzed water on germination of alfalfa and broccoli seeds and *Escherichia coli* O157: H7. *Journal of Food Science*, 71(6), 168-173.
- Koutchma, T. (2009). Advances in ultraviolet light technology for non-thermal processing of liquid foods. *Food and Bioprocess Technology*, 2(2), 138-155.
- Kovacs, E., & Keresztes, A. (2002). Effect of gamma and UV-B/C radiation on plant cells. *Micron*, 33(2), 199-210.
- Li, Q., & Kubota, C. (2009). Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. *Environmental and Experimental Botany*, 67(1), 59-64.
- Liu, B., Liu, X. B., Li, Y. S., & Herbert, S. J. (2013). Effects of enhanced UV-B radiation on seed growth characteristics and yield components in soybean. *Field Crops Research*, 154, 158-163.
- Mahdavian, K., Ghorbanli, M., & Kalantari, K. M. (2008). The effects of ultraviolet radiation on the contents of chlorophyll, flavonoid, anthocyanin and proline in *Capsicum annuum* L. *Turkish Journal of Botany*, 32(1), 25-33.
- Mariz-Ponte, N., Mendes, R. J., Sario, S., Melo, P., & Santos, C. (2018). Moderate UV-A supplementation benefits tomato seed and seedling invigoration: A contribution to the use of UV in seed technology. *Scientia Horticulturae*, 235, 357-366.
- Miano, C. A., Costa Pereira, J., Castanha, N., Matta Junior, M. D., & Augusto, E. D. (2016). Enhancing mung bean hydration using the ultrasound technology: Description of mechanisms and impact on its germination and main components. *Scientific Reports*, 6, 1-14.
- Noble, R. E. (2002). Effects of UV-irradiation on seed germination. *Science of the Total Environment*, 299(1-3), 173-176.
- Ouhibi, C., Attia, H., Rebah, F., Msilini, N., Chebbi, M., Aarrouf, J., Urban, L., & Lachaal, M. (2014). Salt stress mitigation by seed priming with UV-C in lettuce plants: Growth, antioxidant activity and phenolic compounds. *Plant Physiology and Biochemistry*, 83, 126-133.
- Ramteke, A. A., Meshram, U. P., & Yaul, A. R. (2015). Effect of ultrasonic waves on seed germination of *Lycopersicon esculentum* and *Anethum graveolens*. *International Journal of Chemical and Physical Sciences*, 4, 333-336.
- Rifna, E. J., Ramanan, K. R., & Mahendran, R. (2019). Emerging technology applications for improving seed germination. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 95-108.
- Sarı, M. E. (2019). *Ultraviyole (UV), manyetik alan (MA) ve hidropriming (HP) uygulamalarının biber, lahan, marul ve soğan tohumlarında kalitenin iyileştirilmesinde kullanımı*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Sharma, B. D., & Hore, D. K. (1996). Indian cucumber germplasm and challenges ahead. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 43, 7-12.
- Shetta, D. N., & Areaf, M. I. (2009). Impact of ultraviolet-C radiation on seed germination and chlorophyll concentration of some woody trees grown in Saudi Arabia. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 8, 1-21.
- Siddiqui, A., Dawar, S., Zaki, M. J., & Hamid, N. (2011). Role of ultra violet (UV-C) radiation in the control of root infecting fungi on groundnut and mung bean. *Pakistan Journal of Botany*, 43(4), 2221-2224.
- Stratu, A., Peptanariu, M., Sarghi, V., & Costica, N. (2010). Aspects regarding the behaviour of the *Capsicum annuum* L. species to the ultrasound treatment. *Lucrari Stiintifice*, 53(1), 69-72.
- TÜİK. (2020). Bitkisel üretim istatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr>. Erişim tarihi: 10 Eylül 2020.

- Tüzel, Y., Gül, A., Öztekin, G. B., Engindeniz, S., Boyacı, F., Duyar, H., Cebeci, & E., Durdu, T. (2020). *Türkiye’de örtüaltı yetiştiriciliği ve yeni gelişmeler*. Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi, Ankara.
- Vasilevski, G. (2003). Perspectives of the application of biophysical methods in sustainable agriculture. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 29,179-186.
- Vural, H., Eşiyok, D., & Duman, İ. (2000). *Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme)*. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Wang, Q., Chen, G., Yersaiyiti, H., Liu, Y., Cui, J., Wu, C., Zhang, Y., & He, X. (2012). Modeling analysis on germination and seedling growth using ultrasound seed pretreatment in switchgrass. *Plos One*, 7(10), 1-10.
- Yaldagard, M., Mortazavi, S. A., & Tabatabaie, F. (2008). Application of ultrasonic waves as a priming technique for accelerating and enhancing the germination of barley seed: Optimization of method by the Taguchi approach. *Journal of Institute of Brewing*, 114(1), 14-21.
- Yang, H. B., Ding, W. M., Chen, K. J., & Ding, Y. Q. (2004). Application of ultrasonic technique in agriculture-actuality and prospect. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, 1, 365-370.
- Yang, H., Gao, J., Yang, A., & Chen, H. (2015). The ultrasound-treated soybean seeds improve edibility and nutritional quality of soybean sprouts. *Food Research International*, 77, 704-710.
- Yinan, Y., Yuan, L., Yongqing, Y., & Chunyang, L. (2005). Effect of seed pretreatment by magnetic field on the sensitivity of cucumber (*Cucumis sativus*) seedlings to ultraviolet-B radiation. *Environmental and Experimental Botany*, 54, 286-294.
- Zhang, L., Allen, L. H., Vaughan, M. M., Hauser, B. A., & Boote, K. J. (2014). Solar ultraviolet radiation exclusion increases soybean internode lengths and plant height. *Agricultural and Forest Meteorology*, 184, 170-178.



Araştırma Makalesi

Bolu İli Kiraz ve Vişne Bahçelerinde Belirlenen Zararlı ve Faydalı Türler

Gülay Kaçar*, Abdurrahman Sami Koca

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Bolu

Geliş tarihi (Received): 06.05.2020

Kabul tarihi (Accepted): 01.07.2020

Anahtar kelimeler:

Bolu, kiraz, vişne, zararlılar, doğal düşmanlar

Özet. Kiraz ve vişne, taze ve kuru tüketime sahip ekonomik olarak önemli meyve çeşitleridir. Seben (Bolu), ekolojik özellikleri bakımından meyve üretiminde Bolu'nun en fazla paya sahip ilçesidir. Bu çalışma 2015-2016 yılları arasında Seben ilçesinde bulunan kiraz ve vişne alanlarında bulunan zararlı ve faydalı türleri belirlemek amacıyla yapılmıştır. Örneklemeler mayıs ayından ekim ayı sonuna kadar iki haftada bir kez yapılmıştır. Çalışma sonucunda yedi takıma bağlı 14 familyadan 16 zararlı böcek türü, üç takımından üç familyaya bağlı yedi faydalı tür belirlenmiştir. Zararlı türlerden *Rhagoletis ceraci* L. (Diptera: Tephritidae), *Myzus cerasi* F. (Hemiptera: Aphididae), *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae), *Panonychus ulmi* Koch ve *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae) kiraz ve vişne bahçelerinde yaygın türler olarak bulunmuştur. Faydalılardan ise en yaygın türler olarak *Stethorus gilvifrons* Muls., *Stethorus punctillum* Weise, *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) ve *Chrysoperla carnea* Steph. (Neuroptera: Chrysopidae) belirlenmiştir.

*Sorumlu yazar

gulaysahan@yahoo.com

Pest and Beneficial Species on Cherry and Sour Cherry Orchards in Bolu

Keywords:

Bolu, cherry, sour cherry, pests, natural enemies

Abstract. Cherry and sour cherry are economically important fruit varieties with fresh and dry consumption. Due to ecological features of Seben (Bolu), it is the most fruit producing of Bolu province. This study was carried out to determine the pest and beneficial species in the cherry and sour cherry orchards of Seben between 2015 and 2016. Surveys were done every two weeks from the beginning May to the ending October. A result of this study, 16 insect harmful species from 14 families of seven orders and seven beneficial species from three families of three orders were determined in the cherry orchards. *Rhagoletis ceraci* L. (Diptera: Tephritidae), *Myzus cerasi* F. (Hemiptera: Aphididae), *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae), *Panonychus ulmi* (Koch) and *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae) were found as more common harmful species. *Stethorus gilvifrons* Muls., *Stethorus punctillum* Weise, *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) and *Chrysoperla carnea* Steph. (Neuroptera: Chrysopidae) were determined as the most common natural enemies.

GİRİŞ

Kiraz (*Prunus avium* L.) ve vişne (*Prunus cerasus* L.) ülkemizde geniş alanlarda yetiştiriciliği yapılan ve ekonomik yönden önemli meyve çeşitleridir. Kiraz ve vişne meyveleri genellikle taze olmakla birlikte, kuru ve dondurulmuş olarak da pastalarda, reçel yapımında ve yemeklerde tüketilmektedir. Kiraz ve vişne ağaçlarının kökleri, kerestesi, kabukları, zamkı, yaprakları, çiçekleri, çekirdeği ve meyve sapsarı da farklı sektörlerde kullanım alanı bulmaktadır (Kalyoncu ve ark., 2008). Özellikle meyvelerin antioksidan potansiyele sahip olan melatonin maddesini yüksek miktarda içermesi nedeniyle, e başta yaşlılar olmak üzere meyve suyu tüketiminin teşvik edilmesi gerektiği kaydedilmiştir (Pszczola, 2001).

Anavatanı Güney Kafkasya, Hazar Denizi ve Kuzey-Doğu Anadolu olduğu bildirilen kiraz (Özbek, 1978), dünyada en fazla Türkiye, ABD, Özbekistan, Şili, İran, İtalya ve İspanya tarafından üretilmektedir. Dünyada kiraz üretimi 2018 yılında 2.585.523 ton olup, Türkiye 639.000 ton ile en çok üretime sahip olan ülke olmuştur (FAO, 2020). Ülkemizde hemen hemen her ilimizde kiraz üretimi yapılmaktadır. Kiraz üretiminde 2018 yılı verilerine göre ilk sırada yer alan Konya ili, ülke üretiminin %10.26'sını karşılamakta, İzmir %9.95'i, Bursa %6.16'sı, Manisa %7.29'u ve Amasya %5.80'i olarak takip etmektedir (Tüik, 2020). Vişnenin anavatanı ise Hazar Denizi ile İstanbul arasındaki Kuzey Anadolu dağları olarak bilinmektedir (Özbek, 1978). En fazla vişne üretimi yapan ülkeler ise Rusya, Ukrayna, Polonya, Türkiye, ABD ve Sırbistan şeklinde sıralanmaktadır. Dünyada vişne üretimi ise 2018 yılında 1.529.000 ton olup, Türkiye 184.000 ton ile en çok üretim yapan ülkeler arasında dördüncü sırada yer almaktadır (FAO, 2020). Ülkemizde 2018 yılında en çok vişne üretilen iller sırasıyla Afyon, Konya ve Kütahya'nın toplam vişne üretimi ülke üretiminin %54'ünü oluşturmaktadır (Tüik, 2020). Bolu ilinde yöreye özgü vişne ve kiraz çeşitleri bulunmaktadır. Yöre halkının önemli bir gelir kaynağı olan kiraz ve vişne meyveleri yaş, kuru, hoşafılık ve marmelat üretiminde kullanılmaktadır. Bu ürünler, yerli halkın yanı sıra Bolu ilinin turistik potansiyeli nedeniyle gelen ziyaretçiler tarafından da tercih edilmektedir.

Ülkemizde kiraz ve vişne üretiminde ekonomik kayıplara neden olan önemli zararlı türler bulunmaktadır.. Ülkemizde farklı bölgelerde yürütülen çalışmalarda kiraz ve vişne bahçelerinde zararlı ve faydalı türler belirlenmiştir. İlk olarak Nizamlıoğlu (1957) kirazlarda 28 zararlı tür tespit etmiştir. Daha sonra yapılan çalışmalarda Ege Bölgesi'nde 19 zararlı ve 50 yararlı tür (Ulu ve ark., 1995), Kuzeydoğu Anadolu Bölgesi'nde 43 zararlı ve 28 avcı tür (Özbek ve ark.,1996), Tekirdağ ili ve çevresinde 23 zararlı tür (Özder, 1999), Ulukışla (Niğde)-Pozantı (Adana)'da 86 zararlı ve 21 avcı tür (Ulusoy ve ark., 1999), Elazığ ve Mardin illerinde 36 zararlı, 15 predatör ve 2 parazitoit tür (Çınar ve ark., 2004), Ankara ilinde 21 zararlı, 8 faydalı tür (Özkan ve ark., 2004), Karaman ilinde 15 zararlı ve 9 faydalı tür (Özcan, 2007), Çanakkale ilinde 51 fitofag, 13 predatör ve 6 parazitoit tür (Ertop ve Özpınar, 2011), Diyarbakır ilinde 29 zararlı ve 14 faydalı tür (Kaplan, 2019a) ve son olarak Adana ilinde 26 zararlı türün (Özbek Çatal ve ark., 2020) olduğu kaydedilmiştir. Ayrıca ülkemiz kiraz bahçelerinde familia düzeyinde yapılmış faunistik çalışmalar da bulunmaktadır. Tezcan (1995) Kemalpaşa (İzmir) yöresinde Buprestidae (Coleoptera) familyasından dokuz tür, Tezcan ve Pehlivan (2001) İzmir ve Manisa illerinde Scarabaeidae (Coleoptera) familyasından toplam 17 tür, Tezcan ve Uygun (2003) İzmir ve Manisa illerinde Coccinellidae (Coleoptera) familyasından 14 cinse ait 25 tür, Tezcan ve Yıldırım (2004) Vespidae, Sphecidae, Scoliidae, Megachilidae ve Apidae (Hymenoptera) familyasından 18 tür, Özgen ve ark. (2005) Elazığ ve Mardin illerinde Pentatomidae (Hemiptera) familyasından 6 zararlı tür ve Okyar ve Tezcan (2013) Batı Anadolu Bölgesi'nde Noctuidae (Lepidoptera)'dan 76 tür tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Bu çalışmalar incelendiğinde kiraz üretiminde zarar oluşturan en önemli türlerin Kiraz sineği *Rhagoletis ceraci* L. (Diptera: Tephritidae) ve Elma yaprakbüken *Archips rosanus* L. (Lepidoptera: Tortricidae) olduğu bildirilirken, Yaprakbitleri, Kırmızıörümcekler, Meyve yazıcı böcekleri, Armut kaplanı ve Bakla zınnı gibi zararlıların da kiraz bahçelerinde sıklıkla zarar oluşturan türler olduğu kaydedilmiştir. Bu türler arasında ana zararlı Kiraz sineği olmakla birlikte bazı türlerde zaman zaman ekonomik kayıplara neden olmaktadır

Bolu ilinin önemli meyve üretimini gerçekleştiren Seben ilçesi kiraz ve vişnelerinde zararlı ve yararlı türleri belirlemeye yönelik bugüne kadar çalışma yürütülmemiştir. Bu çalışma kiraz ve vişne alanlarında zararlı ve faydalı faunanın tespit edildiği temel bir çalışmadır. Bu nedenle elde edilen bulgularla, sonraki çalışmalara ve mücadele programlarına temel oluşturulması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışma, Bolu ili Seben ilçesinde kiraz ve vişne bahçelerinde zararlı ve yararlı böcek türlerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla örneklemeler 2015-2016 yılları arasında vejetasyon dönemi boyunca iki haftada bir kez yapılmıştır. Bu bahçelerde örneklemeler Lazarov ve Grigorov (1961) esas alınarak yapılmıştır. Örneklemelerde seçilen her bir ağacın dört yönünden birer adet 50 cm'lik dalda kontroller yapılmıştır. Burada

bulunan yaprak, tomurcuk, çiçek ve meyvelerde ve her ağacın kök boğazı ile gövdesi önce çıplak gözle inceleme yapılmış, böcekler elle veya emgi tüpü (ağız aspiratörü) yardımıyla toplanmıştır. Ayrıca her ağaçtan dört dala toplam 100 defa vurularak 1 m²'lik Steiner hunisi ile örnekleme yapılmıştır. Bu bahçelerde incelemeler esnasında belirlenen yararlı ya da zararlı böcek türlerinin ergin ve ergin öncesi dönemleri, buldukları bitki kısımlarıyla birlikte öncelikle kağıt, sonra polietilen torbalar içerisine konularak buz kutusu içerisinde laboratuvara getirilmiştir.

Laboratuvara getirilen örnekler ayrılmış ve etiketlenmiştir. Ergin öncesi dönemleri laboratuvarında %60-70 nem ve 25 °C sıcaklık, 14:8 (gece:gündüz) koşullarda kültüre alınmış ve erginler elde edilmiştir. Usulüne uygun şekilde iğnelenip, etiketlenen böceklerin bir kısmı koleksiyon çekmecelerine kaldırılırken, diğer kısmı ise konu uzmanlarına teşhis için gönderilmiştir. Bazı örneklerin teşhisleri ise önceden teşhisli materyallerle karşılaştırılarak yapılmıştır. Yumuşak vücutlu böcekler ise %70'lik alkole alınmış ve bu böceklerin preparatları Düzgüneş (1980) esas alınarak yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bolu ili Seben ilçesi kiraz ve vişne bahçelerinde yapılan çalışma sonucunda yedi takıma bağlı 14 familyadan 16 zararlı tür tespit edilmiştir (Çizelge 1). Faydalı türler olarak ise üç takımdan üç familyaya bağlı yedi tür belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 1. Bolu ili Seben ilçesi kiraz ve vişne bahçelerinde belirlenen zararlı türler.

Table 1. Pests of the cherry and sour cherry orchards in Seben of Bolu.

Takım	Familya	Tür
Diptera	Tephritidae	<i>Rhagoletis cerasi</i> L.
	Drosophilidae	<i>Drosophila suzukii</i> Matsumura
Hemiptera	Aphididae	<i>Myzus cerasi</i> F. <i>Myzus persicae</i> Sulz.
	Tingidae	<i>Stephanitis pyri</i> F.
	Issidae	<i>Agalmatium</i> sp.
Acarina	Tetranychidae	<i>Panonychus ulmi</i> Koch <i>Tetranychus urticae</i> Koch
	Lepidoptera	Tortricidae Lyonetiidae
Hymenoptera	Tenthredinidae	<i>Caliroa cerasi</i> L.
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Tropinota hirta</i> Poda
	Scolytidae	<i>Scolytus</i> sp.
	Attelabidae	<i>Rhynchites</i> sp.
	Curculionidae	<i>Anthonomus</i> sp.
Thysanoptera	Thripidae	<i>Frankliniella occidentalis</i> Pergande

Çizelge 2. Bolu ili Seben ilçesi kiraz ve vişne bahçelerinde belirlenen doğal düşmanlar.

Table 2. Natural enemies of the cherry and sour cherry orchards in Seben of Bolu.

Takım	Familya	Tür		
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Stethorus gilvifrons</i> Muls. <i>Stethorus punctillum</i> Weise <i>Coccinella septempunctata</i> L.		
		Dermaptera	Forficulidae	<i>Forficula auricularia</i> L. <i>Forficula smyrnensis</i> Serville <i>Guanchia hincksi</i> Burr
				Neuroptera

Seben ilçesi kiraz ve vişne bahçelerinde Kiraz sineği *R. cerasi*'nin ana zararlı konumunda olduğu, bunun yanı sıra Noktalı Kanatlı *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) ve Yaprakbitleri *Myzus cerasi* F. ve *M. persicae* Sulz. (Hemiptera: Aphididae)'nin de zarara yol açtığı tespit edilmiştir. Bazı bahçelerde ise *Tetranychus urticae* Koch ve *Panonychus ulmi* (Koch) (Acarina: Tetranychidae) zaman zaman önemli zararlı türler olarak ortaya çıkmıştır. Ayrıca Elma yaprakbükten *A. rosanus*, Armut kaplanı *Stephanitis pyri* F. (Hemiptera: Tingidae) ve Kiraz sülüğü *Caliroa cerasi* L. (Hymenoptera: Tenthredinidae)'nin yaygın türler olmakla birlikte ekonomik anlamda önemli olmadıkları belirlenmiştir. Kiraz ve vişne bahçelerinde zararlı ve yararlı türleri belirlemek amacıyla ülkemizin farklı illerinde birçok çalışma yürütülmüştür. Ulusoy ve ark. (1999) Ulukışla-Pozantı (Adana)'da *M. cerasi*, *S. pyri*, *Tropinota hirta* (Poda), *Cetonia aurata* L., *Melolontha albida* Friv., *Polyphylla olivieri* Lap., *Anoxia orientalis* Kryn.

(Coleoptera: Scarabaeidae), *Capnodis tenebrionis* L. (Coleoptera: Buprestidae), *Scolytus rugulosus* Muller (Coleoptera: Scolytidae), *Eusomus ovulum* Germ., *Rhinocyllus* sp. (Coleoptera: Curculionidae), *Rhynchites bacchus* L. (Coleoptera: Rhynchitidae), *A. rosanus*, *C. limacina* ve *R. cerasi* türlerinin ekonomik anlamda zararlı olduğunu ve *Forficula auricularia* L. (Dermaptera: Forficulidae), *Chrysoperla carnea* Steph. (Neuroptera: Chrysopidae), *Coccinella septempunctata* L., *Adalia bipunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae), *Metasyrphus corollae* F. ve *Episyrphus balteatus* DeGeer (Diptera: Syrphidae) türlerinin ise bölgede en fazla bulunan yararlı türler olduğunu bildirmişlerdir. Çınar ve ark. (2004) Elazığ ve Mardin illerinde *S. pyri*, *M. cerasi*, *A. rosanus*, *C. tenebrionis* ve *S. rugulosus*'un ekonomik kayıplara neden olan zararlı türler olduğu ve *C. septempunctata*, *Synharmonia conglobata* L. (Coleoptera: Coccinellidae), *M. corollae*, *C. carnea* ve *Scolothrips longicornis* Priesner (Thysanoptera: Thripidae)'in de bölgede en fazla rastlanılan yararlı türler olduğunu bildirmişlerdir. Özkan ve ark. (2004) Ankara ilinde, *R. cerasi*, *Rhynchites* sp. ve *T. urticae*'nin ekonomik anlamda zararlı tür olduğunu belirlemişlerdir. Özcan (2007) Karaman ilinde, en önemli zararlılar olarak *Lyonetia clerkella* L. (Lepidoptera: Lyonetiidae) ve *T. urticae*'yi ve doğal düşmanlardan ise *S. gilvifrons*'u en yaygın tür olarak bildirmiştir. Ertop ve Özpinar (2011) Çanakkale ilinde çalışmada önemli bulunan zararlı türlerden *R. cerasi*, *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantriidae), *Cydia molesta* Busck (Lepidoptera: Tortricidae) ve *T. hirta*'nın popülasyon değişimlerini takip etmişlerdir. Kaplan (2019a) Diyarbakır ilinde *A. rosanus*, *R. cerasi*, *T. hirta*, *S. pyri*, *M. cerasi*, *C. tenebrionis*, *S. rugulosus* ve *T. urticae*'nin ekonomik yönden zararlı olduğunu ve *C. septempunctata*, *S. conglobata*, *Scymnus pallipediformis* Gunther (Coleoptera: Coccinellidae), *M. corollae* ve *C. carnea*'nin en fazla görülen yararlı türler olduğunu bildirmiştir. Son olarak, Özbek Çatal ve ark. (2020) Adana ilinde *R. cerasi*, *D. suzukii*, *T. hirta*, *S. rugulosus*, *M. cerasi*, *A. rosanus* ve *S. pyri*'nin bölgede yaygın olarak bulunduğu ve zarar yaptığını belirlemişlerdir.

Yine ülkemizde kiraz bahçelerinde familia bazlı yapılan faunistik çalışmalarda ise Tezcan (1995) Kemalpaşa (İzmir) yöresinde Buprestidae (Coleoptera) familyasında tespit ettiği dokuz tür arasından *C. tenebrionis*, *C. carbonaria*, *Agilus roscidus* Kiesw. ve *Sphenoptera simulatrix* Reitter (Coleoptera: Buprestidae) türlerinin daha fazla bulunduğunu bildirmiştir. Tezcan ve Pehlivan (2001) İzmir ve Manisa illerinde *Oxythyrea cinctella* Schm. ve *Caccobius histeroides* Mén. (Coleoptera: Scarabaeidae)'in en çok bulunan türler olduğunu belirlemişlerdir. Tezcan ve Uygun (2003) İzmir ve Manisa illerinde tespit ettikleri Coccinellidae (Coleoptera) familyası türler arasında *Stethorus gilvifrons* Muls., *Scymnus rubromaculatus* Goeze ve *S. subvillosus* Goeze'un daha fazla bulunduğunu bildirmişlerdir. Tezcan ve Yıldırım (2004) yürüttükleri fauna çalışmasında *Vespula germanica* F. *Vespa orientalis* L., *Polistes nimphus* Christ, *P. dominulus* Christ (Hymenoptera: Vespidae) ve *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) türlerinin daha yaygın bulunduğunu bildirmişlerdir.

Bolu ili Seben ilçesinde yaptığımız çalışma ve genel olarak kiraz ve vişne bahçelerinde önceki yıllarda yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde, ekonomik anlamda zararlı olan türlerin benzerlik gösterdiği anlaşılmaktadır. Yapılan çalışmalarda ülkemizde kiraz ve vişne bahçelerinde en fazla zararı belirlenen türlerin *R. cerasi*, *M. cerasi*, *A. rosanus*, *S. pyri*, *T. hirta*, *Scolytus* sp. ve *T. urticae* olduğu bildirilmiştir. Ancak Seben ilçesinde yaptığımız çalışma ile Özbek Çatal ve ark. (2020)'nin Adana ilinde yaptığı çalışmada elde edilen bulgular oldukça benzerlik göstermektedir ve önceki yıllarda yapılan çalışmalara ek olarak bu iki çalışmada kiraz ve vişne bahçelerinde zararlı tür olarak *D. suzukii* tespit edilmiştir. Polifag bir karantina zararlısı olan *D. suzukii* oldukça istilacı bir tür olup, ülkemizde ilk olarak 2014 yılında Erzurum ilinde (Orhan ve ark., 2016), 2015 yılında Ankara ilinde (Önder ve ark., 2016), 2016 yılında Bolu ve Düzce illerinde (Kaçar and Koca, 2017; Kaçar, 2020) ve 2018 yılında ise Çanakkale ilinde (Efil, 2018) tespit edildiği bildirilmiştir.

Seben ilçesi kiraz ve vişne bahçelerinde tespit edilen faydalı türler ise *S. gilvifrons*, *S. punctillum*, *C. septempunctata* ve *C. carnea* en yaygın türler olarak belirlenmiştir. Coccinellidae birçok predatör türe sahip olması sebebiyle tarımsal anlamda önemli familyalardan biridir. Faydalı Coccinellid larva ve erginleri beyazsinek, yaprakbiti, kabuklubit, koşnil, bazı küçük arthropodlar, akarlar ve fungus miselleriyle beslendikleri bildirilmiştir (Uygun, 1981; Yiğit ve Uygun, 1982). *Chrysoperla* türlerinin ise dünyanın birçok yerinde farklı tarım alanlarında yaygın türler olduğu belirtilmiş (Ridgway ve Jones, 1968; Stark ve Whitford, 1987) ve *C. carnea*'nin esas olarak yaprakbitleriyle beslenmekle birlikte hemipter ergin ve nimfleri, lepidopter larva ve yumurtaları, beyazsinekler, kabuklubitler, thripsler, psyllidler ve bazı akarlarla beslenen polifag bir avcı olduğu bildirilmiştir (Şengonca, 1980; Kaya ve Öncüer, 1988). Ayrıca bu çalışmada Forficulidae familyasına bağlı türler de tespit edilmiştir. Forficulid türleri polifag ve omnivor türler olup, genellikle bitki materyalleri ile beslenmelerinin yanı sıra yaprakbitleri, kabuklu bitler, örümcekler, akarlar, bazı böceklerin larva ve yumurtaları ve ölü böcekler ile beslenerek (Haas ve Henderickx, 2002; Maher ve Logan, 2007; Tezcan ve Kocarek, 2009; Kaçar ve Nishikawa, 2014; Nishikawa ve Kaçar, 2018) zararlı türlerin popülasyonlarının artmasını engellemek suretiyle fayda sağlamaktadırlar.

Kiraz ve Vişne Bahçelerinde Önemli Görülen Türlerin Kısa Biyokolojileri

Kiraz Sineği *Rhagoletis cerasi*

Seben ilçesi kiraz ve vişne bahçelerinde *R. cerasi* en yaygın tür olarak belirlenmiştir. Zümreoğlu (1986) Kiraz sineği'nin ülkemizde kiraz yetiştiriciliği yapılan hemen hemen her yerde kirazın ana zararlısı konumunda olduğunu bildirmiştir. Zararlı, mayıs ayı sonlarında kiraz bahçelerinde görülmeye başlanmış ve haziran ayında yoğunluğunu arttırdığı tespit edilmiştir. Zararlının yoğun olduğu yerlerde larva zararı nedeniyle meyve dökümlerine neden olduğu belirlenmiştir. Ulusoy ve ark. (1999) Ulukışla-Pozantı yöresinde Kiraz sineğinin mayıs ayı sonlarında ortaya çıkmaya başladığını ve ağustos ayı ortalarına kadar erginlerini tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Tezcan ve Gülperçin (2000) Manisa ve İzmir illerinde nisan ayı sonunda erginlerin ortaya çıktığını popülasyonun haziran ayı ortalarına doğru azalmaya başladığını bildirmişlerdir. Çanakkale ve Elazığ ili kiraz bahçelerinde Kiraz sineği erginlerinin mayıs ayı başından haziran ayı ortasına kadar görüldüğünü tespit etmişlerdir (Ertop ve Özpınar, 2011; Kaplan, 2019b).

Kiraz Siyah Yaprakbiti *Myzus cerasi* ve Şeftali Yaprakbiti *Myzus persicae*

Myzus cerasi ve *M. persicae*, Seben ilçesi kiraz ve vişne bahçelerinde yaygın olarak bulunan türlerden biridir. Kiraz siyah yaprakbiti ve şeftali yaprak bitinin ülkemizin hemen her bölgesinde bulunduğu bildirilmiştir (Anonim, 2017). Genç sürgün ve yapraklarda beslenerek zarara neden olduğu, yağışlı geçen aylardan sonra yapraklarda kıvrımalara ve fumajine neden olduğu gözlemlenmiştir. Bu türlerin, iklim koşullarına bağlı olarak mayıs ayından itibaren görülmeye başlanmış ve haziran ayının ikinci yarısında en yüksek popülasyona ulaştığı belirlenmiştir. Çınar ve ark. (2004) Elazığ ve Mardin illerinde, Kaplan (2019a) Diyarbakır ilinde Kiraz siyah yaprakbiti'nin nisan ile eylül ayları arasında görüldüğünü bildirmişleridir. Özbek Çatal ve ark. (2020) ise Adana ilinde nisan ayının sonlarından itibaren bahçelerde tespit etmişlerdir.

Kırmızıörümcekler *Tetranychus urticae* ve *Panonychus ulmi*

Kırmızıörümcekler, Seben ilçesi kiraz ve vişne bahçelerinde yaygın olarak bulunmakta olup, haziran ayının ilk haftasından itibaren zararı görülmeye başlanmış, temmuz-ağustos aylarında popülasyonlarının arttığı ve en yüksek popülasyon yoğunluğuna ise ağustos ayının son haftasında ulaştığı tespit edilmiştir. Bu zararlılara ekim ayının ilk yarısına kadar yapraklarda rastlanmıştır. Bu türlerin belirlendiği yapraklarda beslenmesi sonucu zarar yaptığı ve yapraklarda önce beyaz, sonra sarı kahverengi lekeler meydana geldiği gözlemlenmiştir. Ulusoy ve ark. (1999), kirazlarda zararlı olan akar türlerinin mayıs-haziran aylarında görülmesine karşın, esas olarak temmuz ve ağustos aylarında yüksek popülasyonlar oluşturarak önemli zarar meydana getirdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, akarların kiraz ağaçlarındaki zararının yapraklarda ve bir sonraki yılın çiçek tomurcuklarında görüldüğünü, en önemli zararının ise yüksek popülasyon yoğunluklarında bir sonraki yılın meyve çiçeğini oluşturacak tomurcuklarda beslenmesi sonucu meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Kanadı Noktalı Sirke Sineği *Drosophila suzukii*

Drosophila suzukii, Seben ilçesi kiraz ve vişne alanlarında yaygın olarak bulunan türlerden biridir. Zararlı, olgunlaşmış sağlıklı meyvelerde ve yere düşmüş, çürümekte olan meyvelerde beslenmektedir. Erginler yumurtalarını bırakmak için ovipozitörleriyle sağlam meyvelerde zarara neden olmaktadır. Yumurtadan çıkan larvalar meyve içinde beslenmek suretiyle yumuşama ve çürümeye sonucu meyvelerde döküm meydana getirmektedirler. Bu tür esas olarak yumuşak dokulu meyvelere zarar veren polifag bir zararlıdır (Lee ve ark., 2011). Bu türün dişileri, ovipozitörlerinin dişli yapısı nedeniyle sağlam meyvelerde zarara neden olduğu bildirilmiştir (Sasaki ve Sato, 1995). Böylelikle sağlam meyvelerde fiziksel zarar oluşturması sonucu sekonder patojen enfeksiyonlarına yol açarak meyve üretiminde %30-100 oranında verim kaybına neden olduğu kaydedilmiştir (Bolda ve ark., 2010). Bu türün benzeri çalışmalarda Adana, Bolu ve Düzce ili kiraz bahçelerinde de tespit edildiği ve bu bahçelerde kirazlarda ekonomik ölçüde zarar meydana getirdiği bildirilmiştir (Kaçar, 2020; Özbek Çatal ve ark., 2020).

Elma Yaprakbükeni *Archips rosanus*

Elma yaprakbükeni, vişne ve kiraz bahçelerinde daha az yaygın olan türlerdendir. Zararlının larvaları, meyve ağaçlarının birkaç adet yaprağını salgıladığı ipeksi ağlarla birbirine bağlamaktadır. Larva tek bir yaprakta ise yaprağı rulo gibi sarmaktadır. Özder (1999) Tekirdağ ilinde, Ulusoy ve ark. (1999) ise Adana ve Niğde illerinde, Ertop ve Özpınar (2011) Çanakkale ilinde ve Kaplan (2019a) ise Diyarbakır ilinde zararlının kiraz bahçelerinde yaygın ve önemli bir tür olduğunu bildirmişlerdir. Ankara ilinde yapılan bir çalışmada ise zararlının vişnede ekonomik düzeyde zararlı olmadığı (Özkan ve ark., 2004), Elazığ ve Mardin illerinde ise zararlının popülasyon

yoğunluğunun yüksek olduğu kiraz bahçelerinde tüm yapraklara zarar vererek meyve ağaçlarında verim kaybına neden olduğu bildirilmiştir (Çınar ve ark., 2004). Özbek Çatal ve ark. (2020) ise *A. rosanus*'un Adana bölgesinde yaygın görülen ve zarar yapan bir tür olduğunu, ancak ekonomik zarar eşiğine ulaşmadığı için üreticiler tarafından bu zararlıya karşı mücadele yapılmadığını bildirmişlerdir.

Armut Kaplanı *Stephanitis pyri*

Stephanitis pyri, kiraz ve vişne bahçelerinde Mayıs ayı ile Eylül ayları arasında tespit edilmiş, Ağustos ayının son haftası en yoğun olduğu dönem olarak belirlenmiştir. Zararının nimf ve erginleri kiraz yapraklarında beslenmesi sonucu yaprakların alt yüzeyinde pislik ve artıkları ile kaplanmasına neden olmaktadır. Çınar ve ark. (2004) bu zararlıyı Elazığ ve Mardin illerinde Nisan-Eylül aylarında, Kaplan (2019a) ise Diyarbakır ilinde Mayıs-Eylül aylarında tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Ayrıca Çam (1993), söz konusu zararının Tokat ili kiraz bahçelerinde yaygın olarak bulunduğunu bildirmiştir.

Kiraz Sülüğü *Caliroa cerasi*

Kiraz sülüğü Haziran ayının ortalarından sonuna kadar görülmeye devam edilmiştir. Zararının larvaları yaprakların üst epidermisi ile beslenmesi sonucu yapraklar elek gibi bir görünüm oluşturduğu görülmüştür. Erzurum ilinde yapılan çalışmada Kiraz sülüğü'nün ilk ergin çıkışının Haziran ayında başladığını ve Ağustos ayının ilk yarısında ise ikinci dölle ait erginlerin görüldüğü tespit edilmiştir. Ayrıca zarar oranının %87'lere kadar ulaştığı bildirilmiştir (Çalmaşur, 2007).

Bakla Zınnı *Tropinota hirta*

Tropinota hirta, Seben ilçesi kiraz ve vişne bahçelerinde nadir rastlanılan bir tür olup, yalnızca Mayıs ayı başında erginler tespit edilmiştir. Ertop ve Özpınar (2011) Çanakkale ilinde Nisan ayından Mayıs ayı başına kadar bu zararının erginlerini tespit etmişlerdir. Kaplan (2019a) ise Diyarbakır ilinde en yüksek yoğunluğuna Nisan ayı ortasında ulaştığını bildirmiştir. Zararının erginlerinin, meyve ağaçlarının çiçeklerinin dişi ve erkek organlarını, genç yapraklarını, hatta tomurcuk ve meyvelerini yiyerek zarar verdikleri bildirilmiştir (Anonim, 2017).

Meyve Yazıcı Böcekleri *Scolytus spp.*

Meyve yazıcı böcekleri, Seben ilçesi kiraz ve vişne bahçelerinde daha az görülen türlerdendir. Bu zararlılar, kiraz ağaçlarının sekonder bir zararlısı olup genellikle zayıf düşmüş ağaçlarda zarar oluşturmaktadırlar. Yazıcı böceklerin meyve ağaçlarının sürgün ve dallarında kabuk altında galeriler açması zararı sonucu, yaprak ve meyveleri taşıyan buketlerin kuruyarak meyve veremediği ve bu şekildeki kurumalarla gerek o yıl gerekse sonraki yıllarda meyve ve yaprak verecek gözlerde önemli kayıplar olduğu kaydedilmiştir (Tezcan ve Civelek, 1996). Ulusoy ve ark. (1999), Niğde ve Adana illerinde kiraz bahçelerinde *S. rugulosus*'un yüksek popülasyon yoğunluklarında sağlıklı ağaçlara da saldırdığını, zamanında önlem alınmayan ağaçların önce genç dallarında, daha sonra ana dallarında ve gövdesinde kurumalar meydana getirdiğini belirlemişlerdir. Bozkurt ve Özdem (2013), Orta Anadolu Bölgesi (Isparta, Afyon, Çankırı)'nde *S. rugulosus* erginlerinin Mayıs ayı sonu ile Ekim ayı başlarına kadar olan dönemde belirlemişler ve ergin popülasyonunun Haziran ayında tepe noktasına ulaştığını bildirmişlerdir.

Kiraz Yaprak Galeri Güvesi *Lyonetia clerkella*

Lyonetia clerkella, kiraz bahçelerinde daha az sayıda bulunmuştur. Bu zararlı, Ağustos ayının başları ile Eylül ayı sonlarına kadar kiraz bahçelerinde tespit edilmiştir. Özcan (2007) Karaman ilinde *L. clerkella* erginlerini Mayıs-Eylül ayları arasındaki dönemlerde kiraz bahçelerinde bulunduğunu belirlemiştir. Bu zararlı, yapraklarda düzensiz galeriler açarak beslenmekte ve değişik uzunluklarda galerileri beyazımsı veya gri alanlar olarak dışarıdan görülebilmektedir. Rather ve ark. (2017) söz konusu zararının yaprak epidermisine zarar vermeden mezofili tükettiğini bildirmişlerdir.

Çiçek Thrips *Frankliniella occidentalis*

Frankliniella occidentalis, Seben ilçesi kiraz bahçelerinde az tespit edilen türlerdendir. Thysanoptera takımına bağlı türlerin çiçek tomurcuğu, çiçek ve genç meyveler gibi meyve organlarında beslenmesi sonucu dökülmelere, şekil bozukluklarına ve özellikle meyve dokusu üzerinde sert yara dokusuna neden oldukları bildirilmiştir (Atakan, 2009). Ülkemizde kiraz üretim alanlarında Thysanoptera takımına bağlı türler hakkında detaylı çalışmaların bulunmadığını ifade eden Uzun ve ark. (2015), Isparta ilinde çalışma yaptıkları kiraz bahçelerinin %13.54'ünde *F. occidentalis*'i tespit ederek en yoğun thrips türleri arasında olduğunu bildirmişlerdir.

SONUÇ

Bolu ili Seben ilçesi kiraz ve vişne bahçelerinde yapılan çalışma sonucunda 16 zararlı tür ve yedi faydalı tür belirlenmiştir. Tespit edilen zararlı türlerden *R. ceraci*, *M. cerasi*, *D. suzukii*, *P. ulmi* ve *T. urticae* türleri kiraz bahçelerinde yaygın ve sık belirlenen türler olduğu bulunmuştur. Doğal düşmanlardan en yaygın türler olarak ise *S. gilvifrons*, *S. punctillum*, *C. septempunctata* ve *C. carnea* türleri tespit edilmiştir. Kirazın ana zararlısı olan ve kirazda ekonomik ölçüde zarar meydana getiren *R. cerasi* ve yaygın türlerden olan *D. suzukii*, meyve verim ve kalitesini olumsuz etkilemekte ve ürünlerin pazar değerini düşürmektedirler. Söz konusu her iki zararlının kontrolü için meyveler olgunlaştığı zaman geciktirilmeden hasata başlanmalı, hasattan sonra ağaç üzerinde meyve bırakılmamalı ve yere düşen meyveler toplanarak gömülerek imha edilmelidir. Ayrıca her iki zararlı için kitle tuzaklama çalışmaları uygulanarak popülasyonları azaltılabilir. Kimyasal mücadeleye ihtiyaç duyulması halinde ise doğal düşmanların takip edilerek ve zararlının ergin çıkış zamanları dikkate alınarak ilaçlama yapılmalıdır.

Bolu ilinin Seben ilçesi, meyve yetiştiriciliği açısından mikro-klima iklim yapısı nedeniyle meyve üretimi açısından uygun bir ekolojiye sahiptir ve meyve çeşitlerinin yetiştiriciliğinde ön plana çıkmaktadır. Ayrıca meyveciliğin gelişmesi bakımından yeni yatırımlar yapılmıştır. Üreticilerin büyük çoğunluğu zararlılara karşı kimyasal mücadele uygulamaktadır. Pestisit kullanımıyla beraber birçok sorun meydana gelmekte ve ekosistemdeki çeşitlilik önemli oranda etkilenerek doğal dengenin bozulmasına sebep olmaktadır. Bu sebeple, zararlılarla mücadelede kullanılacak kimyasalların çevre dostu olmasına ve doğal düşmanlara zarar vermemesine dikkat edilmelidir. Ayrıca kimyasalların olumsuz etkilerini en aza indirecek alternatif mücadele metotlarına da ihtiyaç duyulmaktadır. Kimyasal mücadeleye alternatif olarak entegre zararlı yönetimi programlarının geliştirilebilmesi için zararlı türlerin doğal düşmanları ile popülasyon dinamiklerinin ortaya konulması ve önemli doğal düşmanların etkinliklerini tespit etmeye yönelik çalışmaların yapılmalıdır. Bu kapsamda da özel bir ekoloji ve coğrafyaya sahip olan ilçede organik meyve üretimini teşvik etmek amacıyla biyolojik mücadele ile biyoteknik mücadele yöntemleri dikkate alınmalıdır. Bu çalışma sonuçları, daha sonra yürütülecek detaylı çalışmalar ile kiraz bahçelerinde gerçekleştirilecek mücadele programlarının oluşturulmasına alt yapı sağlayacaktır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKISI

Arazi çalışmaları ve makalenin yazımı her iki yazarın katkıları ile gerçekleştirilmiştir.

TEŞEKKÜR

Coccinellidae türlerinin teşhisi için Dr. Öğr. Üyesi Derya Şenal (Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik) ve Forficulidae türlerinin teşhisi için Masaru Nishikawa (Ehime University, Japan)'ya teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Anonim (2017). *Kiraz ve Vişne Entegre Mücadele Teknik Talimatı*. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Atakan, E. (2009). Adana ve çevresinde yenidoğru bahçelerinde bulunan Thysanoptera (Trips) türleriyle avcı böceklerin popülasyon değişimleri ve trips zararı üzerine araştırmalar. *Alatarum*, 8(2), 1-7.
- Bolda, M., Goodhue, R. E., & Zalom, F. G. (2010). Spotted wing drosophila: potential economic impact of a newly established pest. *Agricultural and Resource Economics Update*, 13(3), 5-8.
- Bozkurt, V., & Özdem, A. (2013). Orta Anadolu Bölgesinde kiraz ağaçlarında zararlı meyve yazıcıböcek türlerinin (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) tespiti, yoğunlukları ile önemli türün biyolojik kriterlerinin belirlenmesi. *Bitki Koruma Bülteni*, 53(2), 65-76.
- Çalmaşur, Ö. (2007). Erzurum ilinde kiraz sülüğü *Caliroa cerasi* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Tenthredinidae)'nin biyolojisi ve zararı. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38(1), 59-63.
- Çam, H. (1993). Tokat ve çevresinde kiraz, vişne ve idris ağaçlarında bulunan Heteroptera türleri üzerinde araştırmalar. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10, 32-42.

- Çınar, M., Çimen, İ., & Bolu, H. (2004). Elazığ ve Mardin illeri kiraz ağaçlarında zararlı olan türler, doğal düşmanları ve önemlileri üzerinde gözlemler. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 28(3), 213-220.
- Düzgüneş, Z. (1980). *Küçük Arthropodların Toplanması, Saklanması ve Mikroskopik Preparatlarının Hazırlanması*. Gıda Tarım Hayvancılık Bakanlığı Ziraî Mücadele Ziraî Karantina Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Efil, L. (2018). Çanakkale İli çilek alanlarında yeni bir zararlı *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae)'nin yayılış alanları ve bulaşıklığı. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(3), 280-284.
- Ertop, S., & Özpinar, A. (2011). Çanakkale ili kiraz ağaçlarındaki fitofag ve yararlı türler ile bazı önemli zararlıların popülasyon değişimi. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 1(2), 109-118.
- FAO. (2020). Bitkisel üretim istatistikleri <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Erişim tarihi: 02 Mayıs 2020.
- Haas, F., & Henderickx, H. (2002). Dermaptera from Cyprus and Turkey. *Beitraege zur Entomologie Kelttern*, 52(1), 235-239.
- Kaçar, G., & Koca, A. S. (2017). *First recording of spotted wing drosophila in Bolu and Düzce of Turkey and molecular identification*, II. International Iğdır Symposium, Iğdır, Turkey.
- Kaçar, G., & Nishikawa, M. (2014). Forficulidae fauna of olive orchards in the South Eastern and Mediterranean Regions of Turkey. *Journal of the Entomological Research Society*, 16(1), 27-35.
- Kaçar, G. (2020). New records of the parasitoids of *Drosophila suzukii*: molecular identification in newly invaded areas in Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 44(1), 71-79.
- Kalyoncu, İ. H., Ersoy, N., & Kurt, H. (2008). Kiraz (*Prunus avium* L.) yeşil uç çeliklerinin köklenmesi üzerine farklı iba dozları ve nem seviyelerinin etkileri. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 22(46), 68-72.
- Kaplan, M. (2019a). Diyarbakır ili bazı kiraz bahçelerinde bulunan zararlı ve faydalı böcek türleri ile bazı önemli zararlı türlerin doğada görülme zamanı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 17, 283-289.
- Kaplan, M. (2019b). Elazığ ili kiraz üretim alanlarında kiraz sineği (*Rhagoletis cerasi* L.) (Diptera: Tephritidae)'nin yayılışı, doğaya çıkış zamanı, popülasyon gelişimi ve bulaşıklık oranını belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 16, 363-366.
- Kaya Ü., & Öncüer C. (1988). Investigations on the effect of two different food to the biology of *Chrysoperla carnea* (Steph.) (Neuroptera:Chrysopidae) which are reared in laboratory. *Turkish Journal of Entomology*, 12(3), 151-159.
- Lazarov, A., & Grigorov, P. (1961). *Karantina Na Rastenijata Zemizdat*, Sofia, Bulgaria. 258 pp
- Lee, J. C., Bruck, D. J., Curry, H., Edwards, D., Haviland, D. R., van Steenwyk, R. A., & Yorgey, B. M. (2011). The susceptibility of small fruits and cherries to the spotted-wing drosophila, *Drosophila suzukii*. *Pest Management Science*, 67, 1358-1367.
- Maher, B. J., & Logan, D. P. (2007). European earwigs, *Forficula auricularia*, and predation of scale insects in organic and conventionally managed kiwifruit. *New Zealand Plant Protection*, 60, 249-253.
- Nishikawa, M., & Kaçar, G. (2018). *Apterygida albipennis* (Megerle von Mühlfeld, 1825) (Dermaptera: Forficulidae: Forficulinae), a new record for Turkey, with a note on the nomenclatural validity of the species name. *Japanese Journal of Systematic Entomology*, 24(2), 238-242.
- Nizamlioğlu, K. (1957). Türkiye meyve ağacı zararlıları ve mücadelesi. *Koruma Tarım İlaçları AŞ Neşriyatı*, 5, 134-154.
- Okyar, Z., & Tezcan, S. (2013). On the noctuid fauna (Lepidoptera: Noctuidae) of ecological cherry orchards in western Turkey. *Zoology in the Middle East*, 22(1), 95-102.
- Orhan, A., Aslantaş, R., Önder, B. S., & Tozlu, G. (2016). First record of the invasive vinegar fly *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) from eastern Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 40, 290-293.
- Önder, S., Ufuk, U., Orhan, R., Tozlu, G. & Aslantaş, B. (2016). *Anadolu'da yeni bir meyve zararlısı olan Drosophila suzukii'nin kolanizasyon senaryosu*. 23. Ulusal Biyoloji Kongresi, Gaziantep, Türkiye.
- Özbek, S. (1978). *Özel Meyvecilik*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 128, Ders Kitabı: 11, Adana.
- Özbek, H., Güçlü, Ş., & Hayat, R. (1996). Kuzeydoğu tarım bölgelerinde taş çekirdekli meyve ağaçlarında bulunan fitofag ve predatör böcek türleri. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 20, 267-282.
- Özbek Çatal, B., Amangeldi, Z., Çalışkan Keçe, A. F., & Ulusoy, M. R. (2020). Adana ili kiraz yetiştiriciliği yapılan alanlarda belirlenen zararlı böcek türleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 18, 332-337.
- Özcan, R. (2007). *Başyayla (Karaman) ilçesinde kiraz ağaçlarında bulunan zararlı böcekler, akarlar ve doğal düşmanlarının tespiti üzerine araştırmalar*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Özder, N., (1999). *Tekirdağ ilinde kiraz bahçelerinde bulunan doğal düşmanlar ve bunlardan yumurta parazitoiti Trichogramma cacaoeciae March. (Hym.: Trichogrammatidae)'nin yaprak büken türlerinde (Lep.: Tortricidae) doğal etkinliği üzerinde araştırmalar*. Türkiye 4. Biyolojik Mücadele Kongresi, Adana, Türkiye.

- Özgen, İ., Gözüağık, C., Karsavuran, Y., & Fent, M. (2005). Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde antepfıstığı, kayısı, kiraz ve zeytin ağaçlarında bulunan Pentatomidae (Heteroptera). *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(2), 35-43.
- Özkan, C., Gürkan, O., & Hancıoğlu, Ö. (2004). Çubuk (Ankara) ilçesi vişne ağaçlarında zararlı olan türler, doğal düşmanları ve önemlileri üzerinde gözlemler. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 11(1), 57-59.
- Pszczola, D. E. (2001). Antioxidants: from preserving food quality to quality of life. *Food Technology*, 55, 51-59.
- Rather, S., Buhroo, A. A., & Khanday, A. L. (2017). Occurrence of eulophid parasitoids on apple leaf miner *Lyonetia clerkella* Linn. (Lepidoptera: Lyonetiidae) in Kashmir. *International Journal of Entomology Research*, 2(6), 39-43.
- Ridgway, R. L., & Jones, S. L. (1968). Field cage-releases of *Chrysopa carnea* for supression of population of the bollworm and the tobacco budworm on cotton. *Journal of Economic Entomology*, 61(4), 892-897.
- Sasaki, M., & Sato, R. (1995). Bionomics of the cherry drosophila, *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) in Fukushima Prefecture (Japan). *Annual Report of the Society of Plant Protection of North Japan*, 46, 164-172.
- Stark S. B., & Whitford F. (1987). Functional response of *Chrysopa carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) larvae feeding on *Heliothis virescens* (Lep.: Noctuidae) eggs on cotton in field cages. *Entomophaga*, 12(5), 521-527 pp.
- Şengonca, Ç. (1980). *Türkiye Chrysopidae (Neuroptera) Faunası Üzerinde Sistemik ve Taksonomik Araştırmalar*. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Zırai Mücadele ve Zırai Karanatina Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 138 s.
- Tezcan, S. (1995). Kemalpaşa (İzmir) yöresi kiraz ağaçlarında zararlı Buprestidae (Coleoptera) familyası türleri üzerinde araştırmalar. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 19(3), 221-230.
- Tezcan, S., & Civelek, H. S. (1996). *Kemalpaşa (İzmir) yöresi kiraz ağaçlarında zararlı Scolytus rugulosus'un yayılışı, biyolojisi ve zararı üzerinde araştırmalar*. Türkiye III. Entomoloji Kongresi, Ankara.
- Tezcan, S., & Gülperçin, N. (2000). *İzmir ve Manisa illeri ekolojik kiraz üretim bahçelerinin ana zararlılarından Kiraz sineği (Rhagoletis cerasi L.) (Diptera: Tephritidae) ile savaşta sarı yapışkan tuzaklardan yararlanma olanakları*. Türkiye 4. Entomoloji Kongresi, Aydın.
- Tezcan, S. & Pehlivan, E. (2001). İzmir ve Manisa illeri ekolojik kiraz üretim bahçelerinin faunası üzerinde araştırmalar: Lucanoidea ve Scarabaeoidea (Coleoptera) türleri üzerinde bir değerlendirme. *Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38(2-3), 31-37.
- Tezcan, S., & Uygun, N. (2003). İzmir ve Manisa yöresi ekolojik kiraz üretim bahçelerinde saptanan Coccinellidae (Coleoptera) türleri üzerinde bir değerlendirme. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 27(1), 73-79.
- Tezcan, S., & Yıldırım, E. (2004). On the Vespidae, Sphecidae, Scoliidae, Megachilidae and Apidae (Hymenoptera) fauna of ecologically managed cherry orchards in western Turkey. *Perspectives on Biosystematics and Biodiversity. Prof. TC Narendran Commemoration Volume*, 241-247.
- Tezcan, S., & Kocarek, P. (2009). Dermaptera fauna of the ecologically managed cherry orchards in western Turkey. *Munis Entomology & Zoology Journal*, 4(2), 572-576.
- TÜİK. (2020). Bitkisel Üretim İstatistikleri. <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>. Erişim tarihi: 02 Mayıs 2020.
- Ulu, O., Önuçar, A., Zümreoğlu, A., Uzun, S., Ergüden, T. M., Aykaç, K., Kılıç, M., Çakır, O., Ceylan, S., & Koçlu, T. (1995). *Kiraz Bahçelerinde Entegre Mücadele Araştırma Geliştirme ve Uygulama Projesi (1990- 1995 Yılları 1. Dilim Sonuç Raporu)*. Zırai Mücadele Araştırma Enstitüsü, Bornova, İzmir.
- Ulusoy, M. R., Vatansever, G., & Uygun, N. (1999). Ulukışla (Niğde) ve Pozantı (Adana) yöresinde kirazlarda zararlı olan türler, doğal düşmanları ve önemlileri üzerindeki gözlemler. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 23(2), 111-120.
- Uygun, N. (1981). *Türkiye Coccinellidae (Coleoptera) Faunası Üzerinde Taksonomik Araştırmalar*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 157. Bilimsel Araştırma ve İnceleme Tezleri, 48, 110s.
- Uzun, A., Tezcan, S., & Demirözer, O. (2015). Thrips (Thysanoptera) species occurring in cherry orchards in Isparta province of western Turkey. *Linzer Biologisch Beiträg*, 47(1), 963-968.
- Yiğit, A., & Uygun, N. (1982). Adana, İçel ve Kahramanmaraş illeri elma bahçelerinde zararlı ve yararlı faunanın saptanması üzerinde çalışmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 22(4), 163-178.
- Zümreoğlu, A. (1986). *Three years population studies of the European cherry fruit fly (Rhagoletis cerasi L.) with special reference by means of Rebel traps in the western part of Turkey*. Proceeding of the CEC/IOBC, Hamburg, Germany.



Research Article

Evaluation of Turkish Isolates of Entomopathogenic Fungi Against the Adults of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae)*

Sevim Atmaca¹, Ebubekir Yüksel^{2*}, Ramazan Canhilal²

¹Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Bozok University, Yozgat, Turkey

²Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Erciyes University, Kayseri, Turkey

Geliş tarihi (Received): 03.06.2020

Kabul tarihi (Accepted): 31.08.2020

Keywords:

Stored products, *Sitophilus oryzae*, *Fusarium* spp., *Beauveria bassiana*, *Purpureocillium lilacinum*

Abstract. In this study, insecticidal effects of 13 Entomopathogenic fungi (EPF) isolates recovered from Adana Province [Nine *Fusarium* spp., three *Beauveria bassiana* (*B. bassiana*) and one *Purpureocillium lilacinum* (*P. Lilacinum*) isolates] was tested against the adults of *Sitophilus oryzae* (*S. oryzae*) (L.) (Coleoptera: Curculionidae) under controlled conditions at 25±2 °C. Single (1x10⁷conidia mL⁻¹) and multiple-dose (1x10⁵, 1x10⁶, 1x10⁷, 1x10⁸ ve 1x10⁹ conidia mL⁻¹) experiments were conducted and mortality rates were recorded on 5th, 7th, 9th and 14th days after treatment (DAT). *P. lilacinum*-224, *B. bassiana*-310 and *Fusarium* sp.-339 were the most efficient isolates in single-dose experiments and included in the multiple-dose bioassay. All the isolates caused high mortality (%100) at both 1x10⁸ and 1x10⁹ doses 14th DAT in the multiple-dose experiment. The calculated LC₅₀ and LC₉₅ values of the selected isolates were ranged between 889 and 16.231 conidia adult⁻¹. The results showed that all isolates tested in multiple-dose experiments have a great potential for the control of the adults of *S. oryzae*. However, further studies are needed to reveal their efficacy under storage conditions.

*Corresponding author:

ebubekiryuksel@erciyes.edu.tr

Yerel Entomopatojen Fungus İzolatlarının *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) Erginleri Üzerindeki Etkinliklerinin Değerlendirilmesi

Anahtar kelimeler:

Depolanmış ürünler, *Sitophilus oryzae*, *Fusarium* spp., *Beauveria bassiana*, *Purpureocillium lilacinum*

Özet. Bu çalışmada, Adana ilinden elde edilen 13 Entomopatojen fungus (EPF) izolatının [dokuz *Fusarium* spp., üç *Beauveria bassiana* (*B. bassiana*) ve bir *Purpureocillium lilacinum* (*P. Lilacinum*)] insektisit etkisi *Sitophilus oryzae* (*S. oryzae*) (L.) (Coleoptera: Curculionidae) erginlerine karşı kontrollü koşullar altında 25±2 °C'de test edilmiştir. Tekli (1x10⁷conidia mL⁻¹) ve çoklu doz (1x10⁵, 1x10⁶, 1x10⁷, 1x10⁸ ve 1x10⁹ conidia mL⁻¹) denemeleri yapılmış ve ölüm oranları uygulamadan sonraki 5., 7., 9. ve 14. günlerde kaydedilmiştir. Tekli doz denemelerinde en etkili izolatlar olarak *P. lilacinum*-224, *B. bassiana* -310 ve *Fusarium* sp.-339 izolatları olmuştur ve bu izolatlar çoklu doz denemelerine dahil edilmişlerdir. Tüm izolatlar, çoklu doz denemelerinde 1x10⁸ ve 1x10⁹ uygulama dozunda uygulamadan sonraki 14. günde yüksek ölüm oranı (% 100) meydana getirmişlerdir. Seçilen izolatların hesaplanan LC₅₀ ve LC₉₅ değerleri 889 ve 16.231 conidia ergin⁻¹ arasında değişmiştir. Sonuçlar, çoklu doz denemelerinde test edilen tüm izolatların, *S. oryzae* erginlerinin kontrolünde büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermiştir. Bununla beraber, bu izolatların depo koşulları altında etkinliklerini belirlenmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

**This article was produced from a master's thesis published in 2016.

ORCID ID (By author order)

0000-0001-8568-3469 0000-0002-6982-5874 0000-0002-0753-0077

INTRODUCTION

Stored product pests can have a large economic impact on stored cereals products and between 5 and 15% of annual post-harvest yield losses occur due to damaging activities of stored product pests (Hagstrum *et al.*, 1996). The rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.) (*S. oryzae*) (Coleoptera: Curculionidae), is one of the primary stored-grain insect pests in storage environments and can give rise to great yield losses by decreasing the weight, quality, and commercial value of grains. The control of this pest is quite challenging due to the internal feeding habits of larval stages and reproductive potential of the adults under favorable conditions. Chemicals used in the chemical control of this pest such as phosphine are known to pose serious threats to warm-blooded animals including humans, environment and non-target organisms. Also, the susceptibility of different stages of *S. oryzae* to the chemicals currently in use has been reported to be gradually decreasing (Fields and White, 2002; Boyer *et al.* 2012). Therefore, many researchers are in search of eco-friendly control methods in the control of *S. oryzae* (Lee *et al.*, 2001; Athanassiou *et al.*, 2004; Ashamo, 2006; Koutsaviti *et al.*, 2018; Çolak *et al.*, 2019).

Fungal entomopathogens are natural suppressants of insect populations and possess the ability to infect and kill arthropods. Entomopathogenic fungi (EPF) are one of the successful biological control agents of many insect pests and have been studied intensively by many researchers (Lacey *et al.*, 2011; Mnyone *et al.*, 2011; Skinner *et al.*, 2012; Gabarty *et al.*, 2014; Altinok *et al.*, 2019; Canassa *et al.*, 2019). One of the possible usage areas of EPF is the crop storage facilities and screening studies of high-virulent entomopathogenic fungal strains have been accelerated in the last decades (Saranya *et al.*, 2010; Perinotto *et al.*, 2012; Shahid *et al.*, 2012; Cuthbertson and Audsley, 2016; Ausique *et al.*, 2017). Recent studies have revealed the potential of EPF against the stored product pests including *S. oryzae* (Dal Bello *et al.*, 2000; Cherry *et al.*, 2005; Khashaveh *et al.*, 2011; Rumbos and Athanassiou, 2017; Yuksel *et al.*, 2017; Batta, 2018; Ahmed *et al.*, 2019). Although *Beauveria bassiana* is one of the well-studied EPF, control potential of *Purpureocillium lilacinum* and *Fusarium* sp. are less frequently studied in the control of stored product pests.

In the present study, the control potential of thirteen EPF isolates obtained from Adana province (9 *Fusarium* spp., 3 *Beauveria bassiana* and 1 *Purpureocillium lilacinum*) were tested on the adults of *S. oryzae*. Also, the germination rates, spore production and the effect of temperature on mycelial growth and on spore production were determined for the most effective isolates in the pathogenicity tests.

MATERIAL AND METHOD

Source of Insects

The adults of *S. oryzae* were obtained from the Plant Protection Department of Agricultural Faculty, Erciyes University and cultured in glass jars (1 l volume) with 200 g of wheat at 27 ± 2 °C under dark conditions. The jars were covered with a perforated lid allowing air flow and each jar was observed daily to collect newly emerged adults. Only one-week-old adults (males and females) were used in the experiments.

Fungal Isolates

Nine isolates of *Fusarium* spp., three isolates of *Beauveria bassiana* (*B. bassiana*) and one isolate of *Purpureocillium lilacinum* (*P. Lilacinum*) were used in the experiments (Table 2). All the isolates tested were recovered from Adana province (Turkey). Morphological identification of fungal isolates was made under a microscope according to the criteria suggested by Humber (1997) and verified by Dr. Richard Humber (United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service). The isolates were grown on PDA in 9 cm diameter Petri dishes and maintained in darkness at 25 ± 2 °C for 14 days for the completion of sporulation. Fungal conidia were concentrated by scraping from the conidial layer using a sterile scalpel and harvested by flooding the Petri dishes with sterile distilled water containing 0.01% (v/v) Tween 20 (Sigma Chemical, St. Louis, Mo, USA) and shaking with a glass rod. The conidial concentration was calculated with a hemocytometer and set up to 7×10^6 conidia mL⁻¹ after the filtration of the suspension through a sieve (60-mesh) to separate hyphae and substrate.

Bioassays

A single-dose (1×10^7 conidia mL⁻¹) experiment was carried out in Petri dishes (9 cm diameter) including filter paper to evaluate the pathogenicity of each isolate. Randomly selected twenty *S. oryzae* adults were put into each Petri dish and 1 mL of aqueous conidial suspension was added with the help of a sterile perfume sprayer. The adults from each treatment were put into untreated Petri dishes containing 10 g of intact wheat after kept

for 24 h post-inoculation without food at 25 ± 2 °C, $70\pm 5\%$ RH. The Petri dishes were observed at 5th, 7th, 9th, and 14th days after treatment (DAT) to distinguish the dead individuals (Dal Bello et al., 2000; Kavallieratos, 2014). Each treatment replicated four times for each isolate and only Tween 20 in distilled water (0.01%) was applied to control treatments. The dead adults were surface-sterilized in 1% sodium hypochlorite solution, washed 3 times with sterile water and then placed on moistened filter paper. The adults with the hyphal growth characteristics were counted as fungi-infected after the cadavers were kept in darkness for one week at 25 ± 2 °C (Ali-Shtayeh, 2003).

In the multiple-dose experiments five conidial concentrations (1×10^5 , 1×10^6 , 1×10^7 , 1×10^8 , and 1×10^9 conidia mL^{-1}) of the most effective three isolate was evaluated on twenty adults of *S. oryzae*. The mortality rates of the adults were recorded on the 5th, 7th, 9th, and 14th and the infection of isolates were confirmed following the aforementioned procedure. Mycosis values of EPF on *S. oryzae* were calculated by the ratio of adults. Suspensions of 0.5% (w/w) of formulations or 0.1% (w/w) of unformulated conidia in sterile distilled water were prepared and then diluted 100-fold. Twenty-five microliters were gathered from the above diluted suspensions then spread in a thin layer on the surface of glass slides kept in Petri dishes under humid conditions at 25 ± 2 °C for 24 h. The germinations of conidia were evaluated 24 h post-inoculation by calculating germinated and nongerminated conidia under the microscope (400X). The average germination percentage of the counted conidia was calculated for each sample. Total germination percentage is calculated by counting 100 spores from each sample. Germ tube spores are widely regarded as germinated spores. Spore suspension was applied to the adults by spray inoculation method set to 1×10^6 mL^{-1} and the weevils were kept at 25 ± 2 °C for 7 days. The dead insects have been harvested for hydration for sporulation. Spore production was determined afterwards. To determine this, a total of 15 infectious insects (5 infectious insects for each repeat) were thrown separately into sterile 0.01% Tween 20 solution, with 3 replicates for each fungus. The numbers of spores were determined by hemocytometer after it was vortexed for a minute to facilitate the passage of spores into the water. Media were dispensed in 90 mm diameter Petri dishes and were centrally inoculated with 6 mm agar plugs from 7-day-old PDA cultures of fungal isolates. Three replicate dishes of each medium for each fungal isolate were incubated for 7 days at 10, 15, 20, 25, 30, and 37 °C in darkness. Radial mycelial growth was then recorded as the mean of two perpendicular radii minus the radius of the inoculum plug. Radial mycelial growth rate was calculated in mm/day. Spores production tested for six temperatures including 10, 15, 20, 25, 30, and 37 °C with three replicates/temperature combination on PDA supplemented. At the end of the mycelial growth study (14th day) spores were harvested by flooding the plates with 10 mL of distilled water and scraping the surface of the colonies with a glass slide. The suspensions were filtered through a layer of sterile tissue papers and spore concentration in the suspension from three colonies/temperature was determined using a hemocytometer.

Statistical Analysis

In the pathogenicity bioassays, mortality data set were subjected to analysis of variance (ANOVA) using SPSS (2013) after checked for normal distribution and adjusted using arcsine transformation. Means were separated by using the Tukey test ($P \leq 0.05$). Lethal concentration values (LC_{50} and LC_{95}) of each isolate was determined using Probit analysis.

RESULTS AND DISCUSSION

In order to obtain EPF, 80 soil samples in total were taken from different habitats of Adana Province and thirteen of them were found positive (16.2%). Nine isolates were identified as *Fusarium* sp., three were *Beauveria bassiana*, and one was *Purpureocillium lilacinum*. EPF were isolated from all habitats soil samples taken and Orchard/Vineyard habitats showed a higher recovery frequency (22%) than the others (Table 1). All the isolates caused great mortality on the adults of *S. oryzae* varying between 47% and 98% at 14th DAT and fungal species showed great variability in virulence against the adults of *S. oryzae* (Table 2). Mortality rates generally increased as the DAT increased in the single-dose experiment. *Beauveria bassiana*-310 and *Fusarium* sp.-339 were the most efficacious isolates at 5th-7th DAT and at 9th-14th DAT, respectively. *Purpureocillium lilacinum*-224 performed better than the most of the isolates at the days after application (Table 3). There was no mortality in the control treatments. Post-mortem mycelial and conidial growth confirmed that most of the adults died of the EPF application. The external mycelium emerged within 8 days after keeping the dead adults on a damp filter paper. The highest rate of mycosis (35%) was achieved by *B. bassiana*-310 isolate at the 7th and 14th DAT (Table 4). Three most virulent isolates were selected after the single-dose experiment and included in

the multiple-dose experiment (*B. bassiana*-310 isolate, *Fusarium* sp.-339 isolate, and *P. lilacinum*-224 isolate) (Table 5, 6, 7, 8).

Table 1. Distribution of EPF in soil by geographical location, crop, and percentage frequency of isolates.

Çizelge 1. Entomopatojen fungus izolatlarının izole edildikleri coğrafi konumu, tarımsal ürün ve izolasyon yüzdesine göre dağılımı.

Sample code	Location	Habitats (Number of positive samples/ Number of samples tested)*					% F	% B	% P	% EPF
		Pasture	Vegetable	Orchard/ vineyard	Cropland	Forest				
165	Bahçeköy-Karataş	0/1	1(F)/4	0/1	0/3	-	11.1	0.0	0.0	11.1
195-213	Ceyhan	1(B)/5	-	1(F)/7	0/11	0/2	4.0	4.0	0.0	8.0
224	Mansurlu -Kozan	-	-	1(P)/1	0/1	-	0.0	0.0	50.0	50.0
251-252	Karaömerli-Sarıçam	1(F)/1	-	1(F)/1	0/1	-	66.7	0.0	0.0	66.7
307-310	Çukurova	0/1	1(B)/4	1(B)/5	0/4	0/2	0.0	12.5	0.0	12.5
327-328-334	Karaisalı	1(F)/3	0/2	0/2	0/5	2(F)/6	16.7	0.0	0.0	16.7
339	Feke	-	-	1(F)/5	0/1	-	16.7	0.0	0.0	16.7
452	Kahramanmaraş, Afşin, Alipınar	-	-	-	1(F)/1	-	100.0	0.0	0.0	100.0

*F: *Fusarium* spp., B: *Beauveria bassiana*, P: *Purpureocillium lilacinum*.

Table 2. MANOVA parameters for the main effects and associated interactions for the mortality rates of the adults *Sitophilus oryzae*.

Çizelge 2. *Sitophilus oryzae* erginlerinin ölüm oranları için ana faktörler ve interaksyonlarının çok değişkenli varyans analizi (MANOVA).

Source*	5 th DAT			7 th DAT			9 th DAT			14 th DAT		
	df	F	P	df	F	P	df	F	P	df	F	P
F	2	41.976	0.000	2	35.670	0.000	2	56.078	0.000	2	69.392	0.000
C	4	127.449	0.000	4	199.269	0.000	4	299.428	0.000	4	406.465	0.000
F*C	8	2.503	0.024	4	2.097	0.056	8	1.703	0.124	8	20.902	0.000

*DAT: Days after EPF-treatment, F: Entomopathogenic fungi isolates, C: Concentrations, F: F-statistic, P: Probability for significant level and df: the degree of freedom. *Calculated P-value \leq 0.05 indicates that the source of variation in mortality of adult *S.oryzae* was significant.

Table 3. Mortality rates of thirteen EPF isolates on the adults of *Sitophilus oryzae* at the 5th, 7th, 9th and 14th days after treatment (DAT) in the single-dose experiment (1×10^7 conidia mL⁻¹) at 25 \pm 2°C.

Çizelge 3. On üç entomopatojen fungus izolatının tek doz denemelerinde (1×10^7 conidia mL⁻¹) 25 \pm 2 °C'de uygulamadan sonraki 5., 7., 9. ve 14. günlerde *Sitophilus oryzae* erginleri üzerinde meydana getirdikleri ölüm oranları.

EPF	Isolate	Mortality Rates (\pm Se)			
		5 th DAT	7 th DAT	9 th DAT	14 th DAT
<i>Beauveria bassiana</i>	195	20.0 \pm 3.1Bc*	35.0 \pm 4.5CDb	68.8 \pm 3.7DEa	69.0 \pm 3.7DEa
<i>Beauveria bassiana</i>	307	12.5 \pm 2.8BCDc	51.3 \pm 5.2BCb	83.8 \pm 4.1ABCa	85.0 \pm 4.1ABCa
<i>Beauveria bassiana</i>	310	35.0 \pm 3.1Ac	75.0 \pm 3.1Ab	92.5 \pm 2.8ABa	94.3 \pm 2.8ABa
<i>Fusarium</i> sp.	165	7.5 \pm 1.3DEb	35.0 \pm 5.3CDa	47.5 \pm 4.2Fa	47.5 \pm 4.2Fa
<i>Fusarium</i> sp.	213	6.3 \pm 2.1Ec	23.8 \pm 2.1Db	63.8 \pm 5.8Ea	65.0 \pm 4.8Ea
<i>Fusarium</i> sp.	251	6.3 \pm 3.3Ec	40.0 \pm 4.4CDb	72.5 \pm 4.5CDEa	73.0 \pm 4.5CDEa
<i>Fusarium</i> sp.	252	6.3 \pm 1.1Ec	35.0 \pm 5.3CDb	61.3 \pm 5.7Ea	65.0 \pm 5.6Ea
<i>Fusarium</i> sp.	327	17.5 \pm 3.8BCc	52.5 \pm 1.3BCb	72.5 \pm 3.7CDEa	72.5 \pm 3.8CDEa
<i>Fusarium</i> sp.	328	8.8 \pm 3.7CDEc	46.3 \pm 4.2Cb	80.0 \pm 4.3BCDa	82.3 \pm 4.2BCDa
<i>Fusarium</i> sp.	334	11.3 \pm 2.1BCDc	36.3 \pm 3.1BCb	83.8 \pm 4.5ABCa	83.8 \pm 4.5BCDa
<i>Fusarium</i> sp.	339	18.8 \pm 4.1Bc	71.3 \pm 7.2Ab	97.5 \pm 2.1Aa	98.8 \pm 2.2Aa
<i>Fusarium</i> sp.	452	13.8 \pm 3.7BCDc	65.0 \pm 4.3ABb	90.0 \pm 3.5ABa	90.3 \pm 3.5ABa
<i>Purpureocillium lilacinum</i>	224	21.3 \pm 2.1Bc	67.5 \pm 4.2ABb	90.0 \pm 1.8ABa	90.5 \pm 1.8ABa
Control	-	0.0 \pm 0.0Fa	3.8 \pm 2.1Ea	6.3 \pm 2.1Ga	6.3 \pm 2.1Ga

*Mean values followed by different uppercase letters in the same column and mean values followed by different lowercase letters in the same line are statistically different according to Tukey's test ($P \leq 0.05$).

The estimated LC₅₀ values of the isolates tested on the adults of *S. oryzae* were given in Table 8. The lowest LC₅₀ and LC₉₅ values were achieved by *Fusarium* sp.-339 isolate. The spore production of the isolates ranged between 0.70x10² and 5.20x10³ (Table 9).

Many researchers have studied the effectiveness of EPF against the adults of *S. oryzae* using different application methods and concentrations. The susceptibility of the adults was varied according to the EPF species, the virulence of EPF species and isolates, and the method of treatment or application. Dal Bello et al. (2000) evaluated the virulence of ten different fungal isolates belonging to *B. bassiana*, *M. anisopliae*, *Verticillium lecanii*, and *P. farinosus* against the adults of *S. oryzae* and the highest mortality rates did not exceed 50% 14th DAT. Rice and Cogburn (1999) reported 100% adult mortality of *S. oryzae* 14th DAT when *B. bassiana* isolate applied as a conidial powder. In another study, the maximum mortality rate (100%) achieved from the conidial suspension of *B. bassiana* 7th DAT (Kavallieratos et al., 2014). Mortality rates generally increased in these studies with the increasing concentrations. Our study is in agreement with these reports that higher mortality obtained with increasing concentrations. This may be originated from the low concentrations that may not be able to break the resistance mechanisms of healthy adults. Contrary to this, the adults were not able to get over or survive the infection in high concentrations (Muller-Kogler, 1967; Makaka, 2008).

The type of formulation used, the virulence of isolates, environmental conditions, and concentration of conidia are also crucial to understand the considerable variation in susceptibility of the adults (Wakefield, 2006). Some of the isolates used in this study were found to work well at 25 °C and 70±5% RH and caused high mortality by the direct inoculation of adults with the conidial suspension of the EPF isolates. The efficacy of different EPF species on the adults of *S. oryzae* has been studied by various researches worldwide and *B. bassiana* provided effective control in these studies (Hluchý and Samšiňáková, 1989; Rice and Cogburn, 1999; Sheeba et al., 2001; Yanar et al., 2019; Yanar et al., 2020).

Table 4. Mycosis rates (%) of thirteen EPF isolates on the adults of *Sitophilus oryzae* at the 7th and 14th days after treatment (DAT) after the single-dose experiment (1x10⁷ conidia mL⁻¹) at 25±2 °C.

Çizelge 4. On üç entomopatojen fungus izolatının (%), tek doz denemelerinde (1x10⁷ conidia mL⁻¹) uygulamadan sonraki 7. ve 14. günlerde 25±2 °C'de *Sitophilus oryzae* erginleri üzerindeki mikozis oranları.

EPF	Isolates	Days after treatment (DAT) (Mycosis %)	
		7 th	14 th
<i>Beauveria bassiana</i>	195	20.0 Ab*	35.0 Ca
<i>Beauveria bassiana</i>	307	12.5 BCb	51.3 Ba
<i>Beauveria bassiana</i>	310	35.0 Ab	75.0 Aa
<i>Fusarium</i> sp.	165	7.5 Cb	35.0 Ca
<i>Fusarium</i> sp.	213	6.3 Cb	23.8 CDa
<i>Fusarium</i> sp.	251	6.3 Cb	40.0 Ca
<i>Fusarium</i> sp.	252	6.3 Cb	35.0 Ca
<i>Fusarium</i> sp.	327	17.5 Bb	52.5 Ba
<i>Fusarium</i> sp.	328	8.8 Cb	46.3 BCa
<i>Fusarium</i> sp.	334	11.3 BCb	36.3 Ca
<i>Fusarium</i> sp.	339	18.8 ABb	71.3 Aa
<i>Fusarium</i> sp.	452	13.8 BCb	65.0 Aa
<i>Purpureocillium lilacinum</i>	224	21.3 Ab	67.5 Aa
Control	-	0.0 Da	0.0 Da

*Mean values followed by different uppercase letters in the same column and mean values followed by different lowercase letters in the same line are statistically different according to Tukey's test ($P \leq 0.05$).

Rapid germination and penetration of the conidia are the crucial factors affecting the speed of kill and play a key role in the virulence of EPF species as indicated in earlier studies (Altre and Vandenburg, 2001; Wakefield, 2006). In this study, early penetration of *Fusarium* spp. and *B. bassiana* into the insect tissue is accompanied by the rapid death of the adults of *S. oryzae*. In this study, LC₅₀ and LC₉₅ values of *B. bassiana*-310 and *Fusarium* sp.-339 were quite similar to each other and below the earlier reported ranges for different pests (Sheeba et al., 2001; Batta, 2010; Mahdeshin et al., 2011).

Table 5. Dose mortality rates (%) of *P. lilacinum* 224, *B. bassiana* 310 and *Fusarium* sp. 339 entomopathogenic fungi isolates on the adults of *Sitophilus oryzae* at the 5th days after treatment (DAT).

Çizelge 5. *Purpureocillium lilacinum* 224, *B. bassiana* 310 and *Fusarium* sp. 339 entomopatojen fungus izolatlarının doz çalışmasında uygulamadan sonraki 5. günde *Sitophilus oryzae* erginleri üzerinde meydana getirdikleri ölüm oranları.

EPF	Isolates	Dose (Conidi mL ⁻¹) ± Se				
		1x10 ⁵	1x10 ⁶	1x10 ⁷	1x10 ⁸	1x10 ⁹
<i>Purpureocillium lilacinum</i>	224	2.5±2.2Bc*	10.0±3.4ABc	27.5±3.8Bb	42.5±1.3Ba	48.8±2.1Ca
<i>Beauveria bassiana</i>	310	15.0±3.1ABc	18.8±3.3ABc	40.0±3.1Ab	50.0±0.0Bb	66.3±4.5Ba
<i>Fusarium</i> sp.	339	15.0±3.4ABd	25.5±2.2Ad	45.0±1.8Ac	68.8±5.1Ab	85.0±3.1Aa
Control	-	0.0±0.0Ba	1.3±1.1Ba	1.3±1.1Ca	0.0±0.0Ca	2.5±1.3Da

*Mean values followed by different uppercase letters in the same column and mean values followed by different lowercase letters in the same line are statistically different according to Tukey's test ($P \leq 0.05$).

Table 6. Dose mortality rates (%) of *P. lilacinum* 224, *B. bassiana* 310 and *Fusarium* sp. 339 EPF isolates on the adults of *Sitophilus oryzae* at the 7th DAT.

Çizelge 6. *Purpureocillium lilacinum* 224, *B. bassiana* 310 and *Fusarium* sp. 339 entomopatojen fungus izolatlarının doz çalışmasında uygulamadan sonraki 7. günde *Sitophilus oryzae* erginleri üzerinde meydana getirdikleri ölüm oranları.

EPF	Isolate	Dose (Conidi mL ⁻¹) ± Se				
		1x10 ⁵	1x10 ⁶	1x10 ⁷	1x10 ⁸	1x10 ⁹
<i>Purpureocillium lilacinum</i>	224	8.8±2.8ABd*	30.0±1.8BCc	41.3±5.4Cb	72.5±1.3Ba	65.0±1.8Ba
<i>Beauveria bassiana</i>	310	21.3±1.1Ad	41.3±3.7Ac	52.5±1.3Bb	82.5±2.2Aa	81.3±2.1Aa
<i>Fusarium</i> sp.	339	22.5±2.2Ad	37.5±2.8ABc	68.8±5.1Ab	85.0±3.1Aa	90.0±2.5Aa
Control	-	1.3±1.1Ba	0.0±0.0Ca	0.0±0.0Da	0.0±0.0Ca	2.5±1.3Ca

*Mean values followed by different uppercase letters in the same column and mean values followed by different lowercase letters in the same line are statistically different according to Tukey's test ($P \leq 0.05$).

Table 7. Dose mortality rates (%) of *P. lilacinum* 224, *B. bassiana* 310 and *Fusarium* sp. 339 EPF isolates on the adults of *Sitophilus oryzae* at the 9th DAT.

Çizelge 7. *Purpureocillium lilacinum* 224, *B. bassiana* 310 and *Fusarium* sp. 339 entomopatojen fungus izolatlarının doz çalışmasında uygulamadan sonraki 9. günde *Sitophilus oryzae* erginleri üzerinde meydana getirdikleri ölüm oranları.

EPF	Isolate	Dose (Conidi mL ⁻¹) ± Se				
		1x10 ⁵	1x10 ⁶	1x10 ⁷	1x10 ⁸	1x10 ⁹
<i>Purpureocillium lilacinum</i>	224	21.3±2.1Bd*	43.8±5.4Bc	58.8±3.7Cb	85.0±0.0Ba	77.5±1.3Ba
<i>Beauveria bassiana</i>	310	35.0±1.8Ad	60.0±3.1Ac	90.0±3.1Ab	98.8±1.1Aa	100.0±0.0Aa
<i>Fusarium</i> sp.	339	33.8±2.1Ad	58.8±3.7Ac	77.5±2.8Bb	95.0±1.8Aa	97.5±2.2Aa
Control	-	1.3±1.1Ca	1.3±1.1Ca	1.3±1.1Da	1.3±1.1Ca	2.5±1.1Ca

*Mean values followed by different uppercase letters in the same column and mean values followed by different lowercase letters in the same line are statistically different according to Tukey's test ($P \leq 0.05$).

Table 8. Dose mortality rates (%) of *P. lilacinum* 224, *B. bassiana* 310 and *Fusarium* sp. 339 EPF isolates on the adults of *Sitophilus oryzae* at the 14th DAT.

Çizelge 8. *Purpureocillium lilacinum* 224, *B. bassiana* 310 and *Fusarium* sp. 339 entomopatojen fungus izolatlarının doz çalışmasında uygulamadan sonraki 14. günde *Sitophilus oryzae* erginleri üzerinde meydana getirdikleri ölüm oranları.

EPF	Isolate	Dose (Conidi mL ⁻¹) ± Se				
		1x10 ⁵	1x10 ⁶	1x10 ⁷	1x10 ⁸	1x10 ⁹
<i>Purpureocillium lilacinum</i>	224	30.0±2.5Cd*	52.5±1.3Cc	73.5±4.5Cb	100.0±0.0Aa	100.0±0.0Aa
<i>Beauveria bassiana</i>	310	47.5±2.2Ac	72.5±2.2Bb	100.0±0.0Aa	100.0±0.0Aa	100.0±0.0Aa
<i>Fusarium</i> sp.	339	45.0±0.0ABc	93.8±3.3Ab	90.0±1.8Bb	100.0±0.0Aa	100.0±0.0Aa
Control	-	1.3±1.1Da	1.3±1.1Da	1.3±1.1Da	5.0±2.5Ba	2.5±1.3Ba

*Mean values followed by different uppercase letters in the same column and mean values followed by different lowercase letters in the same line are statistically different according to Tukey's test ($P \leq 0.05$).

Table 9. Lethal concentration 50% (LC₅₀) ve 95% (LC₉₅) values (Conidia mL⁻¹) of the adults of *Sitophilus oryzae* (P ≤ 0.05).
Çizelge 9. *Sitophilus oryzae* erginlerinin lethal konsantrasyon 50% (LC₅₀) ve 95% (LC₉₅) değerleri (Conidia mL⁻¹) (P ≤ 0.05).

EPF	Isolate	LC ₅₀	LC ₉₅	X ²	P	Slop (b)	Intercept (a)
<i>Purpureocillium lilacinum</i>	224	8892.5	16230.7	0.69	0.92	1.42	-2.02
<i>Beauveria bassiana</i>	310	4863.4	10153.9	3.74	0.98	2.07	-0.39
<i>Fusarium</i> sp.	339	2011.6	10055.4	3.66	0.28	2.34	-1.31

CONCLUSION

These results indicate that *B. bassiana*-310 and *Fusarium* sp.-339 could significantly help to minimize the damages caused by the adults of *S. oryzae* in storage environment under favorable conditions. Synergistic studies with entomopathogenic nematodes and biopesticides are highly recommended for further studies in an empty storage environment and could help achieve better control against the adults of *S. oryzae*.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that they have no conflict of interest.

AUTHORS' CONTRIBUTIONS

SA and RC conceived and designed the research. SA conducted the experiments. SA and EY analyzed the data and wrote the manuscript. All authors read and approved the manuscript.

ACKNOWLEDGMENT

This study was supported by the office of scientific research projects of Erciyes University (Project No. FYL-2014-5465). The funders had no role in the design of the study and collection, analysis, interpretation of data, and in writing the manuscript.

REFERENCES

- Ahmed, N., Lahori, A. H., Feng, J. N., & Wang, D. (2019). Use of indigenous isolates of *Metarhizium*, *Isaria* and *Beauveria* as potential bio-control agents against *Sitophilus oryzae* under laboratory conditions. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 56(4), 1037-1044.
- Ali-Shtayeh, M. S., Mara'i, A. B. B., & Jamous, R. M. (2003). Distribution, occurrence and characterization of entomopathogenic fungi in agricultural soil in the Palestinian area. *Mycopathologia*, 156(3), 235-244.
- Altinok, H. H., Altinok, M. A., & Koca, A. S. (2019). Modes of action of entomopathogenic fungi. *Current Trends in Natural Sciences*, 8(16), 117-124.
- Altre, J. A., & Vandenberg, J. D. (2001). Penetration of cuticle and proliferation in hemolymph by *Paecilomyces fumosoroseus* isolates that differ in virulence against lepidopteran larvae. *Journal of Invertebrate Pathology*, 78(2), 81-86.
- Ashamo, M. O. (2006). Relative susceptibility of some local and elite rice varieties to the rice weevil, *Sitophilus oryzae* L.(Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Food Agriculture and Environment*, 4(1), 249.
- Ausique, J. J. S., D'Alessandro, C. P., Conceschi, M. R., Mascarín, G. M., & Júnior, I. D. (2017). Efficacy of entomopathogenic fungi against adult *Diaphorina citri* from laboratory to field applications. *Journal of Pest Science*, 90(3), 947-960.
- Athanassiou, C. G., Papagregoriou, A. S., & Buchelos, C. T. (2004). Insecticidal and residual effect of three pyrethroids against *Sitophilus oryzae* (L.)(Coleoptera: Curculionidae) on stored wheat. *Journal of Stored Products Research*, 40(3), 289-297.
- Batta, Y., Murdoch, G., & Mansfield, S. (2010). Investigations into the formulation and efficacy of entomopathogenic fungi against larvae of yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L., Coleoptera: Tenebrionidae). *General and Applied Entomology*, 39, 5-8.
- Batta, Y. A. (2018). Efficacy of two species of entomopathogenic fungi against the stored-grain pest, *Sitophilus granarius* L.(Curculionidae: Coleoptera), via oral ingestion. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 28(1), 44.
- Boyer, S., Zhang, H., & Lempérière, G. (2012). A review of control methods and resistance mechanisms in stored-product insects. *Bulletin of Entomological Research*, 102(2), 213-229.

- Canassa, F., Tall, S., Moral, R. A., de Lara, I. A., Delalibera Jr, I., & Meyling, N. V. (2019). Effects of bean seed treatment by the entomopathogenic fungi *Metarhizium robertsii* and *Beauveria bassiana* on plant growth, spider mite populations and behavior of predatory mites. *Biological Control*, *132*, 199-208.
- Cherry, A. J., Abalo, P., & Hell, K. (2005). A laboratory assessment of the potential of different strains of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin and *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) to control *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) in stored cowpea. *Journal of Stored Products Research*, *41*(3), 295-309.
- Cuthbertson, A. G., & Audsley, N. (2016). Further screening of entomopathogenic fungi and nematodes as control agents for *Drosophila suzukii*. *Insects*, *7*(2), 24.
- Çolak, E. Ş., Yüksel, E., & Canhilal, R. (2019) Yabancı Otların Kontrolünde Biyolojik Mücadele. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, *2*(3), 23-29.
- Dal Bello, G., Padin, S., Lastra, C. L., & Fabrizio, M. (2000). Laboratory evaluation of chemical-biological control of the rice weevil (*Sitophilus oryzae* L.) in stored grains. *Journal of Stored Products Research*, *37*(1), 77-84.
- Fields, P. G., & White, N. D. (2002). Alternatives to methyl bromide treatments for stored-product and quarantine insects. *Annual Review of Entomology*, *47*(1), 331-359.
- Gabarty, A., Salem, H. M., Fouda, M. A., Abas, A. A., & Ibrahim, A. A. (2014). Pathogenicity induced by the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in *Agrotis ipsilon* (Hufn.). *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, *7*(1), 95-100.
- Hagstrum, D. W., Flinn, P. W., & Shuman, D. (1996). Automated monitoring using acoustical sensors for insects in farm-stored wheat. *Journal of Economic Entomology*, *89*(1), 211-217.
- Hluchý, M., & Samšínáková, A. (1989). Comparative study on the susceptibility of adult *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and larval *Galleria mellonella* (L.) (Lepidoptera: Pyralidae) to the entomogenous fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. *Journal of Stored Products Research*, *25*(2), 61-64.
- Humber, R. A. (1997). Fungi: identification. In L. Lacey (Ed), *Manual of techniques in insect pathology* (pp. 153-185). San Diego, USA: Academic Press.
- Kavallieratos, N. G., Athanassiou, C. G., Aountala, M. M., & Kontodimas, D. C. (2014). Evaluation of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, and *Isaria fumosorosea* for control of *Sitophilus oryzae*. *Journal of Food Protection*, *77*(1), 87-93.
- Khashaveh, A., Ghosta, Y., Safaralizadeh, M. H., & Ziaee, M. (2011). The use of entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. in assays with storage grain beetles. *Journal Of Agricultural Science And Technology*, *13*(1), 35-42.
- Koutsaviti, A., Antonopoulou, V., Vlassi, A., Antonatos, S., Michaelakis, A., Papachristos, D. P., & Tzakou, O. (2018). Chemical composition and fumigant activity of essential oils from six plant families against *Sitophilus oryzae* (Col: Curculionidae). *Journal of Pest Science*, *91*(2), 873-886.
- Lacey, L. A., Liu, T. X., Buchman, J. L., Munyaneza, J. E., Goolsby, J. A., & Horton, D. R. (2011). Entomopathogenic fungi (Hypocreales) for control of potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Šulc) (Hemiptera: Triozidae) in an area endemic for zebra chip disease of potato. *Biological Control*, *56*(3), 271-278.
- Lee, B. H., Choi, W. S., Lee, S. E., & Park, B. S. (2001). Fumigant toxicity of essential oils and their constituent compounds towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.). *Crop Protection*, *20*(4), 317-320.
- Mahdeshin, Z., Vojoudi, S., Ghosta, Y., Safaralizadeh, M. H., & Saber, M. (2011). Laboratory evaluation of the entomopathogenic fungi, Iranian isolates of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin and *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin against the control of the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae). *African Journal of Microbiology Research*, *5*, 5215-5220.
- Makaka, C. (2008). The efficacy of two isolates of *Metarhizium anisopliae* (Metschin) Sorokin (Deuteromycotina: Hyphomycetes) against the adults of the black maize beetle *Heteronychus licas* Klug (Coleoptera: Scarabidae) under laboratory conditions. *African Journal of Microbiology Research*, *3*(4), 259-265.
- Mnyone, L. L., Kirby, M. J., Mpingwa, M. W., Lwetoijera, D. W., Knols, B. G., Takken, W., & Russell, T. L. (2011). Infection of *Anopheles gambiae* mosquitoes with entomopathogenic fungi: effect of host age and blood-feeding status. *Parasitology Research*, *108*(2), 317-322.
- Müller-Kögler, E. (1967). On mass cultivation, determination of effectiveness, and standardization of insect pathogenic fungi. *Insect Pathology and Microbial Control*, 339-353.
- Perinotto, W. M. S., Angelo, I. C., Golo, P. S., Quinelato, S., Camargo, M. G., Sá, F. A., & Bittencourt, V. R. E. P. (2012). Susceptibility of different populations of ticks to entomopathogenic fungi. *Experimental Parasitology*, *130*(3), 257-260.

- Rice, W. C., & Cogburn, R. R. (1999). Activity of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Deuteromycota: Hyphomycetes) against three coleopteran pests of stored grain. *Journal of Economic Entomology*, 92(3), 691-694.
- Rumbos, C. I., & Athanassiou, C. G. (2017). Use of entomopathogenic fungi for the control of stored-product insects: can fungi protect durable commodities?. *Journal of Pest Science*, 90(3), 839-854.
- Saranya, S., Ushakumari, R., Jacob, S., & Philip, B. M. (2010). Efficacy of different entomopathogenic fungi against cowpea aphid, *Aphis craccivora* (Koch). *Journal of Biopesticides*, 3, 138.
- Shahid, A. A., Rao, Q. A., Bakhsh, A., & Husnain, T. (2012). Entomopathogenic fungi as biological controllers: new insights into their virulence and pathogenicity. *Archives of Biological Sciences*, 64(1), 21-42.
- Sheeba, G., Seshadri, S., Raja, N., Janarthanan, S., & Ignacimuthu, S. (2001). Efficacy of *Beauveria bassiana* for control of the rice weevil *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Applied Entomology and Zoology*, 36(1), 117-120.
- Skinner, M., Gouli, S., Frank, C. E., Parker, B. L., & Kim, J. S. (2012). Management of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) with granular formulations of entomopathogenic fungi. *Biological Control*, 63(3), 246-252.
- SPSS. (2013). IBM SPSS Statistics 21.0 for Windows. Armonk, NY.
- Wakefield, M. E. (2006). *Factors affecting storage insect susceptibility to the entomopathogenic fungus Beauveria bassiana*. 9th International Working Conference on Product Protection, São Paulo.
- Yanar, Y., Yanar, D., Demir, B., & Karan, Y. B. (2019). Effects of local entomopathogenic *Beauveria bassiana* isolates against *Sitophilus granarius* (Coleoptera). *Poljoprivredai Sumarstvo*, 65(1), 49-55.
- Yanar, Y., Yanar, D., & Budak, D. S. (2020). Effects of *Beauveria bassiana* isolates on *Sitophilus oryzae* under in vitro conditions. *Fresenius environmental bulletin*, 3422.
- Yüksel, E., Açıkgöz, Ç., Demirci, F., & Muştu, M. (2017). Effects of the entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana*, *Isaria farinosa* and *Purpureocillium lilacinum*, on eggs of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 8(1), 39-47.



Araştırma Makalesi

Ülkemizde Yetiştirilen Bazı Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Çeşitlerinin BCMV ve BCMNV'e Karşı Dayanıklılık Kaynaklarının Belirlenmesi

Gülsüm Palacıoğlu¹, İzel Şanlı¹, Harun Bayraktar^{1*}, Göksele Özer²

¹Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Ankara

²Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Bolu

Geliş tarihi (Received): 08.06.2020

Kabul tarihi (Accepted): 11.08.2020

Anahtar kelimeler:

BCMV, BCMNV, dayanıklılık, fasulye üretim alanlarında yaygın olarak görülen ve önemli verim kayıplarına neden olan hastalık etmenleridir. Bu hastalık etmenlerine karşı en etkili ve pratik mücadele yöntemi ise dayanıklı çeşit kullanılmasıdır. Bu kapsamda dünyada bu etmenlere karşı dayanıklılıkla ilişkili çok sayıda gen ve bunlarla ilişkili moleküler markör tespit edilmiş olup ıslah çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen 39 adet fasulye çeşidinin BCMV ve BCMNV hastalıklarına karşı dayanıklılık kaynakları farklı moleküler markörler (SW-13, SBD-5, ROC11, eIFE4) kullanılarak araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar test edilen fasulye genotiplerinden 11 adedinin tek bir dayanıklılık geni içerdiğini göstermiştir. Ayrıca farklı dayanıklılık gen kombinasyonları bakımından 25 fasulye çeşidinde $I+bc-1^2$ genlerinin bulunduğu görülmüştür. Fransız, Karabacak ve 40 Günlük fasulye çeşitlerinde ise dayanıklılığın $bc-1^2$ ve $bc-3$ genleri ile kontrol edildiği tespit edilmiştir. Yapılan çalışma ile tespit edilen dayanıklılık genlerinin söz konusu hastalıklara karşı dayanıklı ıslah materyallerinin geliştirilmesinde önemli birer dayanıklılık kaynağı olarak kullanılabilecekleri düşünülmektedir.

Özet. *Bean common mosaic virus* (BCMV) ve *Bean common mosaic necrosis virus* (BCMNV) dünyada BCMV, BCMNV, dayanıklılık, fasulye üretim alanlarında yaygın olarak görülen ve önemli verim kayıplarına neden olan hastalık etmenleridir. Bu hastalık etmenlerine karşı en etkili ve pratik mücadele yöntemi ise dayanıklı çeşit kullanılmasıdır. Bu kapsamda dünyada bu etmenlere karşı dayanıklılıkla ilişkili çok sayıda gen ve bunlarla ilişkili moleküler markör tespit edilmiş olup ıslah çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen 39 adet fasulye çeşidinin BCMV ve BCMNV hastalıklarına karşı dayanıklılık kaynakları farklı moleküler markörler (SW-13, SBD-5, ROC11, eIFE4) kullanılarak araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar test edilen fasulye genotiplerinden 11 adedinin tek bir dayanıklılık geni içerdiğini göstermiştir. Ayrıca farklı dayanıklılık gen kombinasyonları bakımından 25 fasulye çeşidinde $I+bc-1^2$ genlerinin bulunduğu görülmüştür. Fransız, Karabacak ve 40 Günlük fasulye çeşitlerinde ise dayanıklılığın $bc-1^2$ ve $bc-3$ genleri ile kontrol edildiği tespit edilmiştir. Yapılan çalışma ile tespit edilen dayanıklılık genlerinin söz konusu hastalıklara karşı dayanıklı ıslah materyallerinin geliştirilmesinde önemli birer dayanıklılık kaynağı olarak kullanılabilecekleri düşünülmektedir.

*Sorumlu yazar

bayrakta@agri.ankara.edu.tr

Determination of Resistance Sources to BCMV and BCMNV in Some Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivars Grown in Turkey

Keywords:

BCMV, BCMNV, common bean, are the common plant pathogens that cause significant yield losses in bean growing areas worldwide. The most effective and practical control method is to use of resistant common bean cultivars to BCMV and BCMNV. Many genes and molecular markers associated with resistance to these pathogens have been identified and used widely in breeding studies in the world. This study evaluated the presence of resistance sources in 39 common bean cultivars, widely grown in Turkey to BCMV and BCMNV with different molecular markers (SW-13, SBD-5, ROC11, eIFE4). Eleven common bean cultivars contained only one resistance gene. Also, the cultivars were evaluated for resistance gene combinations to these pathogens; twenty-five cultivars possessed gene combination of $I+bc-1^2$. Resistance in Fransız, Karabacak and 40 Günlük cultivars was controlled by the $bc-1^2$ and $bc-3$ gene combination. These resistance genes identified in this study could be used as valuable resistance sources for developing breeding materials resistant to BCMV and BCMNV.

Abstract. *Bean common mosaic virus* (BCMV) and *Bean common mosaic necrosis virus* (BCMNV) are the common plant pathogens that cause significant yield losses in bean growing areas worldwide. The most effective and practical control method is to use of resistant common bean cultivars to BCMV and BCMNV. Many genes and molecular markers associated with resistance to these pathogens have been identified and used widely in breeding studies in the world. This study evaluated the presence of resistance sources in 39 common bean cultivars, widely grown in Turkey to BCMV and BCMNV with different molecular markers (SW-13, SBD-5, ROC11, eIFE4). Eleven common bean cultivars contained only one resistance gene. Also, the cultivars were evaluated for resistance gene combinations to these pathogens; twenty-five cultivars possessed gene combination of $I+bc-1^2$. Resistance in Fransız, Karabacak and 40 Günlük cultivars was controlled by the $bc-1^2$ and $bc-3$ gene combination. These resistance genes identified in this study could be used as valuable resistance sources for developing breeding materials resistant to BCMV and BCMNV.

GİRİŞ

Leguminosae familyasında yer alan fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) bitkisi insan beslenmesi açısından önemli bir protein kaynağıdır. Ülkemizde hemen hemen her bölgede fasulye yetiştiriciliği yapılmakta olup taze fasulye üretimi en fazla Karadeniz bölgesinde, kuru fasulye üretimi ise genelde İç Anadolu bölgesinde gerçekleştirilmektedir (TUİK, 2020). Dünyada yaygın olarak tüketilmesine rağmen baklagiller içerisinde önemli bir yere sahip olan fasulye üretimi çok sayıda fungal, bakteriyel ve viral hastalık etmenlerinden dolayı istenilen düzeyde gerçekleştirilememektedir (Hall, 1994). Fasulye bitkisinde sorun olan viral hastalık etmenleri arasında ise Bean common mosaic virus (BCMV) ve Bean common mosaic necrosis virus (BCMNV) tüm dünyada en yaygın olarak bulunan ve en önemli virüs hastalıkları olarak nitelendirilmektedir (Morales ve Bos, 1988).

Potyviriidae familyasında yer alan BCMV ve BCMNV fasulye üretim alanlarında enfekteli tohum, bitki özsuğu, polen ve yaprak bitleri ile taşınmakta ve fasulye bitkisinde verim ve kaliteyi düşürerek %80'e varan ürün kayıplarına neden olduğu bildirilmektedir (Hall, 1994; Chew ve ark., 2010). Her iki hastalık etmeni de enfekteli bitkilerde açık-koyu yeşil mozaik belirtilerine, yaprak kıvrılması, şekil bozukluğu ve kloroz gibi semptomlara neden olmaktadır. Aynı zamanda fasulye bitkilerinde dayanıklılık genine bağlı olarak sistemik nekroz, diğer adıyla tepe nekrozu (top necrosis) veya siyah kök (black root) belirtileri bu etmenler tarafından oluşturulabilmektedir. Sistemik nekroz yaprak bitlerinin yaprağı enfekte ettiği noktadan veya vasküler nekrozun ilerlemesi ile oluşmakta ve bitki ölümlerine sebep olabilmektedir (Hall, 1994).

BCMV ve BCMNV ile mücadelede hastalıktan arı tohum kullanılması ve yaprak bitleri ile mücadele edilmesi önerilmekle beraber dünyada en etkili ve pratik mücadele yöntemi olarak dayanıklı çeşitlerin kullanılması önerilmektedir (Drijfhout, 1978; Hall, 1994; Miklas ve ark., 2000). Bu kapsamda BCMV ve BCMNV'e karşı dayanıklılığın dominant *I* geni ve 6 farklı resesif gen (*bc-u*, *bc-1/bc-1²*, *bc-2/bc-2²* ve *bc-3*) ile yönetildiği belirtilmektedir (Drijfhout, 1978; Kelly ve ark., 1995). Dayanıklılık gen interaksiyonuna dayanarak bu etmenler 1'den 8'e kadar numaralandırılmış 8 patogrub içerisinde sınıflandırılmıştır (Drijfhout ve Morales, 2005; Feng ve ark., 2015). Fasulye genotipleri ise farklı dayanıklılık allel kombinasyonlarına göre 1'den 11'e kadar sınıflandırılan konukçu gruplarına ayrılmıştır (Drijfhout ve Morales, 2005). BCMNV sadece PG-3 ve PG-5 ile ilişkili iken, BCMV tüm patogruplarla ilişkili olabilmektedir (Drijfhout, 1978; Feng ve ark., 2015). Dominant *I* geni BCMV'nin tüm streynlerine karşı tek başına dayanıklılık sağlarken, BCMNV streynleri bitkilerdeki *I* genini kırarak ölümcül hipersensitif reaksiyona neden olabilmektedir. Bu kapsamda etmenlere karşı dayanıklılıkta *I* geninin farklı dayanıklılık mekanizmalarına sahip diğer resesif genlerle (*bc-u*, *bc-1/bc-1²*, *bc-2/bc-2²* ve *bc-3*) bir araya getirilerek dayanıklılık sağlanması hedeflenmektedir (Mukeshimana ve ark., 2005). Fasulye bitkisindeki farklı gen kombinasyonlarına göre etmenlerin farklı streynlerine karşı dayanıklılık sağlanmakta olup *bc-3* geninin BCMV-BCMNV'nin tüm streynlerine karşı dayanıklılık sağladığı belirtilmektedir (Drijfhout, 1978; Miklas ve ark., 1998).

Dünyada fasulye ıslah programlarında farklı dayanıklılık gen piramitlerinin oluşturulması amacıyla yoğun çalışmalar gerçekleştirilmektedir (Pasev ve ark., 2013; Wani ve ark., 2017; Ruhimbana ve Mutlu 2019). Dayanıklılık genleri klasik yöntemler kullanılarak tespit edilebilmesine rağmen karşılaşılan zorluklar nedeniyle fasulyedeki dayanıklılık genleri ile ilişkili pek çok markör geliştirilmiş olup ıslah çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Melotto ve ark., 1996; Johnson ve ark., 1997; Miklas ve ark., 2000; Naderpour ve ark., 2010). Önemli bir fasulye üreticisi konumunda olan ülkemizde ise BCMV ve BCMNV'nin durumu ve dayanıklılıkta rol oynayan genler hakkında sınırlı bilgi bulunmaktadır (Deligöz ve Sökmen 2013; Deligöz ve ark., 2015; Yeken ve ark., 2018). Bu çalışma kapsamında ise ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen fasulye çeşitlerinde BCMV ve BCMNV'e karşı dayanıklılıkta rol oynayan bazı genlerin SCAR ve CAPS markörler ile tespit edilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Bitkilerin Yetiştirilmesi

BCMV ve BCMNV'e karşı dayanıklılık genlerinin belirlenmesi amacıyla ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen 39 fasulye çeşidi kullanılmıştır (Çizelge 1). Ayrıca PCR reaksiyonlarını doğrulamak için dayanıklılık kaynakları bilinen ve USDA'dan (United States Department of Agriculture Research Service, ABD) elde edilen 6 adet fasulye genotipi (Perry Merrow, Cornell, Michigan Dark Red Kidney (MDRK), To) kontrol amacıyla çalışmaya dâhil edilmiştir. Tohumlar ekimden önce %1'lik sodyumhipoklorit' de (NaOCl) 2 dakika tutulmuş ve bunu takiben 3 seri steril saf sudan geçirilerek toprak, kum, gübre karışımı içeren (1:1:1 v/v) 16 cm çapındaki saksılara ekilmiştir. Tüm bitkiler 23°C sıcaklık ve 14/10 saat ışık periyodu içeren kontrollü koşullardaki bitki yetiştirme odasında 10 gün süreyle yetiştirilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan fasulye çeşitlerinin özellikleri ve BCMV ve BCMNV'e karşı sahip oldukları dayanıklılık kaynakları
Table 1. Characteristics of common bean cultivars and their resistance sources to BCMV and BCMNV.

Fasulye Çeşitleri	Fasulye Tipi	Fasulye Tohumlarının Elde Edildiği Yerler	BCMV-BCMNV'e Karşı Dayanıklılık Kaynakları			
			I geni (SW-13)	bc-1 ² (SBD-5)	bc-3 (ROC-11)	bc-3 (eIFE4)
Seher yıldızı	Taze	Karadeniz Tar. Arş. Enst.	-	+	-	-
Zeynebim	Taze	Karadeniz Tar. Arş. Enst.	-	+	-	-
Boncuk	Taze	Geçit Kuşağı Tar. Arş. Enst.	+	+	-	-
Fransız	Taze	Geçit Kuşağı Tar. Arş. Enst.	-	+	+	+
40 Günlük	Taze	Geçit Kuşağı Tar. Arş. Enst.	-	+	+	+
Karabacak	Taze	Geçit Kuşağı Tar. Arş. Enst.	-	+	+	+
Sazova	Taze	Geçit Kuşağı Tar. Arş. Enst.	+	+	-	-
Gina	Taze	May Tohum	+	+	-	-
Magnum	Taze	May Tohum	+	+	-	-
Java	Taze	May Tohum	+	+	-	-
Asya	Taze	May Tohum	+	+	-	-
Sofia	Taze	May Tohum	-	+	-	-
Volare	Taze	May Tohum	+	+	-	-
Özayşe	Taze	Batı Akdeniz Tar. Arş. Enst.	-	+	-	-
Yalova 5	Taze	Atatürk Bahçe Kültürleri Arş. Enst.	-	+	-	-
Yalova 17	Taze	Atatürk Bahçe Kültürleri Arş. Enst.	-	+	-	-
Perolar	Taze	Makrogen Tohumculuk	-	+	-	-
Sarıköz	Taze	Makrogen Tohumculuk	+	+	-	-
Mina	Taze	Makrogen Tohumculuk	+	+	-	-
Gelincik	Taze	Makrogen Tohumculuk	+	+	-	-
Tavil	Taze	Makrogen Tohumculuk	-	+	-	-
Nazende	Taze	Makrogen Tohumculuk	+	+	-	-
Miray	Taze	Sim Arzuman Tarım Ürünleri	+	+	-	-
Hanımteni	Taze	Sim Arzuman Tarım Ürünleri	-	+	-	-
Selim	Barbunya	Sim Arzuman Tarım Ürünleri	+	+	-	-
Sırık barbunya	Barbunya	Poltar Tarım	+	+	-	-
Klas barbunya	Barbunya	Poltar Tarım	+	+	-	-
Buse Oturak	Barbunya	Makrogen Tohumculuk	+	+	-	-
Belinay Sırık	Barbunya	Makrogen Tohumculuk	-	+	-	-
Sembol	Barbunya	Makrogen Tohumculuk	+	+	-	-
Zülbiye	Kuru	Karadeniz Tar. Arş. Enst.	+	+	-	-
Akın	Kuru	Geçit Kuşağı Tar. Arş. Enst.	+	+	-	-
Önceler	Kuru	Geçit Kuşağı Tar. Arş. Enst.	+	+	-	-
Karacaşehir90	Kuru	Geçit Kuşağı Tar. Arş. Enst.	+	+	-	-
Göynük 98	Kuru	Geçit Kuşağı Tar. Arş. Enst.	+	+	-	-
Bulduk	Kuru	Geçit Kuşağı Tar. Arş. Enst.	+	+	-	-
Mecidiye	Kuru	Doğu Anadolu Tar. Arş. Enst.	+	+	-	-
Aras	Kuru	Doğu Anadolu Tar. Arş. Enst.	+	+	-	-
Yakutiye	Kuru	Doğu Anadolu Tar. Arş. Enst.	+	-	-	-

DNA Ekstraksiyonu

DNA ekstraksiyonu Diversity Arrays Technology (DArT) yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (<http://www.diversityarrays.com>). Her fasulye çeşidinin yapraklarından yaklaşık 100 mg bitki dokusu alınarak 1 ml ekstraksiyon bufferi (125 mM Tris-HCl pH:8, 25 mM EDTA pH:8, 0.8 M NaCl, %1 CTAB, %1 sarcosyl, %2 PVP-40 (K29-32), %0.5 sodium disulphite) içerisinde homojenize edilmiş ve 65°C'de 1 saat inkübasyona bırakılmıştır. Ardından her bir örneğe eşit hacim kloroform-isoamilalkol (24:1 v/v) eklenerek iyice karıştırılmış ve 10.000 g'de 20 dakika santrifüj edilmiştir. Üst sıvı temiz eppendorf tüplere alınarak eşit hacimde soğuk isopropanol eklenmiş ve 1 saat -20°C'de bekletilmiştir. DNA'yı çöktürmek için örnekler 10.000 g'de 5 dakika santrifüj edildikten sonra üst sıvı dökülmüş ve DNA pelleti 500 µl %70'lik soğuk etanol ile yıkanmıştır. Oda koşullarında kurutulduktan sonra pellet 100 µl steril ddH₂O ile çözülmüştür. DNA konsantrasyonları spektrofotometrik olarak (NanoDrop-1000

spectrophotometer, Thermo Scientific) 260/280 nm'de ölçüm yapılarak belirlenmiş ve tüm DNA örnekleri 20 ng μl^{-1} olacak şekilde seyreltilerek -20°C 'de saklanmıştır.

Fasulye Çeşitlerindeki Dayanıklılık Kaynaklarının Moleküler Markörler ile Tespiti

Fasulye bitkisinde BCMV ve BCMNV'e karşı dayanıklılık genleri ile ilişkili olduğu bildirilen 3 SCAR markör ve 1 adet CAPS markör çalışma kapsamında kullanılmıştır (Çizelge 2). PCR reaksiyonları 0.2 μM dNTPs, 0.3 μM primer, 1.5 mM MgCl_2 , 10x PCR buffer, 20-30 ng DNA, 1U *Taq* DNA polimeraz içeren 25 μl 'lik hacimlerde gerçekleştirilmiştir. PCR amplifikasyonları ise her primer için Çizelge 2'de belirtilen koşullar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen PCR ürünleri %1.2'lik agaroz jelde, 1xTAE buffer içerisinde 100 V'da elektroforetik olarak ayrılarak gözlenmiş ve beklenen PCR ürünlerinin büyüklükleri Gene Ruler 100 bp DNA ladder (Thermo Scientific) kullanılarak tespit edilmiştir. Dayanıklılık genleri ile ilişkili amplifikasyon ürünlerinin varlığı, referans çeşitler ile kıyaslanarak var (+), yok (-) olarak belirlenmiştir. Ayrıca *bc-3* dayanıklılık genini belirlemek için eIFE4 markörü ile elde edilen PCR ürünlerinin 10 μl 'si, üretici firma protokolüne göre *RsaI* (Thermo Scientific) enzimi ile kesilmiş ve % 1.2'lik agaroz jelde 100 V'da elektroforetik olarak ayrılarak kaydedilmiştir.

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan dayanıklılık genleri ile ilişkili primerlerin özellikleri ve PCR koşulları.

Tablo 2. Characteristics of the primers linked to resistance genes and PCR conditions used in the study.

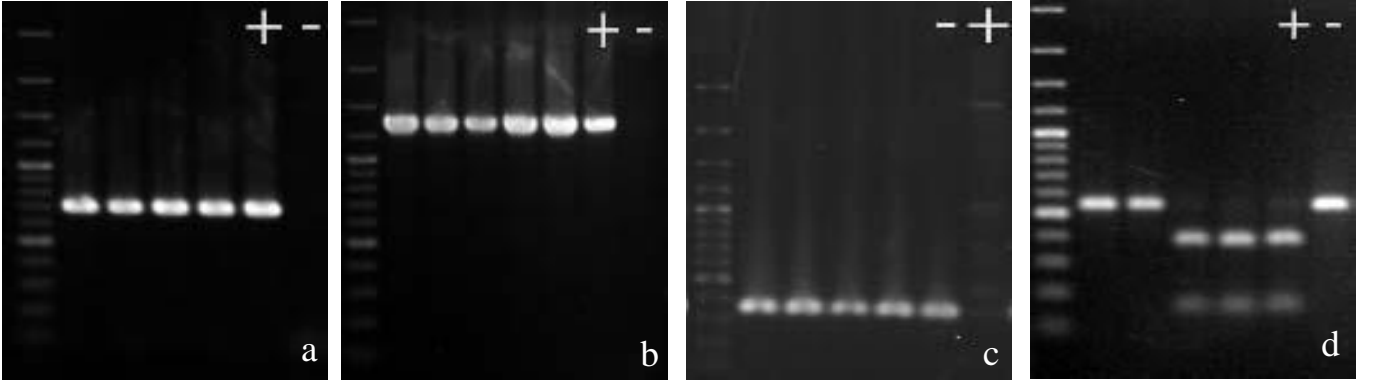
Primer	Gen Lokusu	Baz çifti	PCR Ürünü (bp)	PCR koşulları	Kaynak
SW-13	<i>I</i>	5'-CACAGCGACATTAATTTTCCTTC-3' 5'-CACAGCGACAGGAGGAGCTTATTA-3'	690	95°C 4 dk 94°C 10 s, 60°C 40 s, 72°C 2 dk 35 döngü 72°C 5 dk	Melotto ve ark. (1996)
SBD-5	<i>bc-1²</i>	5'-GTGCGGAGAGGCCATCCATTGGTG-3' 5'-GTGCGGAGAGTTTCAGTGTGACA-3'	1250	95°C 4 dk 94°C 10 s, 65°C 40 s, 72°C 2 dk, 35 döngü 72°C 5 dk	Miklas ve ark. (2000)
ROC11	<i>bc-3</i>	5'-CCAATTCTTTCACTTGTAAACC-3' 5'-GCATGTTCCAGCAAACC-3'	420/350	95°C 4 dk 94°C 10 s, 65°C 10 s, 72°C 30 s 35 döngü 72°C 5 dk	Johnson ve ark. (1997)
eIFE4	<i>bc-3</i>	5'-ACCGATGAGCAAACCCTA-3' 5'-CAACCAACTGGTATCGGATT-3'	541/ <i>RsaI</i> (381+160)	95°C 3 dk 94°C 20 s, 58°C 20 s, 72°C 20 s, 40 döngü 72°C 5 dk	Naderpour ve ark. (2010)

BULGULAR VE TARTIŞMA

BCMV ve BCMNV ülkemizde ve dünyada fasulye üretim alanlarında yaygın olarak görülen ve mozaik belirtisi, yaprak kıvrılması ve sistemik nekroza neden olarak önemli ekonomik kayıplar oluşturan hastalık etmenleridir. Bu etmenlere karşı konukçu bitki dayanıklılığının kullanımı ise en etkili mücadele yöntemi olarak belirtilmektedir (Drijfhout, 1978; Hall, 1994; Miklas ve ark., 2000). Bu kapsamda BCMV ve BCMNV'e karşı bazı dayanıklılık genleri belirlenmiş olup bu dayanıklılık kaynakları ile ilişkili moleküler markörler ıslah çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Haley ve ark. 1994; Melotto ve ark., 1996; Johnson ve ark., 1997; Strausbaugh ve ark., 1999; Miklas ve ark., 2000; Naderpour ve ark., 2010). Ülkemizde ise fasulye üretim alanlarında söz konusu etmenlerin tespiti ve yaygınlığı ile ilgili çalışmalar gerçekleştirilmesine rağmen dayanıklılık kaynakları hakkında oldukça az çalışma bulunmaktadır (Deligöz ve Sökmen, 2013; Deligöz ve ark., 2015). Bu çalışma kapsamında ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen 39 fasulye çeşidindeki BCMV ve BCMNV'e karşı dayanıklılık kaynaklarının (*bc-1²*, *I*, *bc-3*) farklı SCAR ve CAPS markörler ile tespit edilmesi amaçlanmıştır. Yapılan optimizasyon çalışmaları sonucunda tüm primerlerin bitki örneklerinden beklenen büyüklükte PCR ürünlerinin amplifikasyonunu sağladığı görülmüştür (Şekil 1).

Fasulye bitkisinde BCMV ve BCMNV'e karşı hipersensitif reaksiyona neden olan dominat *I* geninin belirlenmesi için kullanılan SCAR markör SW-13 test edilen örneklerden 690 bp büyüklüğünde bir amplifikasyon ürününün çoğalmasını sağlamıştır (Şekil 1). Elde edilen sonuçlar referans fasulye genotipi TO'nun yanı sıra ülkemizde yetiştirilen 26 fasulye çeşidinde bu dayanıklılık geninin bulunduğunu göstermiştir (Çizelge 1). Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile uyumlu olarak SW13 markörü Andean ve Mesoamerikan gen havuzuna ait fasulye genotiplerindeki *I* geninin varlığını belirlemek için ıslah çalışmalarında geniş bir kullanım alanı bulmuştur (Melotto

ve ark., 1996; Pasev ve ark., 2013). Fasulye bitkisinde *bc-1²* dayanıklılık geni ile ilişkili olan SCAR markör SBD-5 ise test edilen örneklerden 1250 bp büyüklüğünde spesifik bir PCR ürününün çoğalmasını sağlamıştır (Şekil 1). Bu kapsamda ülkemizde yetiştirilen fasulye çeşitlerinden Yakutiye hariç tüm fasulye çeşitlerinin bu dayanıklılık genini taşıdıkları gözlemlenmiştir (Çizelge 1). Ayrıca kontrol olarak Perry Marrow fasulye genotipinde 1250 bp'lik bir ürün elde edilirken Cornell genotipinde herhangi bir amplifikasyon gözlemlenmemiştir. SW-13 ve SBD-5 markörleri ile multipleks-PCR yöntemini kullanarak 5 fasulye çeşidi ve bir ıslah hattında dominant *I* geni ve resesif *bc-1²* genini araştıran Deligöz ve Sökmen (2013) ise tüm örneklerin *bc-1²* genine sahip olduğunu ayrıca bu çalışmada da kullanılan Zülbiye çeşidi ile diğer iki çeşitte dominant *I* geninin bulunduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar ülkemizde tescilli ticari ve yerel fasulye çeşitlerinde BCMV ve BCMNV'ye karşı dayanıklılığı sağlayan genlerin belirlenmesinin gerekli olduğunu ifade etmişlerdir. BCMV-NL-4 ırkı ile yerel fasulye çeşitlerinin inoküle edildiği bir diğer çalışmada ise Deligöz ve ark. (2015) ülkemizde yetiştirilen 31 ticari çeşidin 24 adedini BCMV'ye karşı dayanıklı 7 tanesini ise hassas olarak belirlemiştir. Benzer şekilde ülkemizdeki bazı fasulye çeşitlerinde dominant *I* ve *bc-1²* genini araştıran Yeken ve ark. (2018) test edilen fasulye çeşitlerinde bu genlerin yaygın olarak bulunduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 1. Fasulye bitkisinde BCMV ve BCMNV'e karşı dayanıklılıkta rol oynayan genlerin spesifik primerlerle amplifikasyonu sonucu elde edilen bant profilleri.(a: dominant *I* geninin SW-13 markörü ile amplifikasyonu sonucu elde edilen spesifik PCR ürünü, To (+), MDRK (-), b: *bc-1²* geninin SBD-5 markörü ile amplifikasyonu sonucu elde edilen spesifik PCR ürünü, Perry Marrow (+), Cornell (-), c: *bc-3* geninin Roc-11 markörü ile amplifikasyonu sonucu elde edilen spesifik PCR ürünü, Perry Marrow (-), Cornell (+), d: eIFE4 primeri ile amplifiye edilen ve *RsaI* ile kesilen *bc-3* geninin enzim profili, Fransız (+), Sazova (-). Markör: GeneRuler 100 bp DNA ladders, Thermo Scientific).

Figure 1. Band profiles showing amplification of genes associated with resistance to BCMV and BCMNV in common bean (a: PCR product of dominant *I* gene amplified with specific-primer SW-13, To (+), MDRK (-), b: PCR product of *bc-1²* gene amplified with specific-primer SBD-5, Perry Marrow (+), Cornell (-), c: PCR product of *bc-3* gene amplified with specific-primer Roc-11, Perry Marrow (-), Cornell (+), d: restriction profiles of *bc-3* gene amplified with eIFE4 primer and digested with *RsaI* enzyme, Fransız (+), Sazova (-). Marker: GeneRuler 100 bp DNA ladders, Thermo Scientific)

Fasulye bitkilerindeki *bc-3* geninin tespiti için ROC-11 ve eIFE4 markörleri kullanılmıştır. ROC-11 markörü ile 420 bp büyüklüğünde bir bandın elde edilmemesi bu çeşitlerde *bc-3* geninin bulunmadığı şeklinde değerlendirilmiştir (Şekil 1). Bu kapsamda test edilen fasulye çeşitlerinden sadece Fransız, Karabacak ve 40 Günlük çeşitlerinde *bc-3* geninin bulunduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). Ancak diğer çeşitlerde 350 bp büyüklüğünde bir PCR ürünü elde edilmiş olup benzer sonuçlar farklı araştırmacılar tarafından da gözlemlenmiştir. Blair ve ark. (2004) ROC-11 primerinin Andean gen havuzuna ait hassas genotiplerin çoğunda bu amplifikasyon ürününü çoğalttığını ancak dayanıklı Andean genotiplerinde bu PCR ürününün bulunmadığını belirtmiştir. Pasev ve ark. (2013) *bc-3* genine sahip genotiplerde bu bandın bulunmadığını diğer tüm genotiplerde ise 350 bp büyüklüğündeki amplifikasyon ürününün oluştuğunu belirtmişlerdir. Ayrıca bu durum bağlanma bölgelerindeki insertion/deletionlar veya ROC11/350 ve ROC11/420 sekansları arasındaki benzerlikten kaynaklanmasının da olası olduğu düşünülmektedir (Johnson ve ark., 1997; Pasev ve ark., 2013). Yapılan çalışmada fasulye çeşitlerinden eIFE4 markörü ile elde edilen PCR ürününün *RsaI* enzim kesimi ile bu örneklerde *bc-3* geninin varlığı ayrıca doğrulanmıştır (Çizelge 1). Enzim kesimi sonucunda *bc-3* geninin bulunmadığı çeşitlerde 541 bp büyüklüğünde tek bir ürün elde edilir iken *bc-3* geninin bulunduğu çeşitlerde 381 ve 160 bp büyüklüğünde iki PCR-RFLP ürünü elde edilmiştir (Şekil 1). Bu kapsamda sadece Fransız, Karabacak ve 40 Günlük çeşitlerinde *bc-3* geninin bulunduğu eIFE4 markörü ile de doğrulanmıştır. Ayrıca test edilen fasulye çeşitlerinden Bulduk fasulye çeşidi 350 bp'lik bir ürün vermemiş ancak her iki markörle de negatif sonuç vermiştir. Johnson ve ark. (1997) ROC-11 markörü ile *bc-3* geninin tespitinin Andean kökenli fasulye genotiplerinde yararlı iken, Mesoamerikan kökenli bazı fasulye genotiplerinde farklı sonuçlar verebileceğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde *bc-3* geni ile ilişkili markörleri kullanan

Naderpour ve ark. (2010) bu markörlerin *bc-3* geni bulunan USCR8 ve bulunmayan DW fasulye genotiplerini ayırmadığını belirtmiştir.

Farklı dayanıklılık genlerini kombine olarak içeren fasulye çeşitleri BCMV ve BCMNV'nin tüm streynlerine ve patogruplarına karşı daha stabil ve geniş spektrumlu bir dayanıklılık sağlanması nedeniyle ıslah programlarında öncelikli olarak değerlendirilmektedir (Drijfhout, 1978; Kelly ve ark., 1995; Miklas ve ark., 2000). Islah çalışmalarında farklı gen kombinasyonlarının oluşturulması fasulye çeşitlerine uzun süreli dayanıklılık kazandırılması açısından oldukça önemli olup en etkili dayanıklılığın $I+bc-u+bc-2^2+bc-3$ gen kombinasyonu olduğu belirtilmiştir (Drijfhout, 1978). Ancak bu genlerin hepsinin tek bir fasulye genotipinde bir araya gelmesinin zor olması nedeniyle günümüzde BCMV ve BCMNV'nin tüm streynlerine karşı en geniş spektrumlu ve uzun süreli dayanıklılığın $I+bc-3$ ve $I+bc-2^2$ gen kombinasyonları ile sağlandığı bildirilmektedir (Kelly 1997; Miklas ve ark., 1998; Mukeshimana ve ark., 2005). Ülkemizde yaygın olarak kullanılan fasulye çeşitlerindeki *I*, $bc-1^2$ ve $bc-3$ dayanıklılık genlerini araştırdığımız bu çalışmada da farklı gen kombinasyonlarının bulunduğu belirlenmiştir. Yakutiye çeşidi sadece *I* dayanıklılık genini içerir iken 10 fasulye çeşidinin sadece $bc-1^2$ genini içerdiği görülmüştür. Fasulye bitkilerinde tek başına $bc-1^2$ geninin bulunması ise BCMV'nin NL1, NL7, US2, NL2 ve BCMNV'nin NL8 streynlerine karşı dayanıklılık sağlamaktadır (Drijfhout, 1978). Gen kombinasyonları bakımından ise test edilen çeşitlerin 25 tanesinde $I+bc-1^2$ ve 3 adedinde $bc-1^2+bc-3$ genlerinin bulunduğu görülmüştür. Her üç dayanıklılık genini de içeren bir fasulye çeşidinin ise bulunmadığı gözlemlenmiştir. Fasulye bitkilerindeki $I+bc-1^2$ gen kombinasyonunun BCMV ve BCMNV'nin NL-3, NL-5 ve NL-6 hariç tüm streynlerine karşı dayanıklılığı sağladığı düşünülmektedir. Miklas ve ark. (2000) ise *I* geni ile $bc-1^2$ bir arada bulunmasının tepe nekrozuna karşı dayanıklılık sağladığını belirtmiştir. Test edilen çeşitler arasında $bc-3$ genini taşıyan çeşitlerin ise her iki virüsün bütün streynlerine karşı resesif dayanıklılığa sahip olduğu görülmektedir. Ancak her iki virüse karşı bağışıklık sağladığı belirtilen $I+bc-3$ dayanıklılığı ülkemizdeki fasulye çeşitlerinde tespit edilememiştir. Bununla birlikte $bc-3$ geni fasulye bitkisinde BCMV'e karşı koruma sağlamak amacıyla ıslah çalışmalarında yaygın olarak tercih edilen bir gen olmuştur (Drijfhout, 1978; Kelly ve ark., 1995; Hart ve Griffiths, 2013). Feng ve ark., (2015) BCMV'nin fasulyedeki farklı dayanıklılık genlerini yenebilecek mekanizmalar geliştirdiğini ve yeni bir virüs streyninin $bc-2$ ve $bc-3$ dayanıklılık genlerini yenebildiğini bildirmiştir. Dominant *I* ve resesif $bc-3$ genlerini marker destekli geri melezleme ıslahı yoluyla hassas Ruanda fasulyelerine transfer etmeyi amaçlayan Ruhimbana ve Mutlu (2019) CAPS markörlerinin elde edilen fasulye progenlerinin seçimde başarıyla kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde farklı araştırmalar farklı gen kombinasyonlarını içeren fasulye genotiplerinin belirlenmesi amacıyla dayanıklılık markörlerini etkin şekilde kullanmışlardır (Mukeshimana ve ark., 2005; Bello ve ark., 2014; Boersma ve ark., 2014).

SONUÇ

Çalışma kapsamında ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen bazı fasulye çeşitlerindeki BCMV ve BCMNV'e karşı dayanıklılık kaynakları moleküler markörler kullanılarak detaylı şekilde ortaya konulmuştur. Elde edilen sonuçlar $I+bc-1^2$ ve $I+bc-3$ gen kombinasyonlarının yaygın olarak bu çeşitlerdeki dayanıklılıkta rol oynadığını göstermiştir. Yapılacak ıslah çalışmalarında dominant *I* ve resesif $bc-3$ genlerini taşıyan çeşitlere öncelik verilmesi gerektiği düşünülmektedir. BCMV ve BCMNV'nin tüm streynlerine karşı dayanıklılık sağladığı belirtilen $I+bc-3$ gen kombinasyonu ise test edilen çeşitler arasında bulunamamıştır. Bu kapsamda ülkemizdeki yerel çeşit ve genotiplerdeki farklı dayanıklılık kaynaklarının araştırılması ve değişik gen kombinasyonlarını taşıyan fasulye çeşitlerinin geliştirilmesi bu etmene karşı mücadelede daha başarılı sonuçlar sağlayacaktır. Ayrıca markör destekli seleksiyon yöntemi üzerine yapılacak ilave çalışmaların fasulye bitkisindeki diğer etmenlere karşı da ıslah çalışmalarının etkinliğinin artmasında önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKI BEYANI

Yazarlar olarak makalenin planlanması, yürütülmesi ve yazımı tarafımızca eşit olarak yapılmıştır.

KAYNAKLAR

- Bello, M. H., Moghaddam, S. M., Massoudi, M., McClean, P. E., Cregan, P. B., & Miklas, P. N. (2014). Application of in silico bulked segregant analysis for rapid development of markers linked to Bean common mosaic virus resistance in common bean. *BMC Genomics*, 15(1), 903.
- Blair, M. W., Buendia, H. F., Castano, M., Santana, G. E., & Morales, F. (2004). *Adaptation and use of SCAR markers for BCMNV resistance (bc-3 and dominant/genes) in an Andean bean breeding program*. South African Plant Breeding Conference, Durban, South Africa.
- Boersma, J. G., Conner, R. L., Balasubramanian, P. M., Navabi, A., Yu, K., & Hou, A. (2014). Combining resistance to common bacterial blight, anthracnose, and bean common mosaic virus into Manitoba-adapted dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Canadian Journal of Plant Science*, 94(2), 405-415.
- Chew, M. Y. I., Velásquez, V. R., Mena, C. J., & Gaytán, M. A. (2010). Virus de frijol en la Comarca Lagunera y Zacatecas. *Folleto Técnico Campo Experimental Zacatecas CIRNOC-INIFAP, Zacatecas*, 41.
- Deligöz, İ., & Sökmen, M. A. (2013). Bazı fasulye genotiplerinin Bean common mosaic virus (BCMV) ve Bean common mosaic necrosis virus (BCMNV)'a dayanıklılık durumlarının kalitatif, kantitatif ve moleküler yöntemlerle belirlenmesi. *Bitki Koruma Bülteni*, 53(2), 101-113.
- Deligöz, İ., Sarı, S., & Karaağaç, O. (2015). Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından geliştirilen taze fasulye ıslah hatları ve bazı ticari çeşitlerin Bean common mosaic virus (BCMV)'a dayanıklılık durumlarının araştırılması. *Derim*, 32(1), 1-10.
- Drijfhout, E. (1978). *Genetic Interaction Between Phaseolus vulgaris and Bean Common Mosaic Virus with Implications for Strain Identification and Breeding for Resistance*. Centre for Agricultural Publication and Documents, Wageningen, the Netherlands.
- Drijfhout, E., & Morales, F. (2005). Bean common mosaic. In: H. F. Schwartz, J. R. Steadman, R. Hall, & R. L. Forster (Eds.), *Compendium of Bean Diseases*, 2nd ed. (Pp: 60-62). APS press, St. Paul, MN.
- Feng, X., Myers, J. R., & Karasev, A. V. (2015). Bean common mosaic virus isolate exhibits a novel pathogenicity profile in common bean, overcoming the bc-3 resistance allele coding for the mutated EIF4E translation initiation factor. *Phytopathology* 105, 1487-1495.
- Haley, S. D., Afanador, L., & Kelly, J. D. (1994). Identification and application of a random amplified polymorphic DNA marker for the I gene (potyvirus resistance) in common bean. *Phytopathology*, 84(2), 157-160.
- Hall, R. (1994). *Bean Diseases, Bean Pathogens, Bean Disease Control*. Compendium of Bean Diseases, APS press, Minnesota, USA.
- Hart, J. P., & Griffiths, P. D. (2013). A series of eIF4E alleles at the Bc-3 locus are associated with recessive resistance to Clover yellow vein virus in common bean. *Theoretical and Applied Genetics*, 126(11), 2849-2863.
- Johnson, W. C., Guzmán, P., Mandala, D., Mkandawire, A. B. C., Temple, S., Gilbertson, R. L., & Gepts, P. (1997). Molecular tagging of the BC-3 gene for introgression into Andean common bean. *Crop Science*, 37(1), 248-254.
- Kelly, J. D., Afanador, L., & Haley, S. D. (1995). Pyramiding genes for resistance to bean common mosaic virus. *Euphytica*, 82(3), 207-212.
- Kelly, J. D. (1997). A review of varietal response to bean common mosaic potyvirus in *Phaseolus vulgaris*. *Plant Varieties and Seeds*, 10(1), 1-6.
- Melotto, M., Afanador, L., & Kelly, J. D. (1996). Development of a SCAR marker linked to the I gene in common bean. *Genome*, 39(6), 1216-1219.
- Miklas, P., Larsen, R., & Kelly, J. (1998). *Localized Vein Necrosis to BCMNV in Pinto P94207 is Conditioned by a Dominant Gene*. Bean Improvement Cooperative, USA.
- Miklas, P. N., Larsen, R. C., Riley, R., & Kelly, J. D. (2000). Potential marker-assisted selection for bc-1 2 resistance to bean common mosaic potyvirus in common bean. *Euphytica*, 116(3), 211-219.
- Morales, F. J., & Bos, L. (1988). Bean common mosaic virus. Online publication. Descriptions of Plant Viruses No. 337. <http://www.dpvweb.net7dpv/showdpv.php?dpvno=337>. Access date: April 15, 2020.
- Mukeshimana, G., Paneda, A., Rodríguez-Suárez, C., Ferreira, J. J., Giraldez, R., & Kelly, J. D. (2005). Markers linked to the bc-3 gene conditioning resistance to bean common mosaic potyviruses in common bean. *Euphytica*, 144(3), 291-299.
- Naderpour, M., Lund, O. S., Larsen, R., & Johansen, E. (2010). Potyviral resistance derived from cultivars of *Phaseolus vulgaris* carrying BC-3 is associated with the homozygotic presence of a mutated eIF4E allele. *Molecular Plant Pathology*, 11(2), 255-263.

- Pasev, G., Kostova, D., & Sofkova, S. (2013). Identification of genes for resistance to Bean common mosaic virus and Bean common mosaic necrosis virus in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) breeding lines using conventional and molecular methods. *Journal of Phytopathology*, 162(1), 19-25.
- Ruhimbana, C., & Mutlu, N. (2019). Marker-assisted pyramiding potyvirus resistance genes into Rwandan common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32(3), 1-1.
- Strausbaugh, C. A., Myers, J. R., Forster, R. L., & McClean, P. E. (1999). bc-1 and bc-u—two loci controlling bean common mosaic virus resistance in common bean are linked. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 124(6), 644-648.
- TÜİK. (2020). Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr>. Erişim tarihi 20 Mayıs 2020.
- Yeken, M. Z., Özer, G., Çelik, A., & Çiftçi, V. (2018). Türkiye'de ticari fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşitlerinde bean common mosaic virus ve bean common mosaic necrosis virus etmenlerine dayanıklılıkla ilişkili genlerin karakterizasyonu. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(4), 613-619.
- Wani, A. B., Bhat, M. A., Husaini, A. M., & Sidiqi, I. (2017). Screening of important bean genotypes/collections for resistance against Common Bean Mosaic Virus using molecular markers. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(4), 343-347.



Research Article

Potential of Local Entomopathogenic Nematode Isolates to Control the Adults of the Scarab Beetle, *Epicometis hirta* (Coleoptera: Scarabaeidae)*

Fatma Akpınar, Ebubekir Yüksel*, Ramazan Canhilal

Department of Plant Protection, Faculty of Seyrani Agriculture, Erciyes University, Kayseri, Turkey

Geliş tarihi (Received): 23.06.2020

Kabul tarihi (Accepted): 21.07.2020

Keywords:

Scarab beetle, *Steinernema* spp., *Heterorhabditis* spp., beneficial nematodes, biological control

Abstract. The scarab beetle, *Epicometis (Tropinota) hirta* (Poda) (Coleoptera: Scarabaeidae), is a serious pest that feeds and destroys developing and blossoming flowers of apple plants. The pest has recently been reported more frequently from apple orchards in Turkey. The control of the adults of *E. hirta* is challenging due to the restrictions on the application of the chemicals used against the adults during the flowering period of apple orchards in Turkey. Other control methods fail to achieve desired results in the control of the adults. Therefore, there is an increasing need for more sustainable and environmentally-friendly control methods against the adults of *E. hirta*. In the present study, the pathogenicity of Turkish entomopathogenic nematode (EPN) isolates was evaluated using adults of this pest under laboratory conditions, toward developing an EPN-based integrated *E. hirta* control plan. Virulence of local EPN isolates against *E. hirta* was tested in 12-well bioassay plates containing sterile soil treated with different EPN concentrations (0, 190 and 380 IJs adult⁻¹) and then incubated at 25 or 30 °C. All the EPNs isolates caused high mortality ranging from 45 to 100% at 25 °C, or 60 to 100% at 30°C, respectively. The local *Steinernema carpocapsae* (Weiser) (Nematoda: Rhabditida) isolate E76-S from Turkey was the most efficient, achieving the maximum mortality rate (100%) at both temperatures. The evidence of this study gave promising results for the control of the adults of *E. hirta* using local EPN isolates but further studies should be carried out in field conditions to determine the field performance of EPNs.

***Corresponding author:**

ebubekiryuksel@erciyes.edu.tr

Yerel Entomopatojen Nematod İzolatlarının, Bakla Zınnı, *Epicometis hirta* (Coleoptera: Scarabaeidae) Erginlerini Kontrol Etme Potansiyeli

Anahtar kelimeler:

Bakla zınnı, *Steinernema* spp., *Heterorhabditis* spp., faydalı nematodlar, biyolojik mücadele

Özet. Bakla Zınnı, *Epicometis (Tropinota) hirta* (Poda) (Coleoptera: Scarabaeidae), elma ağaçlarının tomurcuk ve açan çiçeklerinde beslenen ve ciddi tahribatlara neden olan önemli bir zararlıdır ve son zamanlarda Türkiye'deki elma bahçelerindeki artan bir sıklıkta bildirilmektedir. Türkiye'deki elma bahçelerinin çiçeklenme döneminde bu zararlıya karşı kullanılan kimyasalların uygulanmasına ilişkin kısıtlamalar nedeniyle *E. hirta* erginlerinin kontrolü oldukça zordur. Bu zararlıya karşı diğer mücadele yöntemleri kullanarak, *E. hirta* erginlerinin kontrolünde istenen sonuçları elde edilememektedir. Bu nedenle, *E. hirta*'nın erginlerine karşı daha sürdürülebilir ve çevre dostu kontrol yöntemlerine ihtiyaç artmaktadır. Bu çalışmada entomopatojen nematodların da içerisinde yer aldığı entegre bir mücadele programı oluşturulmasına yönelik, yerel entomopatojen nematod (EPN) izolatlarının *E. hirta* erginleri üzerindeki patojenisitesi laboratuvar koşulları altında değerlendirilmiştir. Yerel EPN izolatlarının *E. hirta* erginleri üzerindeki virülensi, farklı EPN konsantrasyonlarda (0, 190 ve 380 IJ ergin⁻¹) ve sıcaklıkta (25 veya 30 °C'de) içerisinde steril toprak bulunan (12) well-plateelerde test edilmiştir. Test edilen EPN izolatları, 25° C'de %45-100 ve 30°C'de %60-100 arasında değişen ölümlere neden olmuştur. *Steinernema carpocapsae* (Weiser) (Nematoda: Rhabditida) E76-S izolatu her iki sıcaklıkta da maksimum ölüm oranı (%100) meydana getirerek en etkili izolat olmuştur. Bu çalışmanın sonuçları, yerel EPN izolatları kullanarak *E. hirta* erginlerinin kontrolü için umut verici sonuçlar vermiştir, ancak EPN'lerin arazi koşullarındaki etkinliğini belirlemek için arazi koşullarında çalışmalar yapılmasına ihtiyaç vardır.

**This article was produced from a master's thesis published in 2016.

ORCID ID (Yazar sırasına göre/By author order)

0000-0002-4486-3452 0000-0002-6982-5874 0000-0002-0753-0077

INTRODUCTION

The adults of the scarab beetle *Epicometis (Tropinota) hirta* (Poda) (Coleoptera: Scarabaeidae) is considered to be a serious pest of fruit tree orchards and frequently have been reported to infest blossom, feeding on petals, staminae and stigmae of flowers (Ertop and Özpınar, 2011), especially in European countries such as Austria (Böhm, 1950), Hungary (Toth et al., 2003), Bulgaria (Kutinkova and Andreev, 2004), Croatia (Ražov et al., 2009) and Macedonia (Rozner and Rozner, 2009). Recently, the damage of the adults of *E. hirta* on the various fruit trees in Turkey appears to be increasing (Tezcan and Pehlivan, 2001; Öztürk and Ulusoy, 2003; Özkan, 2005; Özbek, 2008; Yaşar et al., 2013; Arslan and Aslan, 2015; Gezer and Özpınar, 2015; Kaçar and Koca, 2020).

Turkey is one of the most important fruit tree growers in the world and over 85 fruit tree species are cultivated successfully (Ercisli, 2004). The adults of these beetles may damage 70% of the flowers of fruit trees, if not efficiently suppressed (Kutinkova and Andreev, 2004; Ražov et al., 2009). Recent restrictions imposed on the insecticides in the flowering period of fruit tree plants to protect the non-target organisms and the waiting period of the insecticides, as well as the potential of the adults of *E. hirta* to develop resistance to insecticides have led researchers to search for new and effective biological control strategies (Schmera et al., 2004; Abdel-Razek, 2010; Abdel-Razek and Abd-Elgawad, 2013; Yaşar and Uysal, 2013; Al-Alawi, 2014; Atmaca et al., 2018; Özdemir and Gözel, 2018; Şahin et al., 2018; Aydın and Yaşar, 2019; Çolak et al., 2019; Özdemir et al., 2020; Şahin and Susurluk, 2020).

Entomopathogenic nematodes (EPNs) (*Steinernema* and *Heterorhabditis* sp.) have been receiving increasing attention in the last decades, due to their potential to control a wide range of pests of agricultural importance (Canhilal et al., 2007; Azizoglu et al., 2016; Canhilal et al., 2017; Kamali et al., 2017; Yuksel and Canhilal, 2018). The non-feeding stage of EPNs, infective juveniles (IJs), are capable of active host searching and killing the insect hosts within 24-72 h by the help of mutualistic bacteria mostly in the genera *Xenorhabdus* and *Photorhabdus* after penetrating host body (Poinar and Grewal, 2012; Stock et al., 2017; Shan et al., 2019). Although *Alcaligenes* sp. were isolated from *S. carpocapsae* there are still doubts about their symbiotic relationships with EPNs and pathogenicity against the insects (Boemare et al., 1996; Gouge and Snyder, 2016; Jiménez-Cortés et al., 2016; Fu and Lie, 2019; Shan et al., 2019; Özdemir et al., 2020).

Although the success of the foliar application of EPNs is limited compared to soil applications (Klein, 1990) they still possess a great potential to control foliage and cryptic pests. However, to be successful the right selection of application methods and time, species, isolate and temperature is important as these are among the most crucial factors affecting the efficacy of EPNs (Jacob and Mathew, 2016; Laleh et al., 2016; Begley et al., 2018; Hussein et al., 2019). Previous field studies showed that IJs of EPNs can remain alive and infective on the leaves and flowers of apple trees up to 4 days after application at dusk, which may be enough time-length for EPN-IJs to penetrate and kill large numbers of *E. hirta* pests in apple orchards (Bedding and Akhurst, 1975; Belair et al., 1998).

Laboratory evaluation of EPNs on the target pest is essential to indicate the control potential of the native species or isolates toward field studies. Thus, the efficacy of different EPN isolates (reported in Turkey) on the adults of *E. hirta* was established for varied IJ concentrations in EPN-treatments, dissimilar temperatures and increasing time-length of exposure of the adult *E. hirta* pests to the local EPN isolates under laboratory conditions. Our main objective was to predict at least a more promising local EPN isolate that may produce desirable results, if used, in field trials toward developing biocontrol strategy against the scarab beetle pest (*E. hirta*) in apple orchards in Turkey.

MATERIAL AND METHOD

Obtaining Healthy Adults of *E. hirta* for Trial Under Laboratory Conditions

Pesticide application in Kayseri province was stopped in June 2017 to secure and obtain sufficient numbers of healthy adults of *E. hirta* from the infested apple orchards. The collected adults were put in plastic cages (20 x 20 x 25 cm³) with the lid opened to allow air. Blossoming apple flowers from these orchards were also added to the cages to provide food to the adult beetles. Few beetles were later transferred from the cages to a 180-ml containers that lack food for beetle, and then examined for 24 hours under laboratory conditions at 25 °C and 60% relative humidity (R.H), to select the healthier adults for the experiments.

In-vivo Production of Local EPN Isolates for Experiment

Entomopathogenic nematode isolates (in Table 1) were produced using EPN-infected last instars of *Galleria mellonella* (L.) (Lepidoptera: Pyralidae) under laboratory conditions (i.e., at 25±1 °C and 60% R.H.) (Kaya and

Gaugler, 1993; Canhilal, 2011; Yuksel et al., 2019). The IJ stock suspensions of each EPN isolate were rinsed into containers using distilled water and then stored at 7°C for one week before being used for laboratory trials.

One hour after the stock suspensions of each isolate were adjusted to active 190 and 380 IJs/ml according to the recommended IJ concentrations by Stock (2009), the EPNs were applied against *E. hirta* in bioassays using a micropipette.

Table 1. Native entomopathogenic nematode (EPN) isolates in Turkey.

Çizelge 1. Türkiye'den izole edilmiş yerel entomopatojen nematod (EPN) izolatları.

Isolates	Districts/Province	References
<i>Heterorhabditis indica</i> 216-H	Afsin/Kahramanmaraş	Canhilal et al., 2016
<i>H. bacteriophora</i> FLH-4-H	Felahiye/Kayseri	Canhilal et al., 2017
<i>Steinernema bicornotum</i> MGZ-4-S	Melikgazi/Kayseri	Canhilal et al., 2017
<i>S. carpocapsae</i> E76-S	Tomarza/Kayseri	Canhilal et al., 2017
<i>S. feltiae</i> KCS-4-S	Kocasinan/Kayseri	Canhilal et al., 2017

The Bioassay for the Laboratory Trial

A flat bottom 12-well-plate was used for the experiment. A well in a plate has a surface area of 3.8 cm² with its depth being 1.7 cm. A 15 g sample of autoclaved air-dried sandy soil was added to each of the 12 wells per a plate. After that, a healthy-looking adult scarab beetle (*E. hirta*) was added in each well containing sandy soil. About a 5-g piece of apple flower as food was supplied to each beetle pest in each well before being treated with active IJs of the local EPN isolates.

The EPN Isolate-Treatments to *E. hirta* in the Bioassay

An adult beetle in each well was treated with 1 ml of 190 IJs, using a micropipette. After inoculation of the beetles in all the 12 wells per plate, Parafilm was used to cover the surface of the wells to maintain moisture in each well. Similar EPN-treatment was done to *E. hirta* at the concentration of 1 ml of 380 IJs/adult in each of the 12 wells per plate. One millilitre of tap-water only was applied to an adult beetle in each of the 12 wells in a plate. Four replicates of a treatment in a 12-well-plate were made for each of the IJ concentrations 0, 190 and 380 IJs/adult, and then incubated at 25±1 °C. Similarly, EPN-treatments at 0, 190 and 380 IJs adult⁻¹ were made and then incubated at 30±1 °C. The mortality of the adult beetle pests was assessed on 4th, 8th and 12th days after treatment (DAT). A dead adult of *E. hirta* was retrieved from each well and the presence of IJs in the cadavers was done to confirm "mortality due to EPN" by examining a dissected cadaver under a microscope.

Data Analysis

Because none of the adult beetles died in the control, mortality of *E. hirta* observed in EPN isolate-treatments was not corrected before analysis. The SPSS-software (Version 11.0) was used to compute all statistics. The multiple analysis of variance (MANOVA) was used to examine whether manipulating IJ concentration of an EPN isolate in EPN-treatments, the number of EPN isolates used in the trials and level of temperature may cause a significant variation in their observed mean (± standard error) values of the mortality of the scarab beetles at each DAT (Gotelli and Ellison, 2013). Tukey's multiple range tests at $P \leq 0.05$ were used to compare mean (±standard error) values of mortality (the response variables) among the predicting treatment factors.

RESULTS AND DISCUSSION

All native EPN isolates tested were capable of infecting and killing the adults of *E. hirta* with varying levels of pathogenicity at both temperatures tested (Tables 2 and 3). The mortality rates of the adults were significantly influenced by the nematode isolates and concentrations of IJs as main factors at all time-lengths after EPN-treatment, whereas the temperature was significantly different only on the 4th and 8th DAT (Table 2). The effect of the interactions of the main factors on the mean mortality rates was not significant for the majority of the DAT (Table 2). Increasing the nematode concentration and temperature yielded an increase in the mortality rates of *E. hirta* (Table 3). Similarly, the mortality of *E. hirta* in all the treatments tended to increase with extension of exposure time to the EPNs.

Table 2. MANOVA parameters for the main effects and associated interactions for the mortality rates of the adults of *Epicometis hirta*.

Çizelge 2. *Epicometis hirta* erginlerinin ölüm oranları için ana faktörler ve interaksiyonlarının çok değişkenli varyans analizi (MANOVA).

Source*	4 th DAT			8 th DAT			12 th DAT		
	df	F	P	df	F	P	df	F	P
N	4	7.429	0.000	4	9.158	0.000	4	5.769	0.000
C	1	482.187	0.000	1	1.224.516	0.000	1	2.315.263	0.000
T	1	11.929	0.001	1	6.579	0.012	1	3.857	0.053
N*T	4	3.945	0.005	4	2.474	0.050	4	0.729	0.575
N*C	4	2.566	0.014	4	2.424	0.020	4	1.127	0.353
C*T	1	4.071	0.020	1	1.274	0.285	1	1.594	0.209
N*C*T	4	2.015	0.053	4	1.471	0.179	4	0.973	0.462

*DAT: Days after EPN-treatment, N: Number of local EPN isolates, C: Different EPN-IJ concentrations, T: Dissimilar temperatures, F: F-statistic, P: Probability for significant level and df: the degree of freedom. *Calculated P-value ≤ 0.05 indicates that the source of variation in mortality of adult *E. hirta* was significant.

On the 12th DAT, 100% mortality of adult beetles was achieved by the local *S. carpocapsae* isolate at both temperatures on the 12th DAT (Table 3), but the least efficient isolate was the native *S. feltiae* (in Tables 2 and 3) that caused 45% and 60% mortality at 25 \pm 1 and 30 \pm 1 °C, respectively. On the 4th DAT, the *S. carpocapsae* isolate (in Tables 2 and 3) had already caused 80% mortality at a concentration of 190 IJs at 25 °C, whereas the remaining EPN isolate-treatments with 190 IJs/adult at 25 °C could only achieve very low mortalities ranging from 45 \pm 10 to 57 \pm 17% (Table 3).

Table 3. The mortality rates (Mean \pm Se) of the adults of *Epicometis hirta* exposed to different species of entomopathogenic nematodes, at two different concentrations of infective juveniles (IJs) in the well plates at 25 \pm 1 °C or 30 \pm 1 °C. Çizelge 3. Farklı entomopatojen nematode izolatlarının iki farklı sıcaklıkta (25 \pm 1 °C ve 30 \pm 1°C) ve konsantrasyonda (190 ve 380 IJs/ergin) well-plate denemelerinde uygulamadan sonraki 4., 8 ve 12. günlerde *Epicometis hirta* erginleri üzerinde meydana getirdikleri ölüm oranları.

Nematode Isolates /temperature*	Days after treatment (DAT)					
	4 th day		8 th day		12 th day	
	190 IJs/adult	380 IJs/adult	190 IJs/adult	380 IJs/adult	190 IJs/adult	380 IJs/adult
25°C						
MGZ-4S	47 \pm 20 Aa	60 \pm 13 Bab	70 \pm 11 Aab	82 \pm 17 Bb	87 \pm 15 Ab	92 \pm 9 Bb
KCS-4S	45 \pm 10 Aa	40 \pm 8 Aa	65 \pm 12 Ab	65 \pm 19 Ab	87 \pm 9 Ac	77 \pm 5 Abc
E-76-S	80 \pm 8 Ba	87 \pm 15 Cab	95 \pm 5 Bb	92 \pm 9 Bb	100 \pm 0 Bb	95 \pm 10 Bb
216-H	50 \pm 14 Aa	85 \pm 10 Cb	92 \pm 9 Bb	90 \pm 8 Bb	95 \pm 10 ABb	90 \pm 8 Bb
FLH-4-H	57 \pm 17 Aa	72 \pm 17 BCb	85 \pm 5 ABc	87 \pm 9 Bc	95 \pm 11 ABc	95 \pm 10 Bc
30°C						
MGZ-4S	77 \pm 9 Aa	82 \pm 9 Ca	95 \pm 5 Bb	90 \pm 11 Bb	95 \pm 5 ABb	97 \pm 5 Bb
KCS-4S	60 \pm 8 ABa	67 \pm 5 Ba	75 \pm 12 Aab	85 \pm 12 Bb	85 \pm 5 Ab	92 \pm 9 Bb
E-76-S	70 \pm 8 Ba	80 \pm 8 Cab	92 \pm 9 Bb	95 \pm 5 Bb	100 \pm 0 Bb	100 \pm 0 Bb
216-H	70 \pm 8 Ba	75 \pm 12 BCa	90 \pm 11 Bb	92 \pm 5 Bb	95 \pm 10 ABb	95 \pm 5 Bb
FLH-4-H	75 \pm 12 Ba	75 \pm 12 BCa	85 \pm 5 ABb	85 \pm 12 Bb	90 \pm 8 ABb	92 \pm 9 Bb

*Mean values followed by different lowercase letters in the same line and mean values followed by different uppercase letters in the same column are statistically different according to Tukey's test ($P \leq 0.05$). FLH-4-H: *Heterorhabditis bacteriophora*, 216-H: *H. indica*, E76-S: *Steinernema carpocapsae*, MGZ-4-S: *S. bicornotum*, KCS-4S: *S. feltiae*.

Mortalities of adult *E. hirta* beetles observed in the *S. feltiae* isolate-treatments at 190 or 380 IJs adult⁻¹ mostly increased marginally with increasing DAT (Tables 2 and 3). Nonetheless, the 380 IJs adult⁻¹ of *S. bicornotum*, *H. indica* and *H. bacteriophora* isolates in the treatments at 30 \pm 1 °C achieved high mortality rates of *E. hirta* pests, similar to those observed for the 190 IJs adult⁻¹ of *S. carpocapsae* isolate in treatments at 25 \pm 1 °C (Tables 2 and 3).

This study showed that pathogenicity of EPNs to *E. hirta* varies depending on EPN species, the concentration of IJs, increasing time-length of exposing *E. hirta* to local EPN isolates, and temperature. The effectiveness of some species remained the same, or even decreased with the increasing concentration and temperature.

Steinernema carpocapsae (a native isolate from Tomarza/Kayseri Province of Turkey) was the most outperforming pathogenic isolate among other local virulent EPNs tested against the adults of *E. hirta*, in this study. The higher efficacy of *S. carpocapsae* E-76 isolate could be due to the insect-killing symbiotic bacteria associated with it and its ambushing-to-cruising foraging strategy which helps them to reach the target insect (Lacey and Georgis, 2012; Campos-Herrera, 2015). In general, all the EPN isolates caused higher mortality to the adults of *E. hirta* starting from the fourth day after EPN-treatments, suggesting the need to select the more promising local EPN isolate(s) observed in this study for field trials against *E. hirta* in apple orchards. Principles to use these local EPN isolates against *E. hirta* in Turkey must be established, perhaps, similar to the way they were examined for the control of an *Anastrepha* fruit fly pest in guava orchards (Heve et al., 2016; 2017; 2018).

This is primarily because pathogenicity of EPNs, which high efficiency of the species against the *E. hirta* pest on blossoming flowers of apple trees may vary between laboratory and field environments. Thus, additional studies are needed to reveal the potential of the more virulent local EPN isolate(s) in apple orchards toward making rational decisions, even though these native isolates have established in Turkey where they are better adapted to changing climatic conditions.

CONCLUSION

In the present study, all local EPN isolates caused between 45 and 80% mortality within the first 96 h after inoculation. Obtained results are promising for field studies of EPNs to control the adults of *E. hirta* considering their surviving ability on the apple trees for 4 days after application (Belair et al., 1998). Further studies are needed to reveal the field potential of EPNs in apple orchards. Biotechnical methods such as colour and attractant traps may be used to enhance the efficiency of EPNs and provide better control.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that they have no conflict of interest.

AUTHORS' CONTRIBUTIONS

FA, EY and RC conceived and designed the research. FA and EY conducted the experiments. FA and EY analyzed the data and wrote the manuscript. All authors read and approved the manuscript.

REFERENCES

- Abdel-Razek, A. S. (2010). Field evaluation of bacterial symbionts of entomopathogenic nematodes for suppression of hairy rose beetle, *Tropinota squalida* Scop., (Coleoptera: Scarabaeidae) population on cauliflower in Egypt. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 43(1), 18-25.
- Abdel-Razek, A. S., & Abd-Elgawad, M. M. M. (2013). Effects of entomopathogenic nematodes on suppressing hairy rose beetle, *Tropinota squalida* Scop. (Coleoptera: Scarabaeidae) population in cauliflower field in Egypt. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, 7, 28-32.
- Al-Alawi, M. S. (2014). Efficacy of essential oils from medicinal plants in control of the hairy rose beetle, *Tropinota squalida* (Scopoli) and their comparative toxicity to the honey bee, *Apis mellifera* L. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 9(3), 284-288.
- Arslan, Ö. M., & Aslan, M. M. (2015). Kahramanmaraş ili badem ağaçlarında bakla zınnı (*Epicometis hirta* (Poda) (Coleoptera: Scarabaeidae)'nın farklı tuzaklarla yakalanması üzerine araştırma. *Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Natural Sciences*, 18(4), 6-12.
- Atmaca, S., Pekbey, G., & Canhilal, R. (2018). Bazı entomopatojen fungusların baklazınnı, *Epicometis hirta* (Poda) (Coleoptera: Scarabaeidae) erginlerine karşı virülensliği. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(2), 37-42.
- Azizoglu, U., Karabörklü, S., Ayvaz, A., & Yılmaz, S., (2016). Phylogenetic relationships of insect-associated free-living Rhabditid nematodes from Eastern Mediterranean Region of Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 14(3), 93-103.
- Bedding, R. A., & Akhurst, R. J. (1975). A simple technique for the detection of insect parasitic rhabditid nematodes in soil. *Nematologica*, 21(1), 109-110.
- Belair, G., Vincent, C., & Chouinard, G., (1998). Foliar sprays with *Steinernema carpocapsae* against early-season apple pests. *Journal of Nematology*, 30(4S), 599.

- Boemare, N., Laumond, C., & Mauleon, H. (1996). The entomopathogenic nematode-bacterium complex: biology, life cycle and vertebrate safety. *Biocontrol Science and Technology*, 6(3), 333-346.
- Boemare, N., Givaudan, A., Brehelin, M., & Laumond, C., (1997). Symbiosis and pathogenicity of nematode-bacterium complexes. *Symbiosis*, 22(1-2), 21-45.
- Böhm, H. (1950). Observations on the occurrence of *Epicometis hirta* injuring fruit blossom in Austria. *Pflanzenschutzberichte*, 5, 241-257.
- Campos-Herrera, R. (2015). *Nematode Pathogenesis of Insects and Other Pests: Ecology and Applied Technologies for Sustainable Plant and Crop Protection*. Springer, Newyork, USA.
- Canhilal, R., Reid, W., Kutuk, H., & El-Bouhssini, M. (2007). Susceptibility of sunn pest, *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae), to various entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae). *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, 24(1), 19-26.
- Canhilal, R. (2011). Heterorhabdit nematodların (rhabditida: heterorhabditidae) biyolojik etkinliklerinin *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: pyralidae) üzerinde karşılaştırılması. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, (2), 43-51.
- Canhilal, R., Waeyenberge, L., Toktay, H., Bozbuga, R., Çerintas, R., & Imren, M. (2016). Distribution of Steinernematids and Heterorhabditids (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) in the Southern Anatolia Region of Turkey. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 26(4).
- Canhilal, R., Waeyenberge, L., Yüksel, E., Koca, A. S., Deniz, Y., & Imren, M. (2017). Assessment of the natural presence of entomopathogenic nematodes in Kayseri soils, Turkey. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 27(2).
- Çolak, E. Ş., Yüksel, E., & Canhilal, R. (2019). Yabancı otların kontrolünde biyolojik mücadele. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 2(3), 23-29.
- Ercisli, S., (2004). A short review of the fruit germplasm resources of Turkey. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 51(4), 419-435.
- Ertop, S., & Özpinar, A. (2011). Çanakkale ili kiraz ağaçlarındaki fitofag ve yararlı türler ile bazı önemli zararlıların popülasyon değişimi. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 1(2), 109-118.
- Fu, J. R., & Liu, Q. Z. (2019). Evaluation and entomopathogenicity of gut bacteria associated with dauer juveniles of *Oscheius chongmingensis* (Nematoda: Rhabditidae). *MicrobiologyOpen*, 8(9), e00823.
- Gaugler, R. (2018). *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*. CRC Press, New York, USA.
- Gezer, B., & Özpinar, A. (2015). Çanakkale ilinde şeftali, elma, kiraz ve kayısılarda *Tropinota hirta* (Poda) (Coleoptera: Cetoniidae) ergin yoğunluğunu belirlemede farklı tuzakların değerlendirilmesi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(2), 27-34.
- Gotelli, N. J., & Ellison, A. M. (2013). The analysis of multivariate data. In N. J. Gotelli, & A. M. Ellison (Eds.), *A primer of ecological statistics*, 2nd edition (pp. 384-445). Sunderland, Sinauer Associates, Inc. Publishers.
- Gouge, D. H., & Snyder, J. L. (2006). Temporal association of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) and bacteria. *Journal of Invertebrate Pathology*, 91(3), 147-157.
- Grewal, P. S., Lewis, E. E., Gaugler, R., & Campbell, J. F. (1994). Host finding behaviour as a predictor of foraging strategy in entomopathogenic nematodes. *Parasitology*, 108(2), 207-215.
- Heve, W. K., El-Borai, F. E., Carrillo, D., & Duncan, L. W. (2016). Biological control potential of entomopathogenic nematodes for management of Caribbean fruit fly, *Anastrepha suspensa* Loew (Tephritidae). *Pest Management Science*, 73(6), 1220-1228.
- Heve, W. K., El-Borai, F.E., Carrillo, D., & Duncan, L.W. (2017). Increasing entomopathogenic nematode biodiversity reduces efficacy against the Caribbean fruit fly *Anastrepha suspensa*: interaction with the parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata*. *Journal of Pest Science*, 91(2), 799-813.
- Heve, W. K., El-Borai, F. E., Johnson, E.G., Carrillo, D., Crow, W. T., & Duncan, L.W. (2018). Responses of *Anastrepha suspensa*, *Diachasmimorpha longicaudata* and sensitivity of guava production to *Heterorhabditis bacteriophora* in fruit fly integrated pest management. *Journal of Nematology*, 50(3), 261-272.
- Hussein, M. A., & El-Mahdi, I. F. (2019). Efficiency of three formulated entomopathogenic nematodes against onion thrips, *Thrips tabaci* under aquaculture system. *Journal of Biopesticides*, 12(1), 134-138.
- Jacob, J. S., & Mathew, M. P. (2016). Laboratory evaluation of entomopathogenic nematodes against American serpentine leaf miner, *Liriomyza trifolii* (Burgess). *Journal of Biopesticides*, 9(1), 27-33.

- Jiménez-Cortés, J. G., Canales-Lazcano, J., Lara-Reyes, N., Rosenblueth, M., Martínez-Romero, E., & Contreras-Garduño, J. (2016). Microbiota from *Rhabditis regina* may alter nematode entomopathogenicity. *Parasitology research*, 115(11), 4153-4165.
- Kacar, G., & Koca, A. S. (2020). Bolu ili kiraz ve vişne bahçelerinde belirlenen zararlı ve faydalı türler. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(3), in press.
- Kamali, S., Karimi, J., & Koppenhöfer, A. M. (2018). New insight into the management of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) with entomopathogenic nematodes. *Journal of Economic Entomology*, 111(1), 112-119.
- Kaya, H. K., & Gaugler, R. (1993). Entomopathogenic nematodes. *Annual Review of Entomology*, 38(1), 181-206.
- Kutinkova, H., & Andreev, R. (2004). Integrated pest management in sweet cherry (*Prunus avium* L.) orchards in Bulgaria. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 12, 41-47.
- Laleh, E., Shiri, M. R., & Dunphy, G. B. (2016). Efficacy of the entomopathogenic nematode, *Steinernema feltiae* Against the vegetable leaf miner, *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 26(3), 583.
- Özbek, H., (2008). Türkiye'de iliman iklim meyve türlerini ziyaret eden böcek türleri. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 8(3), 92-103.
- Ozdemir, E., & Gozel, U. (2018). Nematicidal activities of essential oils against *Meloidogyne incognita* on tomato plant. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(6), 4511-4517.
- Özdemir, E., İnak, E., Evlice, E., & Laznik, Z. (2020). Compatibility of entomopathogenic nematodes with pesticides registered in vegetable crops under laboratory conditions. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 127, 529-535.
- Özdemir, E., Bayram, Ş., & Susurluk, İ. A. (2020). First Record of the Entomopathogenic Nematode *Steinernema litorale* (Filipjev) (Rhabditida: Steinernematidae) and Its Symbiotic Bacterium from Turkey, and Its Efficacy Capability. *Insects*, 11(3), 144.
- Özkan, C., (2005). Çubuk (Ankara) ilçesi vişne ağaçlarında zararlı olan türler, doğal düşmanları ve önemlileri üzerinde gözlemler. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 11(1), 57-59.
- Öztürk, N., & Ulusoy, M. R. (2003). Mersin ili kayısılarında saptanan zararlılar. *Alatarım Dergisi*, 2(2), 21-26.
- Poinar, G. O., & Grewal, P. S. (2012). History of entomopathogenic nematology. *Journal of Nematology*, 44, 153-61.
- Rozner, I., & Rozner, G. (2009). Data to the Lamellicornia fauna of the Republic of Macedonia (Coleoptera: Lamellicornia). *Natura Somogyiensis*, 15, 57-68.
- Ražov, J., BaRiç, B., & Dutto, M. (2009). Fauna of the Cetoniid beetles (Coleoptera: Cetoniidae) and their damages on peach fruits in orchards of Northern Dalmatia, Croatia. *Entomologia Croatica*, 13(2), 7-20.
- Schmera, D., Tóth, M., Subchev, M., Sredkov, I., Szarukán, I., Jermy, T., & Szentesi, A. (2004). Importance of visual and chemical cues in the development of an attractant trap for *Epicometis (Tropinota) hirta* Poda (Coleoptera: Scarabaeidae). *Crop Protection*, 23(10), 939-944.
- Shan, S., Wang, W., Song, C., Wang, M., Sun, B., Li, Y., Fu, Y., Gu, X., Ruan, W., & Rasmann, S. (2019). The symbiotic bacteria *Alcaligenes faecalis* of the entomopathogenic nematodes *Oscheius* spp. exhibit potential biocontrol of plant- and entomopathogenic fungi. *Microbial Biotechnology*, 12(3), 459-471.
- Stock, S. P. (2009). Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology. *Journal of Economic Entomology*, 102(4), 1726-1726.
- Stock, S. P., Kusakabe, A., & Orozco, R. A. (2017). Secondary metabolites produced by *Heterorhabditis* symbionts and their application in agriculture: what we know and what to do next. *Journal of Nematology*, 49(4), 373-83.
- Şahin, Y. S., Boucharı, A., Ulu, T. C., Sadıç, B., & Susurluk, A. (2018). New application method for entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar, 1976)(Rhabditida: Heterorhabditidae) HBH strain against *Locusta migratoria* (Linnaeus, 1758)(Orthoptera: Acrididae). *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 42(4), 305-312.
- Şahin, Y. S., & Susurluk, İ. A. (2020). The control of Turkestan Cockroach *Blatta lateralis* (Dictyoptera: Blattidae) by the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* HBH (Rhabditida: Heterorhabditidae) using hydrophilic Fabric Trap. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(2), 375-380.
- Shan, S., Wang, W., Song, C., Wang, M., Sun, B., Li, Y., Fu, Y., Gu, X., Ruan, W. & Rasmann, S. (2019). The symbiotic bacteria *Alcaligenes faecalis* of the entomopathogenic nematodes *Oscheius* spp. exhibit potential biocontrol of plant-and entomopathogenic fungi. *Microbial Biotechnology*, 12(3), 459-471.
- Tezcan, S., & Pehlivan, E. (2001). Evaluation of the Lucanoidea and Scarabaeoidea (Coleoptera) fauna of ecological cherry orchards in İzmir and Manisa provinces of Turkey. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38(2-3), 31-37.

- Toth, M., Klein, M. G., & Imrei, Z. (2003). Field screening for attractants of scarab (Coleoptera: Scarabaeidae) pests in Hungary. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 38(3-4), 323-331.
- Yaşar, B., Çeşme, İ., Baydar, M. S., Aysal, İ., & Yazır, A. B. (2013). Farklı mavi renkli huni tuzaklarının kiraz ağaçları çiçeklerinde beslenen baklazını [*Epicometis hirta* (Poda) (Coleoptera: Scarabaeidae)]'nın yakalanması üzerine etkisi. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 3(2), 99-105.
- Yaşar, B., & Uysal, O. (2013). Evaluation of the efficacy of different traps in capturing apple blossom beetle (*Epicometis hirta* (Poda) (Coleoptera: Scarabaeidae)). *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 37(2), 169-177.
- Yuksel, E., & Canhilal, R. (2018). Evaluation of local isolates of entomopathogenic nematodes for the management of black cutworm, *Agrotis ipsilon* Hufnagel (Lepidoptera: Noctuidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 28(1), 82.
- Yuksel, E., Canhilal, R., & Imren, M. (2019). Potential of four Turkish isolates of entomopathogenic nematodes against three major stored products insect pests. *Journal of Stored Products Research*, 83, 317-321.



Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (International Journal of Agriculture and Wildlife Science)

<http://dergipark.org.tr/ijaws>



Araştırma Makalesi

Domateste *Alternaria solani* (Ell. & G. Martin) Sor.'ye Karşı Bazı Endofit Bakterilerin Etkisi**

Gökhan Boyno, Semra Demir*, Ahmet Akköprü

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Van

Geliş tarihi (Received): 16.07.2020

Kabul tarihi (Accepted): 18.08.2020

Anahtar kelimeler:

Domates, *Alternaria solani*, endofit bakteriler

Özet. Dünyada domates yetiştiriciliği yapılan tüm alanlarda erken yanıklık hastalığına neden olan *Alternaria solani* (Ell. and G. Martin) Sor. önemli derecede ürün kayıplarına neden olmaktadır. Bu çalışmada, 8 endofit bakteri (EB) nin (T2K2, T26Y1, G116S2, T13K1, V17G2, V30Y3, V38K1 ve V40K2) *A. solani*'nin neden olduğu erken yanıklık hastalığına ve domatesin morfolojik gelişim parametrelerine olan etkileri araştırılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında EB izolatlarının *in-vivo*'da bitki morfolojik gelişimine ve *in-vitro*'da *A. solani*'ye karşı antagonistik etkilerine bakılmıştır. Bu çalışmada başarılı bulunan EB izolatları ile ikinci aşamaya geçilmiştir. Bu aşamada, seçilen EB izolatlarının *A. solani* ile enfekteli bitkilerin gelişim parametreleri ile hastalığa olan etkileri değerlendirilmiştir. EB izolatlarının hastalığı %11-53 oranında baskıladığı belirlenmiştir. *In-vivo* testlerde T13K1, V40K2 ve V30Y3 izolatları hastalığa karşı en etkili uygulamalar olmuştur. Ayrıca V40K2 izolatı, hastaliksiz ve hastalık stresi altında bitkilerin gelişimini genel olarak arttırmıştır. Bu izolatı takiben enfektesiz bitkilerde G116S2 izolatının kök yaş ağırlığını (0.49 g), enfekteli bitkilerde ise sürgün boyunu (59.17 cm) arttırırken, T13K1 izolatı ise enfektesiz uygulamalarda sürgün yaş (3.14 g) ve kuru ağırlığını (0.34 g) arttırmıştır. Enfekteli uygulamalarda negatif kontrole (K(-)) göre EB izolatları, bitki gelişimini olumlu etkilerken, pozitif kontrole (K(+)) göre farklılık göstermiştir. Sonuç olarak kullanılan EB izolatlarının pestisit ve sentetik gübre girdisini azaltma potansiyelinin olduğu, fakat bu etkinin patojen-endofit bakteri interaksiyonuna göre farklılık gösterebileceği belirlenmiştir.

*Sorumlu yazar

semrademir@yyu.edu.tr

The Effect of Some Endophytic Bacteria Against *Alternaria solani* (Ell. & G. Martin) Sor. in Tomato

Keywords:

Tomato, *Alternaria solani*, endophytic bacteria

Abstract. *Alternaria solani* (Ell. and G. Martin) Sor., causes early blight disease in all areas of tomato cultivation in the world, causes significant product losses. In this study, the effects of 8 endophytic bacteria (EB) (T2K2, T26Y1, G116S2, T13K1, V17G2, V30Y3, V38K1 and V40K2) and the morphological development parameters of tomato were investigated on early blight disease caused by *A. solani*. In the first stage of the study, the plant morphological development of EB isolates *in-vivo* and antagonistic effects against *A. solani in-vitro* were investigated. In this study, the second phase was set up with the effective EB isolates. At this stage, the effects of selected EB isolates on the disease parameters of *A. solani*-infected plants and the disease were evaluated. It was determined that EB isolates suppress the disease by 11-53%. *In-vivo* tests, T13K1, V40K2 and V30Y3 isolates were determined as the most effective treatments against the disease. In addition, the V40K2 isolate increased overall growth of the healthy plants and under disease stress. Following this isolate, the root weight (0.49g) of the G116S2 isolate increased in non-infected plants, the shoot length (59.17 cm) in the infected plants, while the T13K1 isolate increased the shoot fresh (3.14 g) and dry weight (0.34 g) in non-infected treatments. In infectious treatments, EB isolates had a positive effect on plant growth compared to negative control (K(-)), but differed according to positive control (K(+)). As a result, it has been determined that the EB isolates used have the potential to reduce pesticide and synthetic fertilizer input, but this effect may differ according to the pathogen-endophytic bacterium interaction.

**Bu çalışma "Van'da Domates Alanlarından İzole Edilen *Alternaria solani* (Ell. ve G. Martin) Sor.'nin Biyolojik Mücadele Olanaklarının Belirlenmesi" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

ORCID ID (Yazar sırasına göre/By author order)

0000-0003-3195-0749 0000-0002-0177-7677 0000-0002-1526-6093

GİRİŞ

Ekonomik bakımından oldukça önemli bir yere sahip olan domates (*Solanum lycopersicum* L.), önemli verim kayıplarına neden olan birçok fitopatolojik probleme sahiptir. Bu problemlerin başında ise fungal patojenler gelmektedir (Soylu ve ark., 2020). Özellikle *A. solani*'nin neden olduğu "Erken Yanıklık" hastalığı, dünya çapında domates yetiştiriciliği yapılan bütün alanlarda önemli ürün kayıplarına neden olmaktadır (Song ve ark., 2011; Shinde ve ark., 2018).

Alternaria solani bitki gelişiminin her aşamasında, özellikle de ağır yağışlar ile artan yüksek nem ve 24-29 °C arası sıcaklıklarda; yaprak, gövde, çiçek ve meyvelerde hasarlara yol açmaktadır (Peralta ve ark., 2005; Neeraj ve Verma, 2010). Bilhassa domates bitkisi, meyve verme döneminde patojene karşı daha hassas olmaktadır (Momel ve Pemezny, 2006). Mücadele yapılmadığı takdirde enfekte olmuş meyveler zamanla dökülmektedir (Jones ve ark., 1991).

Alternaria solani'ye karşı ağırlıklı olarak kültürel ve kimyasal mücadele uygulanmaktadır. Ancak kültürel mücadelenin tek başına her zaman beklenen faydayı sağlamaması, üreticileri kimyasal mücadeleye yönlendirmektedir. Kullanılan bu kimyasallar ise, yüzey ve/veya yeraltı sularına karışarak, toprağa bulaşarak, hedef dışı organizmalara zarar vermekte, kalıcı bileşikler ve kalıntılar nedeniyle çevreye ve biyolojik sistemlere büyük problemler oluşturmaktadır (Yıldız ve ark., 2005). Buna ek olarak, organizmaların direnç ve toksisite sorunlarını da beraberinde getirmektedir (Saito ve ark., 2016). Bu çerçevede, sürdürülebilir tarım, organik tarım veya iyi tarım uygulamaları gibi yeni yaklaşımlar ile pestisitlerin kullanımları sınırlandırılmaya çalışılmaktadır. Bununla beraber biyolojik mücadele yöntemleri de son zamanlarda kimyasal mücadeleye alternatif yaklaşımlar içinde önemli bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir.

Biyolojik mücadele kullanılan biyolojik savaş ajanları, antibiyosis, yarışma, hiperparazitizm, hipovirülens, uyarılmış dayanıklılık ve çapraz koruma mekanizmalarında birini veya birkaçını birlikte kullanarak bitkileri hastalıklara karşı koruyabilirler (Glick, 2014; 2015). Özellikle de, bitki gelişimini artıran kök bakterileri (Plant Growth Promoting Rhizobacteria, PGPR), fitopatogen bakteri ve fungusları kontrol altına almada bu mekanizmaları başarılı bir şekilde kullanılmaktadırlar. Ayrıca bu bakteriler, azot fiksasyonu, fosforu çözebilme yetenekleri, siderofor üretimi ile demirin alınmasını kolaylaştırarak ya da bitkisel hormonların üretilmesi ile bitkilerin verimini (Liu ve ark., 2016), gelişimini (Huang ve ark., 2017) ve besin alımını (Calvo ve ark., 2017) arttırdığı bilinmektedir (Jha ve ark., 2012). Bu nedenlerle de, tarımda kullanılan pestisit ve gübre girdilerini azaltılmaya katkı sunacakları düşünülmektedir (Özaktan ve ark., 2015).

PGPR'in bir kısmı yaşamlarının en az bir dönemini bitkilerin içsel dokularında sürdürülebilirler (Sülü ve ark., 2016). Bu grup Endofitik Bakteriler (EB) olarak adlandırılır (Hardoim ve ark., 2008). EB, vasküler dokuları başta olmak üzere bitkinin tamamına yayılabilir ve yüksek popülasyon yoğunluklarına ulaşmış dahi olsalar bitkiye herhangi bir olumsuz etkide bulunmazlar (Hardoim, 2011). PGPR'ların sahip olduğu özelliklerine sahip olmaları ile birlikte, bitkide sistemik olarak hareket etmeleri, hem biyolojik savaş mekanizmalarını bitkinin tüm dokularında etkin olarak kullanmalarına, hem de ürettikleri metabolitler ve enzimlerin bitkiler tarafından doğrudan algılanmamasına neden olmaktadır (Xiang ve ark., 2017). Ayrıca, iç dokularda ve kök korteksinde kolonize olmaları nedeniyle, rizosferde diğer organizmaların neden olduğu rekabet, parazitizm ve antibiyosis gibi sınırlayıcı faktörlerden korunarak bitki dokularında uzun süre hayatta kalabilme şansına sahiptirler (Hardoim ve ark., 2008; Hardoim, 2011).

Erken yanıklık hastalığının EB ile kontrolüne yönelik araştırmaların sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. Bu çalışmada, domates tarımında önemli verim kayıplarına neden olan erken yanıklık hastalığı etmeni *A. solani*'ye karşı EB'lerin biyolojik kontrol ajanları olarak potansiyellerinin ve bitki gelişimlerine olan etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Çalışma Materyalleri

Test bitkisi olarak yaygın bir şekilde yetiştiriciliği yapılan tarla tipi 16-014 F1 (Gento Tohumculuk) domates çeşidi kullanılmıştır. Patojen olarak Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Mikoloji laboratuvarı stoklarında bulunan ve daha önce domateste patojenisitesi ve virülensliği belirlenmiş olan *A. solani* EAb1 izolatu kullanılmıştır. Çalışmada aynı bölümün Bakteriyoloji laboratuvarı stoklarında bulunan ve önceki çalışmalara karakterizasyonu yapılarak farklı bitki patojenlerine karşı etkinliği belirlenmiş olan EB T2K2, T26Y1, G116S2, T13K1, V17G2, V30Y3, V38K1 ve V40K2 izolatları kullanılmıştır (Çizelge 1) (Babier, 2020; Olur, 2020).

Çizelge 1. EB izolatlarının siderofor, fosfataz ve ACC deaminaz aktiviteleri.

Table 1. Siderophore, phosphatase and ACC deaminase activities of EB isolates.

EB İzolatları	Siderofor aktivitesi (mm-zon)	Fosfataz aktivitesi (mm-zon)*	ACC deaminaz (0-3 skalası)**
T2K2	1	+	0
T26Y1	2.5	+	0
G116S2	1.25	+	0
T13K1	1.13	+	0
V17G2	2.25	-	3
V30Y3	1.5	+	3
V38K1	1.13	+	3
V40K2	7	-	3

*: Zon çapının oluşmaması; -, 0-1 mm aralığında oluşması; +, 1-3 mm aralığında oluşması; ++, 3 ve üzeri mm oluşması; +++ olarak ifade edilmiştir.

** : 0, gelişim yok; 1, tek ve kesin sınırlarla ayrılan az sayıda koloniler; 2, koloniler bitişik fakat birbirinden ayırt edilebilir durumda; 3, yoğun gelişim sonucu koloniler tamamen birleşmiş ve ayırt edilemez durumda olması.

Metot**EB İzolatlarının Seçimi****EB izolatlarının *A. solani*'ye Olan Antagonistik Etkilerinin İn-Vitro'da Değerlendirilmesi**

Patates dekstroz agar (PDA) (Merck 1.10130, Almanya) ortamı bulunan 9 cm çaplı petrilere 1×10^6 konidi mL^{-1} yoğunluğunda hazırlanmış olan *A. solani* süspansiyonundan 200 μl eklenerek homojen bir şekilde yayılmıştır. Kontrol petrilere ise 200 μl steril distile su uygulanmıştır. Uygulama görmüş petrilere kurduktan sonra 24 saat King B (KB) besi yerinde (20 g L^{-1} Pepton; 1.5 g L^{-1} K_2HPO_4 ; 1.5 g L^{-1} $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 10 ml L^{-1} gliserol; 16 g L^{-1} agar) geliştirilmiş olan EB izolatları birbirine eşit mesafede nokta ekimi şeklinde uygulanmıştır. İnkübatörde 26°C 'de 2 gün geliştirildikten sonra, EB'lerin kolonileri çevresinde oluşan ve *A. solani* 'nin gelişiminin sınırlandığı bölge ölçülerek antagonistik etki değerlendirilmiştir (Şekil 1a). İn-vitro çalışmalar 5 tekerrürlü olacak şekilde yürütülmüştür.

EB İzolatlarının Domatesin Morfolojik Gelişimine Olan Etkilerinin Değerlendirilmesi

Domates tohumları, $24 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık, %50-60 nem, 14 saat aydınlık ve 10 saat karanlık olacak şekilde ayarlanan iklim odasında geliştirilmek üzere 2:1 oranında torf:perlit doldurulmuş viyollere ekimleri yapılmıştır. Fidelerin ilk gerçek yaprakları oluştuğundan sonra 1×10^8 CFU mL^{-1} yoğunluğundaki EB süspansiyonları 10 mL bitki $^{-1}$ olacak şekilde toprağa içirme yöntemi ile uygulanmıştır. İkinci uygulama ise 5 gün sonra benzer şekilde yapılmıştır. Kontrol gruplarına ise saf su uygulanmıştır. Yürütülen bu çalışma 6 tekerrürlü ve her tekerrürde tek bitki olacak şekilde oluşturulmuştur. Son EB inokulasyondan iki hafta sonra bitkiler hasat edilerek sürgün yaş, kuru ağırlığı, kök yaş kuru ağırlığı, sürgün boyu ve kök boyu değerlendirilmiştir. Bu amaçla kök boğazından kesilen fidelerin üst kısımları doğrudan tartılmış, kökler ise musluk suyu yardımı ile yetiştirme ortamı materyallerinden arındırıldıktan sonra tartılmıştır, bu yolla yaş ağırlıklar elde edilmiştir. Tartılan materyaller 70°C 'de 48 saat kurutulmuş kuru ağırlıklar tespit edilmiştir. Sürgün ve kök boy ölçümleri bir cetvel yardımıyla ölçülerek belirlenmiştir.

Seçilen EB İzolatlarının *A. solani* ile Bulaşık Domatesin Morfolojik Gelişimine ve Hastalık Şiddetine Olan Etkilerinin Değerlendirilmesi

In-vitro ve in-vivo testler sonucuna göre EB izolatları seçilerek in-vivo'da *A. solani* inokule edilen bitkilerin gelişimine ve hastalık şiddeti üzerine etkileri araştırılmıştır. Domates tohumları iklim odalarında, viyollerde geliştirilmek üzere ekimi yapılmıştır. Gerçek yapraklar çıktıktan sonra her bir uygulama 7 tekerrürlü olacak şekilde saksılara şaşırtılmıştır. Şaşırtma işleminden sonra 1×10^8 CFU mL^{-1} yoğunluğunda EB süspansiyonu 15 mL bitki $^{-1}$ olacak şekilde içirme yöntemi ile fidelere uygulanmıştır, ikinci uygulama ise ilk uygulamadan 5 gün gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamalardan 7 gün sonra, 1×10^6 konidi mL^{-1} yoğunluğundaki patojen süspansiyonu el spreyi yardımıyla bitkilere uygulanmıştır. Patojen inokulasyonundan 4. hafta sonra hastalık şiddeti 0 – 4 skalası (0: belirti yok, 1: %25 belirti, 2: %50 belirti, 3: %75 belirti, 4: %100 belirti (ölü yaprak)) ile değerlendirilmiştir (Şekil 1c). Elde edilen değerler hastalık şiddeti (DI) formülü (eşitlik 1) yardımı ile yüzde hastalık şiddetine dönüştürülmüştür.

Daha sonra, bitkiler hasat edilerek yukarıda belirtilen morfolojik gelişim parametrelerine ek olarak sürgün çap ve yaprak sayısı değerlendirilmiştir.

$$DI (\%) = \frac{\sum (S \times L)}{M \times S_{\max}} \times 100 \quad (1)$$

Eşitlikte;
S: Skala değeri
L: Skalada değerlendirilen bitki yaprak sayısı
M: Toplam bitki yaprak sayısı
S_{max}: En yüksek skala değerini ifade etmektedir.

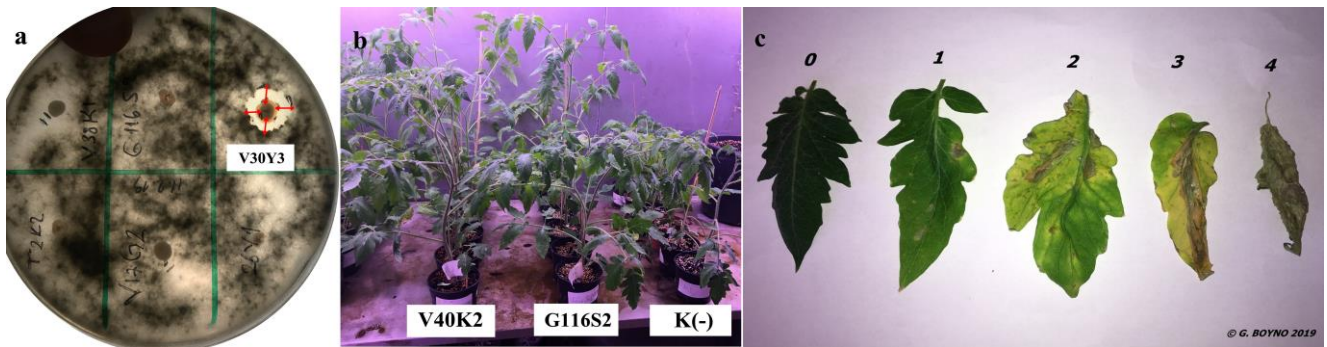
İstatistiksel Analiz

Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre dizayn edilmiştir. Elde edilen veriler Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutularak istatistiki analizleri yapılmıştır. Bu amaçla SPSS (SPSS statistic program, Ver. 21.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) bilgisayar programı kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Antagonistik Testleri ve Domatesin Morfolojik Gelişimine Olan Etkileri

EB izolatlarının seçim çalışmaları çerçevesinde, uygulamaların domates bitkisinin morfolojik gelişim parametreleri üzerinde ki etkileri (Çizelge 2) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). Genel olarak tüm EB izolatlarının sürgün yaş/kuru ağırlıkları ile sürgün boylarında negatif kontrole (K(-)) göre önemli derecede arttırırken (Şekil 1b), kök yaş/kuru ağırlık ve yaprak sayısına EB izolatlarının etkileri değişiklik göstermiştir (Çizelge 2). Kök yaş ağırlığında yalnızca G116S2 izolatı artışa neden olmuştur. Sürgün yaş/kuru ağırlığını V40K2'nin yanı sıra, T13K1 izolatları önemli derecede arttırmıştır. Ayrıca V40K2 izolatı, kök yaş ağırlığı dışındaki diğer parametreleri önemli derecede arttırdığı saptanmıştır (Çizelge 2). Bu bulgular EB izolatlarının, bitki gelişimini farklı metabolik veya mekanizmaları etkilediğini göstermektedir (Gamalero ve ark., 2009; Saharan ve Nehra, 2011). Ayrıca Li ve ark. (2016), EB izolatlarının toplam bitki boyunu ve biyo-kütlesini arttırdığını bildirmiştir. Bu artış ise EB'nin birçok türünün, azot fiksasyonu ile birlikte indol-3-asetik asit (IAA), siderofor, gibberellik asit ve sitokininler dahil fitohormonlar üretmesi ile gerçekleştiği bilinmektedir (Oberson ve ark., 2013; Goswami ve ark., 2014). Diğer taraftan Maji ve Chakrabartty (2014) ise, EB izolatlarının, IAA sentezlenmesine paralel olarak kök uzunluğunda değişiklikler gösterdiği, sürgün uzunluğuna ve toplam kuru ağırlığına etki etmediğini, toplam yaş ağırlığını ise düşürdüğünü saptamıştır. Ayrıca Glick (2014) bakterilerin sahip olduğu ACC deaminaz üretim yeteneğinin bitki gelişimi ve hastalık üzerine en etkili mekanizmalardan biri olduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda bitki gelişimine olan katkıları bakımından en başarılı izolat olan V40K2'in yüksek siderofor ve ACC deaminaz üretim yeteneğine sahip olduğu görülmektedir. Bu yönüyle çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular önceki çalışmalar ile uyum içindedir.



Şekil 1. EB izolatlarının a- patojene karşı antagonistik ve b- bitki gelişimine olan etkileri. c- Hastalık şiddetini belirlemek için kullanılan 0-4 skala değerleri.

Figure 1. The effects of EB isolates on a- antagonistic against the pathogen and b- plant growth. c- 0-4 scale values used to determine the disease severity.

Çalışmanın *in-vitro* testinde, EB izolatlarının *A. solani* EAb 1 izolatı üzerinde 0.04-2.88 mm aralığında etki gösterdiği saptanmıştır (Çizelge 2). Bu izolatların içinden T13K1, V40K2 ve V30Y3 izolatları sırasıyla 2.15, 2.75 ve 2.88 mm ile en iyi antagonistik etkiyi gösterirken (Şekil 1a), T2K2 izolatının etkisinin olmadığı, diğer EB izolatlarının ise 1 mm'den daha düşük etkilerinin olduğu saptanmıştır (Çizelge 2). Nitekim hastalıkların kontrolünde PGPR'lar ve bunlara bağlı EB'ler antibiyosis, rekabet ve parazitizm gibi direkt olarak patojene antagonistik etki göstermektedir (Harman ve ark., 2004). Bu kapsamda çalışmaların birçoğu toprak kökenli fungal patojenlerle hedef alınmak ile beraber; bazı araştırmalarda da, PGPR izolatların *in-vitro* koşullarda, toprak üstü aksamlarda hastalık oluşturan fungal patojenler üzerinde etkileri de saptanmıştır (Latha ve ark., 2009; Gao ve ark., 2017).

Elde edilen veriler ışığında EB izolatları arasından hem bitki gelişimine hem de *in-vitro* antagonistik etkileri baz alınarak yapılan değerlendirmede V40K2, V30Y3, T13K1, T2K2 ve G116S2 izolatları sonraki testler için seçilmiştir.

Çizelge 2. EB izolatlarının seçim çalışmalarında uygulamaların bitki morfolojik gelişim parametrelerine ve antagonistik etkilerine ilişkin veriler.

Table 2. Data related to plant morphological development parameters and antagonistic effects of treatments in selection studies of EB isolates.

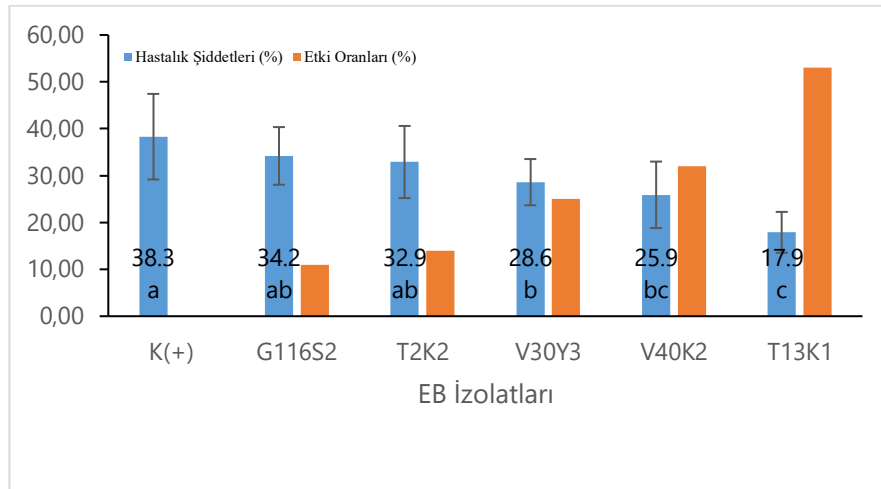
EB izolatları	Kök Boy (cm)	Sürgün Yaş Ağırlık (g)	Sürgün Kuru Ağırlık (g)	Kök Yaş Ağırlık (g)	Kök Kuru Ağırlık (g)	Sürgün Boy (cm)	<i>In-vitro</i> antagonistik etki (mm)
K(-)	10.25±1.9 ^{b*}	1.97±0.3 ^c	0.22±0.1 ^c	0.33±0.1 ^b	0.05±0.0 ^b	18.37±1.9 ^c	0
T2K2	12.50±1.2 ^b	2.82±0.9 ^{abc}	0.28±0.1 ^{bc}	0.35±0.1 ^{ab}	0.05±0.0 ^b	22.67±3.6 ^b	0
T26Y1	10.67±1.6 ^b	2.78±0.9 ^{abc}	0.28±0.1 ^{bc}	0.37±0.2 ^{ab}	0.05±0.0 ^b	22.17±4.5 ^{bc}	0.54
G116S2	10.83±1.5 ^b	2.77±0.7 ^{abc}	0.31±0.1 ^{bc}	0.49±0.2 ^a	0.06±0.0 ^{ab}	22.00±1.3 ^{bc}	0.04
T13K1	11.83±2.0 ^b	3.14±0.3 ^{ab}	0.34±0.1 ^{ab}	0.36±0.2 ^{ab}	0.06±0.0 ^{ab}	25.67±2.7 ^b	2.05
V17G2	11.60±2.3 ^b	2.58±0.7 ^{bc}	0.31±0.1 ^{bc}	0.33±0.1 ^b	0.05±0.0 ^b	21.60±3.1 ^{bc}	0.5
V30Y3	11.33±1.0 ^b	2.86±1.2 ^{abc}	0.30±0.1 ^{bc}	0.25±0.1 ^b	0.04±0.0 ^b	23.33±5.1 ^b	2.88
V38K1	11.50±2.4 ^b	2.57±0.9 ^{bc}	0.30±0.1 ^{bc}	0.29±0.1 ^b	0.04±0.0 ^b	23.20±3.0 ^b	0.12
V40K2	17.17±1.5 ^a	3.65±0.6 ^a	0.43±0.1 ^a	0.41±0.1 ^{ab}	0.08±0.0 ^a	30.16±1.2 ^a	2.75

*: Aynı sütündeki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0.05).

Seçilen EB İzolatlarının *A. solani* ile Bulaşık Domatesin Morfolojik Gelişimine ve Hastalık Şiddetine Etkisi

Ön çalışmalar ile seçilmiş olan EB izolatlarının hastalık şiddetine olan etkileri (Şekil 2) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.05). Kontrol grubunda hastalık şiddeti, %38.31 oranında tespit edilirken, EB uygulama gruplarında bu oran %17.97-34.27 aralığında değişmiştir. Bununla beraber etki oranlarına bakıldığında ise, tüm EB izolatlarının hastalığa %11-53 aralığında baskıladığı görülmüştür (Şekil 2). En başarılı izolatların T13K1, V40K2 ve V30Y3 oldukları ve sırasıyla %53, %32 ve %25 oranlarında etki gösterdikleri belirlenmiştir (Şekil 2).

Hastalığı oluşturan patojene karşı hem *in-vitro* hem de *in-vivo* testlere bakıldığında, T13K1, V40K2 ve V30Y3 izolatlarının daha etkili olduğu görülmüştür (Çizelge 2 ve Şekil 2). Bu sonuçlara göre, bu EB izolatları bitkide sistemik olarak ilerleyerek antibiyosis yoluyla patojeni engellemiş olabileceği düşünülmektedir. Nitekim EB izolatları, endodermis bariyerlerini aşabildiğini, kök korteksinden başlayarak sistemik olarak gövde, yaprak ve diğer organlara kadar taşınabildiği (Compant ve ark., 2005; Gray ve Smith, 2005) ve böylelikle üst aşamalarda hastalık oluşturan patojenlerle antibiyosis, rakabet ve parazitizm mekanizmaları ile doğrudan mücadele edebilmektedir (Hardoim, 2011). Özellikle de siderofor üreten EB izolatlarının bu mekanizmaları etkili bir şekilde kullanarak patojenleri baskıladığı belirlenmiştir (Nandhini ve ark. 2012; Glick, 2014; del Barrio-Duque ve ark., 2019). Bu kapsamda yapılan bazı araştırmalarda da, EB izolatlarının benzer mekanizmaları kullanarak üst aşamalarda hastalık oluşturan patojenleri, özellikle de antifungal metabolitler sentezleyerek baskıladığı rapor edilmiştir (Leclere ve ark., 2005; Sundaramoorthy ve Balabaskar, 2012; Khan ve ark., 2012).



Şekil 2. Seçilen EB izolatlarının hastalık şiddetine etkileri ve hastalığa karşı etki oranları.

Figure 2. Effects of selected EB isolates on disease severity and rates of effects against disease.

EB izolatlarının uyarılmış bitki dayanıklılığını aktive ederek de, hastalığa etkide bulunmuş olabilirler (Joseph ve ark., 2017). Bu kapsamda Çiftçi ve Altınok (2019), PGPR izolatlarının bu mekanizmayı kullanarak patlıcan bitkisinin üst kısmında kurşuni küf hastalık etmeni *Botrytis cinerea*'ya karşı etkili olduğunu rapor etmiştir. Diğer taraftan G116S2 ve T2K2 izolatlarının *in-vitro* testlerde etkili olmazken (Çizelge 2), *in-vivo* testlerde hastalık şiddetini azaltmasına rağmen istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P < 0.05$) (Şekil 2).

Seçilmiş EB izolatlarının *A. solani* ile enfekteli bitkilerin morfolojik gelişimine olan etkileri (Çizelge 3) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). PGPR izolatlarının hastalık şiddetini azalttığı gibi bitki morfolojik gelişimini de teşvik ettiği bildirilmiştir (Jetiyanon ve Kloepper, 2002). Çalışmamızda da, genel olarak bakıldığında EB izolatlarının negatif kontrole (K(-)) göre, bitki gelişim parametrelerinde artış sağladığı saptanmıştır (Çizelge 3). Ancak K(+)'e göre irdelendiğinde, EB izolatlarının gelişim parametrelerine göre değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Bu kapsamda, T13K1 ve V30Y3 izolatlarının her ikisi de, sürgün boyu (58.50 cm) ve yaprak sayısını (8.33 bileşik yaprak bitki⁻¹) eşit oranlarda arttırırken, T13K1 kök yaş ağırlığını (1.37 g) azaltması ile beraber bu iki izolatta, diğer parametrelere etki etmediği belirlenmiştir. T2K2 izolatının tüm parametrelere önemli bir etkisinin olmadığı, G116S2 izolatının ise sadece sürgün boyuna (59.17 cm) önemli bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3). Khan ve ark. (2012) da, PGPR + *A. solani* kombinasyonunun bitki boyuna etki etmediğini, yaş biyokütlesini arttırdığı, kuru biyokütlesini ise düşürdüğünü bildirmiştir. Diğer taraftan V40K2 izolatu patojensiz parametrelerde olduğu gibi (Çizelge 2), patojenli parametrelerin hemen hemen tümünde artış sağlamıştır (Çizelge 3). V40K2 izolatının diğer EB izolatlarına kıyasla daha etkili olması, ACC-deaminaz enzimi ve yüksek oranda siderofor üretimine sahip olmasından kaynaklanabilir. Nitekim bazı PGPR izolatları, ürettikleri ACC-deaminaz enzimi ile ACC'yi parçalayarak azot kaynağına dönüştürdükleri, böylece stres altında üretilen zararlı etilenin kontrolünün sağlandığı bildirilmiştir (Glick, 2012; 2015) Ayrıca bakterilerin ürettikleri sideroforların demir iyonlarını bağlayıp onları hücre içindeki metabolik olaylarda kullanılmak üzere hücre içine taşıyarak, bitkinin gelişimine önemli katkılar sağladığı belirtilmiştir (Ortiz-Castro ve ark., 2009). Yapılan benzer araştırmalarda, ACC-deaminaz (Latif Khan ve ark., 2016) ve siderofor sentezleyen (Priyanka ve ark., 2017) EB izolatlarının, bitkilerin sürgün uzunluğunu, sürgün ağırlığını ve kök uzunluğunu arttırdığı saptanmıştır. Fakhraei (2015) ise bazı EB izolatlarının fosfatı çözme potansiyellerine göre hıyar bitkisinin morfolojik gelişimini arttırdığını belirlemiştir.

Çizelge 3. Seçilen EB izolatlarının enfekteli bitkilerin morfolojik gelişim parametrelerine olan etkisi.

Table 3. The effect of selected EB isolates on the morphological growth parameters of infected plants.

EB izolatları	Kök Yaş Ağırlık (g)	Sürgün Yaş Ağırlık (g)	Kök Kuru Ağırlık (g)	Sürgün Kuru Ağırlık (g)	Kök Boy (cm)	Sürgün Boy (cm)	Sürgün Çap (mm)	Yaprak Sayısı (bileşik yaprak bitki ⁻¹)
K(-)	1.45±0.4 ^{c*}	13.97±2.3 ^b	0.14±0.03 ^d	1.51±0.3 ^c	17.57±3.6 ^b	40.14±3.2 ^c	5.28±0.2 ^{ab}	7.29±0.9 ^d
K(+)	2.05±0.8 ^{ab}	19.96±5.6 ^a	0.19±0.10 ^{bcd}	2.01±0.7 ^{bc}	20.80±4.1 ^b	51.67±4.9 ^b	5.16±0.67 ^{ab}	7.67±0.5 ^{cd}
V40K2	2.40±0.4 ^a	22.60±2.9 ^a	0.26±0.03 ^a	2.64±0.3 ^a	32.00±3.0 ^a	61.50±4.7 ^a	5.43±0.4 ^a	8.67±0.5 ^a
V30Y3	1.59±0.3 ^{bc}	20.78±2.3 ^a	0.17±0.03 ^{bcd}	2.22±0.3 ^{ab}	23.50±4.3 ^b	58.50±6.2 ^a	5.14±0.4 ^{ab}	8.33±0.5 ^{ab}
T13K1	1.37±0.4 ^c	19.21±3.4 ^a	0.15±0.04 ^{cd}	1.88±0.5 ^{bc}	24.00±6.0 ^b	58.50±5.2 ^a	4.80±0.3 ^b	8.33±0.5 ^{ab}
T2K2	1.89±0.2 ^{abc}	20.57±1.3 ^a	0.21±0.01 ^{abc}	2.20±0.2 ^{ab}	24.33±8.6 ^b	57.33±5.0 ^{ab}	5.30±0.4 ^{ab}	8.17±0.4 ^{abc}
G116S2	2.09±0.3 ^{bc}	22.68±3.3 ^a	0.23±0.03 ^{ab}	2.32±0.56 ^{ab}	18.83±2.9 ^b	59.17±7.9 ^a	5.57±0.45 ^a	8.00±0.6 ^{bc}

*: Aynı sütündeki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P < 0.05$).

SONUÇ

EB izolatlarının domateslerde erken yanıklık hastalığına neden olan *A. solani*'ye ve bitki gelişimine olan etkileri araştırılmıştır. Bu çerçevede EB izolatları hastalığa karşı belirli oranlarda etkili olmuştur. Özellikle de T13K1, V40K2 ve V30Y3 izolatlarının hem *in-vitro*'da hem de *in-vivo*'da başarılı sonuçlar göstermesi, bitki koruma açısından da önemli katkılar sağlamıştır. Bununla beraber V40K2 izolatu, patojenle enfekteli ve enfektesiz uygulamalarda domates bitkisinin gelişimi arttırmıştır. Diğer EB izolatlarının gelişime olan etkileri ise bitkilerin patojen stresi altında olması ya da olmaması durumlarına göre farklılıklar göstermiştir. Bu yönleri ile endofitik bakterilerinin, sürdürülebilir tarım, organik tarım ve iyi tarım uygulamaları çerçevesinde kullanılan pestisit ve sentetik gübre girdisini azaltabileceği; fakat bununla birlikte, bu potansiyelin patojen-endofit bakteri interaksiyonuna bağlı olarak farklılıklar gösterebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması mevcut değildir.

YAZAR KATKI BEYANI

GB: Çalışmanın yürütülmesi, *in-vitro* ve *in-vivo* analizlerinin gerçekleştirilmesi ile makalenin yazılması
SD: Analizlerin değerlendirilmesi ve makalenin dizaynı
AA: Analizlerin değerlendirilmesi ve makalenin yazılması

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2018-7553 nolu yüksek lisans tez projesi ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Babier, Y. (2020). *Van gölü havzasından izole edilen endofit bakterilerin karakterizasyonu ve in vitro koşullarda bazı bitki patojeni bakterilere karşı antagonistik etkilerinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Calvo, P., Watts, D. B., Kloepper, J. W., & Torbert, H. A. (2017). Effect of microbial-based inoculants on nutrient concentrations and early root morphology of corn (*Zea mays*). *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 180(1), 56-70.
- Compant, S., Reiter, B., Sessitsch, A., Nowak, J., Clément, C., & Barka, E. A. (2005). Endophytic colonization of *Vitis vinifera* L. by plant growth-promoting bacterium *Burkholderia* sp. strain PsJN. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(4), 1685-1693.
- Çifçi, G., & Altınok, H. H. (2019). Patlıcan tohumlarında bitki büyüme düzenleyici rizobakteri uygulamalarının kurşuni küf (*Botrytis cinerea* Pers.: Fr.) hastalığına etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(3), 421-429.
- Del Barrio-Duque, A., Ley, J., Samad, A., Antonielli, L., Sessitsch, A., & Compant, S. (2019). Beneficial endophytic bacteria-serendipita indica interaction for crop enhancement and resistance to phytopathogens. *Frontiers in Microbiology*, 10, 2888.
- Fakhraei, D. (2015). *Endofitik bakterilerin hıyar bitkilerinde dayanıklılığı uyarma yoluyla Fusarium solgunluğuna etkisinin araştırılması*. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Gamalero, E., Berta, G., & Glick, B. R. (2009). The use of microorganisms to facilitate the growth of plants in saline soils. In: M. S. Khan, A. Zaidi, & J. Musarrat (Eds.). *Microbial Strategies for Crop Improvement* (pp. 1-22). Dordrecht Heidelberg, London: Springer.
- Gao, Z., Zhang, B., Liu, H., Han, J., & Zhang, Y. (2017). Identification of endophytic *Bacillus velezensis* ZSY-1 strain and antifungal activity of its volatile compounds against *Alternaria solani* and *Botrytis cinerea*. *Biological Control*, 105, 27-39.
- Glick, B. R. (2012). Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. *Scientifica*, 1-15.
- Glick, B. R. (2014). Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. *Microbiological research*, 169(1), 30-39.
- Glick, B.R., 2015. Biocontrol mechanisms. In: B.R. Glick (Eds.) *Beneficial Plant-Bacterial Interactions*. (pp. 123-157). New York, Springer.
- Goswami, D., Pithwa, S., Dhandhukia, P., & Thakker, J. N. (2014). Delineating *Kocuria turfanensis* 2M4 as a credible PGPR: a novel IAA-producing bacteria isolated from saline desert. *Journal of Plant Interactions*, 9(1), 566-576.
- Gray, E. J., & Smith, D. L. (2005). Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(3), 395-412.
- Hardoim, P. R. (2011). *Bacterial endophytes of rice: their diversity, characteristics and perspectives*. Doctoral Thesis, University of Groningen, Mathematics and Natural Sciences, Netherlands.
- Hardoim, P. R., van Overbeek, L. S., & van Elsas, J. D. (2008). Properties of bacterial endophytes and their proposed role in plant growth. *Trends in Microbiology*, 16(10), 463-471.
- Harman, G. E., Howell, C. R., Vitebo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, 2, 43-56.
- Huang, P., de-Bashan, L., Crocker, T., Kloepper, J. W., & Bashan, Y. (2017). Evidence that fresh weight measurement is imprecise for reporting the effect of plant growth-promoting (rhizo) bacteria on growth promotion of crop plants. *Biology and Fertility of Soils*, 53(2), 199-208.

- Jetiyanon, K., & Kloepper, J. W. (2002). Mixtures of plant growth-promoting rhizobacteria for induction of systemic resistance against multiple plant diseases. *Biological Control*, 24(3), 285-291.
- Jha, B., Gontia, I., & Hartmann, A. (2012). The roots of the halophyte *Salicornia brachiata* are a source of new halotolerant diazotrophic bacteria with plant growth-promoting potential. *Plant and Soil*, 356(1-2), 265-277.
- Jones, J. B., Jones, J. P., Stall, R. E., & Zitter, T. A. (1991). Infectious antifungal. *Plant physiology*, 108, 17-27.
- Joseph, A., Igbinosa, O. B., Alori, E. T., Ademiluyi, B. O., & Aluko, A. P. (2017). Effectiveness of *Pseudomonas* species in the management of tomato early blight pathogen *Alternaria solani*. *African Journal of Microbiology Research*, 11(23), 972-976.
- Khan, N., Mishra, A., & Nautiyal, C. S. (2012). *Paenibacillus lentimorbus* B-30488r controls early blight disease in tomato by inducing host resistance associated gene expression and inhibiting *Alternaria solani*. *Biological Control*, 62(2), 65-74.
- Latha, P., Anand, T., Ragupathi, N., Prakasam, V., & Samiyappan, R. (2009). Antimicrobial activity of plant extracts and induction of systemic resistance in tomato plants by mixtures of PGPR strains and Zimmu leaf extract against *Alternaria solani*. *Biological Control*, 50(2), 85-93.
- Latif Khan, A., Ahmed Halo, B., Elyassi, A., Ali, S., Al-Hosni, K., Hussain, J., Al-Harrasi, A., & Lee, I. J. (2016). Indole acetic acid and ACC deaminase from endophytic bacteria improves the growth of *Solanum lycopersicum*. *Electronic Journal of Biotechnology*, 19(3), 58-64.
- Leclere, V., Béchet, M., Adam, A., Guez, J. S., Wathelet, B., Ongena, M., Philippe, T., Fre' de' rique, G., Marle' ne, C., & Jacques, P. (2005). Mycosubtilin overproduction by *Bacillus subtilis* BBG100 enhances the organism's antagonistic and biocontrol activities. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(8), 4577-4584.
- Li, H., Ding, X., Wang, C., Ke, H., Wu, Z., WANG, Y., Liu, H., & Guo, J. (2016). Control of tomato yellow leaf curl virus disease by *Enterobacter asburiae* BQ9 as a result of priming plant resistance in tomatoes. *Turkish Journal of Biology*, 40(1), 150-159.
- Liu, S., Che, Z., & Chen, G. (2016). Multiple-fungicide resistance to carbendazim, diethofencarb, procymidone, and pyrimethanil in field isolates of *Botrytis cinerea* from tomato in Henan Province, China. *Crop Protection*, 84, 56-61.
- Maji, S., & Chakrabartty, P. K. (2014). Biocontrol of bacterial wilt of tomato caused by '*Ralstonia solanacearum*' by isolates of plant growth promoting rhizobacteria. *Australian Journal of Crop Science*, 8(2), 208-214.
- Mittler, R. (2006). Abiotic stress, the field environment and stress combination. *Trends in Plant Science*, 11(1), 15-19.
- Momel, T., & Pemezny, K. (2006). 2006 Florida plant disease management guide: Tomato. https://plantpath.ifas.ufl.edu/rsol/RalstoniaPublications_PDF/IFASExt2006_FloridaPDMG-V3-53.pdf. Erişim tarihi: 27 Haziran 2020.
- Nandhini, S., Sendhilvel, V., & Babu, S. (2012). Endophytic bacteria from tomato and their efficacy against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, the wilt pathogen. *Journal of Biopesticides*, 5(2), 178.
- Neeraj, V. S., & Verma, S. (2010). *Alternaria* diseases of vegetable crops and new approaches for its control. *Asian Journal of Experimental Biological Sciences*, 1(3), 681-692.
- Oberson, A., Frossard, E., Bühlmann, C., Mayer, J., Mäder, P., & Lüscher, A. (2013). Nitrogen fixation and transfer in grass-clover leys under organic and conventional cropping systems. *Plant and Soil*, 371(1-2), 237-255.
- Olur, G. (2020). *Tuzlu ortamda gelişen bitkilerden izole edilen endofit bakterilerin hıyar bitkisinde köşeli yaprak leke hastalığı (Pseudomonas syringae pv. lachrymans), tuz stresi ve bitki gelişimine etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Ortiz-Castro, R., Contreras-Cornejo, H. A., Macías-Rodríguez, L., & López-Bucio, J. (2009). The role of microbial signals in plant growth and development. *Plant Signaling & Behavior*, 4(8), 701-712.
- Özaktan, H., Çakır, B., Gül, A., Yolageldi, L., Akköprü, A., Fakhraei, D., & Akbaba, M. (2015). Isolation and evaluation of endophytic bacteria against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* infecting cucumber plants. *Austin Journal of Plant Biology*, 1(1), 1003.
- Peralta, I. E., Knapp, S., & Spooner, D. M. (2005). New species of wild tomatoes (*Solanum* section *Lycopersicon*: Solanaceae) from Northern Peru. *Systematic Botany*, 30(2), 424-434.
- Priyanka, T. A., Kotasthane, A. S., Kosharia, A., Kushwah, R., Zaidi, N. W., & Singh, U. S. (2017). Crop specific plant growth promoting effects of ACCd enzyme and siderophore producing and cynogenic fluorescent *Pseudomonas*. *3 Biotech*, 7(1), 7-27.
- Saharan, B. S., & Nehra, V. (2011). Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review. *Life Sciences and Medicine Research*, 27(1), 30.
- Saito, S., Michailides, T. J., & Xiao, C. L. (2016). Fungicide resistance profiling in *Botrytis cinerea* populations from blueberry in California and Washington and their impact on control of gray mold. *Plant Disease*, 100(10), 2087-2093.

- Shinde, B. A., Dholakia, B. B., Hussain, K., Aharoni, A., Giri, A. P., & Kamble, A. C. (2018). WRKY1 acts as a key component improving resistance against *Alternaria solani* in wild tomato, *Solanum arcanum* Peralta. *Plant biotechnology Journal*, 16(8), 1502-1513.
- Song, W., Ma, X., Tan, H., & Zhou, J. (2011). Abscisic acid enhances resistance to *Alternaria solani* in tomato seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*, 49(7), 693-700.
- Soylu, E. M., Soylu, S., Kara, M., & Kurt, Ş. (2020). Sebzelelerde sorun olan önemli bitki fungal hastalık etmenlerine karşı vermikomposttan izole edilen mikrobiyomların *in vitro* antagonistik etkilerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(1), 7-18.
- Sundaramoorthy, S., & Balabaskar, P. (2012). Consortial effect of endophytic and plant growth promoting rhizobacteria for the management of early blight of tomato incited by *Alternaria solani*. *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, 3(7), 1-5.
- Suzuki, N., Rivero, R. M., Shulaev, V., Blumwald, E., & Mittler, R. (2014). Abiotic and biotic stress combinations. *New Phytologist*, 203(1), 32-43.
- Sülü, M. S., Bozkurt, İ. A., & Soylu, S. (2016). Bitki büyüme düzenleyici ve biyolojik mücadele etmeni olarak bakteriyel endofitler. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(1), 103-111.
- Townsend, G.K., & Heuberger, J.W. (1943). Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *Plant Disease Report*, 27, 340-343.
- Xiang, N., Lawrence, K. S., Kloepper, J. W., Donald, P. A., & McInroy, J. A. (2017). Biological control of *Heterodera glycines* by spore-forming plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on soybean. *PLoS One*, 12(7), e0181201.
- Yıldız, M., Gürkan, O., Turgut, C., Kaya, Ü., & Ünal, G. (2005). Tarımsal savaşımında kullanılan pestisitlerin yol açtığı çevre sorunları. http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/dd7a04804967197_ek.pdf. Erişim tarihi: 02 Haziran 2020.



Araştırma Makalesi

Yerel *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium anisopliae* İzolatlarının *Myzocallis coryli* ve *Corylobium avellanae* Üzerindeki Etkinliği

Salih Karabörklü*, Nedim Altın

Düzce Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Düzce

Geliş tarihi (Received): 24.07.2020

Kabul tarihi (Accepted): 28.08.2020

Anahtar kelimeler:

Fındık, *Myzocallis coryli*,
Corylobium avellanae,
Beauveria bassiana,
Metarhizium anisopliae

Özet. Fındık yaprakbiti, *Myzocallis coryli* ve fındık yeşil afidi, *Corylobium avellanae* fındıkta zarar oluşturan böcekler arasında yer almaktadır. Bu çalışma, *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium anisopliae* türü entomopatojen fungusların *M. coryli* ve *C. avellanae* üzerindeki öldürücü etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Laboratuvar çalışmalarında nimf ve erginlere 1×10^5 konidi ml^{-1} doz püskürtülmüş ve 7 gün boyunca denemeler takip edilmiştir. Uygulama süresi sonunda *B. bassiana* YK26, YK16, YK11 ve *M. anisopliae* YK45 izolatları sırasıyla *M. coryli* üzerinde %81.09, %73.24, 58.25 ve %52.45 oranlarında öldürücü etki göstermiştir. EPF izolatlarının *C. avellanae* üzerinde oldukça etkili oldukları görülmüş ve en etkili izolatlar %88.9, %96.75 ve %98.08 öldürme oranları ile *B. bassiana* YK26, YK11 ve *M. anisopliae* YK38 olmuştur. Arazi çalışmalarında ise *B. bassiana* ve *M. anisopliae* izolatları 1×10^6 konidi ml^{-1} konsantrasyonda *M. coryli*'ye uygulanmış ve en yüksek öldürme oranı %48.37 ile *B. bassiana* YK26 izolatında görülmüştür. Bu izolatı %44.69 ve %38.49 öldürme oranları ile *B. bassiana* YK16 ve *M. anisopliae* YK45 izolatları takip etmiştir. Yaprak bitleriyle mücadelede *B. bassiana* ve *M. anisopliae* izolatlarının kullanılabilirliğine yönelik bulgular elde edilmiştir.

*Sorumlu yazar

salihkaraborklu@duzce.edu.tr

The Effectiveness of the Isolates of Native *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* on *Myzocallis coryli* and *Corylobium avellanae*

Keywords:

Hazelnut, *Myzocallis coryli*,
Corylobium avellanae,
Beauveria bassiana,
Metarhizium anisopliae

Abstract. Filbert aphid, *Myzocallis coryli* and Hazelnut aphid, *Corylobium avellanae* are among the harmful insects for the hazelnut production. This study was carried out to determine the lethal effect of entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* on *M. coryli* and *C. avellanae*. In laboratory application, 1×10^5 conidia ml^{-1} dose was sprayed to nymphs and adults and trials were evaluated after 7 days. At the end of the application period, *B. bassiana* YK26, YK16, YK11 and *M. anisopliae* YK45 isolates caused 81.09%, 73.24%, 58.25% and 52.45% mortality on *M. coryli*, respectively. EPF isolates were found to be highly effective on *C. avellanae*, and the most effective isolates were *B. bassiana* YK26, YK11 and *M. anisopliae* YK38 with 88.90%, 96.75% and 98.08% mortality rates. In field application, *B. bassiana* and *M. anisopliae* isolates were applied to *M. coryli* at a concentration of 1×10^6 conidia ml^{-1} and the highest mortality rate was observed in *B. bassiana* YK26 isolate with 48.37%. This isolate was followed by *B. bassiana* YK16 and *M. anisopliae* YK45 with 44.69% and 38.49% mortality rates, respectively. Results indicated that *B. bassiana* and *M. anisopliae* isolates can be used for controlling of these aphids.

GİRİŞ

Fındık zengin besin içeriğinden dolayı oldukça değerli bir tarım ürünü olup birçok ülkede yetiştiriciliği yapılmaktadır (Aydınlı ve ark., 2018). Her ne kadar birçok ülkede yetiştirilse de ülkemiz, dünya fındık üretiminin %65-75'ini, toplam ihracatın ise %70-75'ini tek başına karşılamaktadır (Bozoğlu, 2001; Karaböklü ve Altın, 2018). Ülkemiz üretim alanı ve üretim miktarı açısından dünyada ilk sırada yer almasına karşın fındık veriminde henüz istenilen düzeye ulaşamamıştır (Aydınlı ve ark., 2018). Dekara fındık veriminde, 2014-2018 yılları ortalaması göz önüne alındığında ilk sırayı 235.8 kg ile ABD almaktadır. Ülkemizde ise bu oran aynı üretim yılları esas alındığında ortalama 96.2 kg olarak gerçekleşmiştir (Anonymous, 2019; Şen ve Karaböklü, 2020).

Fındıkta verim ve kalite kaybına neden olan birçok böcek türü bulunmaktadır. Ülkelere, bölgelere ve yıllara bağlı olarak değişmekle birlikte bazı türlerin fındıkta önemli düzeyde ekonomik zarar oluşturduğu bildirilmiştir (Işık ve ark., 1987; Messing ve AliNiasee, 1989; Gantner, 2001; Tuncer, 2009; Miller ve ark., 2019). Fındık zararlılarının meydana getirdiği verim kayıplarının %20-50 arasında değişiklik gösterdiği rapor edilmiştir (AliNiasee, 1997). Fındık yaprakbiti olarak bilinen *Myzocallis coryli* Goeze (Hemiptera: Aphididae) ve fındık yeşil afidi olarak bilinen *Corylobium avellanae* Schrank (Hemiptera: Aphididae) türlerinin birçok ülkede yayılış gösterdikleri ve fındıkta zarar oluşturdukları birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Messing ve AliNiasee, 1989; Gantner, 2001; Tuncer ve Mennan, 2002; Tuncer, 2009; Walton ve ark., 2009a; Miller ve ark., 2019; Aqaverdi ve İnqilab, 2019; Rovira ve ark., 2019; Şen ve Karaböklü, 2020). Yaprakbitleri yaprak, sürgün ve zuruf gibi bitki dokularından özsu emmek ve fumajin oluşturmak suretiyle bitkide zarar oluşturmaktadır (Tuncer ve Mennan, 2002; Walton ve ark., 2009a). Fındık yaprakbitlerinin popülasyon yoğunluğunun arttığı dönemlerde sürgünlerin gelişemediği ve kuruduğu da bildirilmiştir (Tuncer ve Ecevit, 1997).

Böcek patojeni funguslar (entomopatojen funguslar), zararlı böceklerle karşı yürütülen biyolojik mücadele çalışmalarında kullanılan en önemli mikroorganizma gruplarından birisidir. Entomopatojen funguslar (EPF) üretmiş oldukları sporlar vasıtasıyla böceklerin kutikulasına rahatlıkla tutunabilmekte, böcek dokuları ve hemosöle ulaşabilmekte ve böcekleri çok kısa sürelerde öldürebilmektedir. Bu özellik entomopatojen funguslara zararlı böceklerle mücadelede önemli bir avantaj kazandırmaktadır. Entomopatojen funguslar ayrıca trake, yaralanmış vücut bölgeleri, sindirim sistemi ve diğer açıklıklar yoluyla da konukçuya nüfuz edebilmekte ve konukçuyu öldürebilmektedir (Shah ve Pell, 2003; Goettel ve ark., 2005; Sevim ve ark., 2015; Batta ve Kavallieratos, 2018; Karaböklü ve ark., 2018, 2019; Keskin ve ark., 2019). Birçok EPF türüne ait ticari formülasyonlar geliştirilmiş olup birçok zararlı böceğe karşı başarıyla kullanılmaktadır. *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin ve *Metarhizium anisopliae* (Metschnikof) Sorokin önemli EPF türleri arasında yer almaktadır (Rath, 2000; Meyling ve ark., 2018; Karaböklü ve ark., 2020).

Bu çalışma, bazı yerel *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium anisopliae* izolatlarının fındık yaprak bitleri, *Myzocallis coryli* ve *Corylobium avellanae* üzerindeki öldürücü etkilerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Fındık Yaprakbitleri

Fındık yaprak bitlerine ait nimf ve erginler Düzce'de (Merkez/Arapçiftliği) bulunan bir fındık bahçesinden 2019 yılı haziran ayı içerisinde toplanmıştır (Şen ve Karaböklü, 2020). Zararlıların bulunduğu uç sürgünlerden örneklerden alınarak laboratuvara getirilmiş ve 23±2°C sıcaklığa, %65±5 neme ve 14:10 saatlik fotoperiyoda ayarlanmış iklim odasında uygulama anına kadar muhafaza edilmiştir. *M. coryli* ve *C. avellanae* türlerinin morfolojik özelliklerinden yola çıkılarak tür tanımlamaları yapılmıştır (Tuncer ve Mennan 2002; Blackman ve Eastop, 2006; Walton ve ark., 2009b; Labanowski ve Soika 2011; Anonim, 2017).

EPF İzolatları

Bu çalışmada Düzce ilinden izole edilen ve daha önce tanımlanmış olan EPF türlerine ait yerel izolatlar kullanılmıştır (Karaböklü ve ark., 2019). *Beauveria bassiana* türünden YK11, YK16 ve YK26 ve *Metarhizium anisopliae* türünden YK38 ve YK45 olmak üzere toplam 5 adet izolat kullanılmıştır. Stok kültürlerden alınan izolatlar Patates Dekstroza Agar (PDA) besi ortamına ekilmiştir. Ekim sonrası izolatlar konidiospor üretimi ve gelişimlerinin takibi amacıyla 10-15 günlük süreyle 23±2°C sıcaklığa, %65±5 neme ve 14: 10 saatlik fotoperiyoda ayarlanmış iklim odasında tutulmuştur (Karaböklü ve ark., 2020).

Spor Süspansiyonları

İzolatların konidiospor gelişimini takiben her bir izolat için spor süspansiyonları hazırlanmıştır. Bu amaçla PDA besi yerinde gelişen konidiosporlar kazıma yöntemi kullanılarak distile su içerisine alınmıştır. Hazırlanan spor

süspansiyonlarından alınan örnekler mikroskopta bir hemositometre yardımıyla sayılarak bir izolat için spor yoğunluğu 1×10^5 konidi ml^{-1} olacak şekilde ayarlanmıştır. Daha sonra süspansiyonlar 20ml'lik plastik sprej şişelere aktarılmıştır. Daha sonra sporların homojen dağılımını sağlamak amacıyla her bir sprej şişesine %0.03 oranında Tween 80 eklenmiştir.

Laboratuvar Denemeleri

İzolatların etkinliklerinin belirlenmesi amacıyla araziden toplanan *M. coryli* ve *C. avellanae* nimf ve erginleri sayılarak 1lt'lik pet kavanozlara alınmıştır. Her bir kavanoza ortalama 25 adet nimf/ergin konulmuş ve beslenmeleri amacıyla fındık uç sürgününe ait üçer adet ortalama büyüklükte yaprak konulmuştur. Her bir izolat için hazırlanan 1×10^5 spor yoğunluğuna (konidi ml^{-1}) sahip süspansiyonlar püskürtme yoluyla nimf ve erginlere uygulanmıştır. Kontrol grubuna ise içerisinde yalnızca %0.03'lük oranda Tween 80 bulunan saf su uygulaması yapılmıştır. Uygulamadan 7 gün sonra sayım yapılarak canlı ve ölü sayıları belirlenmiştir. Uygulama sonunda her bir izolat için % etki değerleri hesaplanmıştır. Denemeler beş tekrarlı olarak yürütülmüş ve iklim odasında gerçekleştirilmiştir.

Arazi Denemeleri

Arazi çalışmalarında hedef tür olarak yüksek popülasyon yoğunluğuna sahip olması nedeniyle *M. coryli* seçilmiştir (Şen ve Karaböklü, 2020). EPF izolatı olarak ise *M. coryli* üzerinde laboratuvar koşullarında yüksek etkinlik gösteren *B. bassiana* YK16 ve YK26 ve *M. anisopliae* YK45 izolatları seçilmiştir. Her bir izolat için hazırlanan 1×10^6 konidi ml^{-1} konsantrasyona sahip süspansiyonlar üzerinde *M. coryli* nimf ve erginlerinin bulunduğu yapraklara püskürtme yoluyla uygulanmıştır. Kontrol grubuna ise içerisinde yalnızca %0.03'lük oranda Tween 80 bulunan saf su uygulaması yapılmıştır. Seçilen yapraklarda uygulama öncesi ve uygulamanın 3. ve 7. günlerinde canlı sayımı yapılmıştır. Uygulama sonunda her bir izolat ve uygulama süresi için % etki değerleri hesaplanmıştır. Denemeler 10 tekrarlı olarak yürütülmüştür.

İstatistiksel Analiz

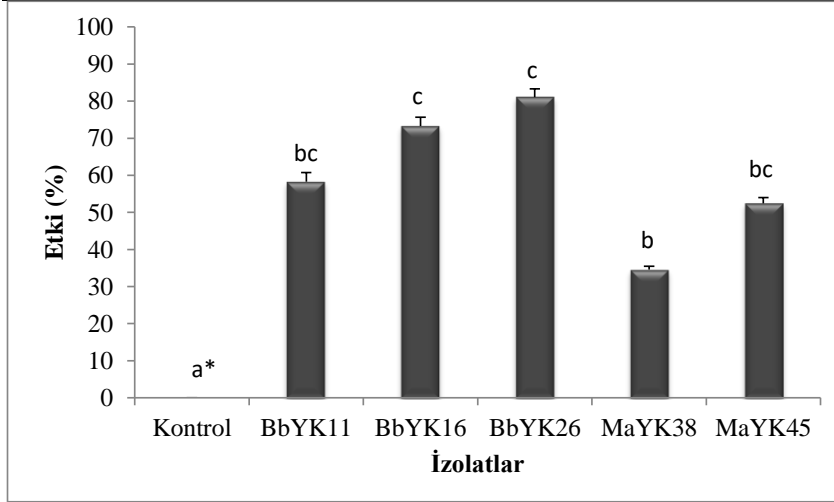
Entomopatojen fungus izolatlarının laboratuvar koşullarındaki % etkinliklerinin belirlenmesinde Abbott (1925) formülü kullanılmıştır. İzolatların arazi koşullarındaki % etkinliklerinin belirlenmesinde ise Henderson ve Tilton (1955) tarafından geliştirilen formül kullanılmıştır. İzolatların etkinliklerinin karşılaştırılmasında SPSS programı (SPSS 17.0 commercial software, SPSS, Inc., Chicago, IL) kullanılarak varyans analizi (tek-faktör ANOVA) yapılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılmasında %95'lik güven aralığında Tukey-Kramer HSD post-testi kullanılmıştır.

BULGULAR

Laboratuvar Denemeleri

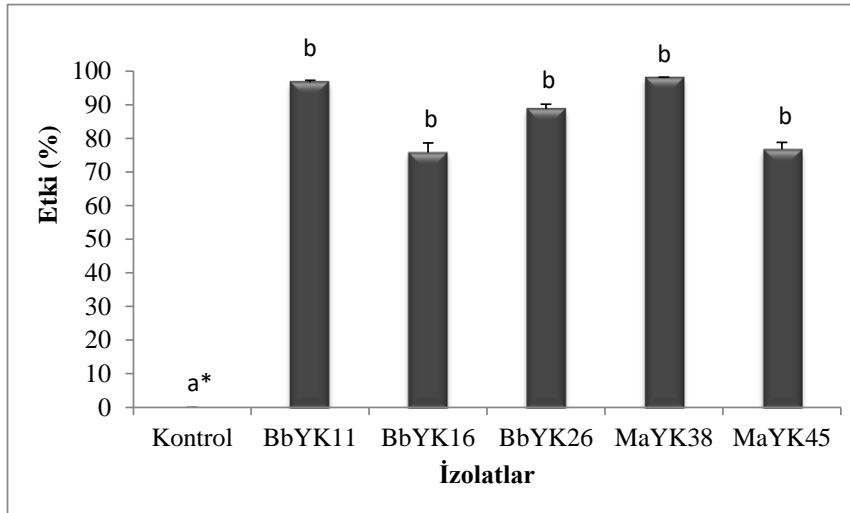
Beauveria bassiana ve *M. anisopliae* izolatlarının *M. coryli* nimf ve erginleri üzerindeki etkinlikleri 1×10^5 konidi ml^{-1} konsantrasyon ve 7 günlük uygulama süresi için hesaplanmıştır (Şekil 1). Kontrol grubuyla karşılaştırıldığında bütün izolatlar *M. coryli* üzerinde önemli oranda öldürücü etki göstermiştir ($F = 11.638$; $df = 5$; $P < 0.0001$). En yüksek öldürme oranına %81.09 ile *B. bassiana* YK26 izolatı ulaşmıştır. Bu izolatı %73.24 öldürme oranı ile *B. bassiana* YK16 izolatı takip etmiştir. En düşük öldürme oranı ise %34.56 ile *M. anisopliae* YK38 izolatında tespit edilmiştir (Şekil 1).

Entomopatojen fungus izolatları benzer şekilde püskürtme yoluyla *C. avellanae* nimf ve erginlerine de uygulanmış ve her bir izolatın öldürme oranları hesaplanmıştır (Şekil 2). Bütün izolatların kontrole göre önemli oranda öldürücü etki gösterdiği belirlenmiştir ($F = 22.523$; $df = 5$; $P < 0.0001$). En etkili izolatlar %96.75 ve %98.08 öldürme oranları ile *B. bassiana* YK11 ve *M. anisopliae* YK38 izolatları olmuştur. Bu izolatları %88.79 öldürme oranı ile *B. bassiana* YK26 izolatı takip etmiştir. En düşük öldürme oranına sahip izolat ise %75.81 ile *B. bassiana* YK16 izolatı olmuştur (Şekil 2).



Şekil 1. *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium anisopliae* izolatlarının *Myzocallis coryli* üzerindeki öldürücü etkisi. ^aFarklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında önemli farklılık bulunmaktadır ($P < 0.05$). Bb: *Beauveria bassiana*, Ma: *Metarhizium anisopliae*. Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Figure 1. Insecticidal activity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolates on *Myzocallis coryli*. There is a significant difference between the means indicated by different letters ($P < 0.05$). Bb: *Beauveria bassiana*, Ma: *Metarhizium anisopliae*. Error bars indicate standard error.



Şekil 2. *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium anisopliae* izolatlarının *Corylobium avellanae* üzerindeki öldürücü etkisi. ^aFarklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında önemli farklılık bulunmaktadır ($P < 0.05$). Bb: *Beauveria bassiana*, Ma: *Metarhizium anisopliae*. Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Figure 1. Insecticidal activity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolates on *Corylobium avellanae*. There is a significant difference between the means indicated by different letters ($P < 0.05$). Bb: *Beauveria bassiana*, Ma: *Metarhizium anisopliae*. Error bars indicate standard error.

Arazi Denemeleri

Entomopatojen fungus izolatlarının arazi koşullarındaki etkinliklerinin belirlenmesi amacıyla *B. bassiana* türüne ait YK16 ve YK26 izolatları ve *M. anisopliae* türüne ait YK45 izolatı seçilmiş ve *M. coryli* türünün nimf ve erginlerine 1×10^6 konidi ml^{-1} dozda püskürtme yoluyla uygulanmıştır. Uygulama öncesi ve uygulamanın 3. ve 7. günlerine ait sayım sonuçları çizelgede verilmiştir (Çizelge 1.)

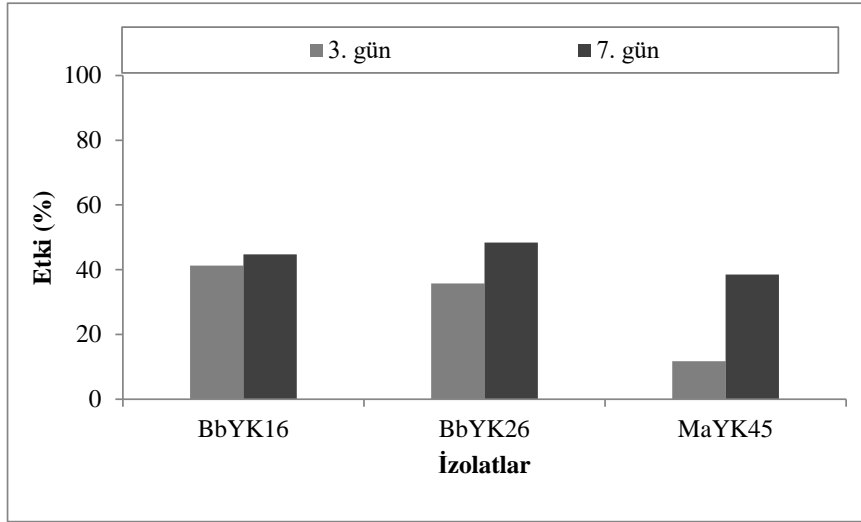
Çizelge 1. Uygulama öncesi ve sonrası *Myzocallis coryli* nimf/ergin sayılarındaki değişim.

Table 1. The numbers of *Myzocallis coryli* nymph/adults for before and after application.

İzolatlar	Ergin/Nimf Sayısı		
	Uygulama Öncesi	3. Gün	7. Gün
Kontrol	31.20±5.13	35.13±6.27	63.14±8.82
BbYK23	31.60±4.31	20.90±4.20	35.38±9.33
BbYK26	39.40±5.63	28.50±5.34	41.17±9.42
MaYK45	33.00±5.73	32.80±8.35	40.83±8.72

Bb: *Beauveria bassiana*, Ma: *Metarhizium anisopliae*, ±: Standart hata.

Entomopatojen fungus izolatlarının arazi koşullarındaki etkinlikleri incelendiğinde uygulamanın 3. gününde en etkili izolatu %41.25 ile *B. bassiana* YK16 izolatu olduğu görülmüştür (Şekil 3). Bu izolatu %35.75 ile *B. bassiana* YK26 izolatu takip etmiştir. Uygulamanın 7. gününde ise en etkili izolatu %48.37 ile *B. bassiana* YK26 olmuştur. Bu izolatu ise %44.69 ve %38.49 öldürme oranları ile *B. bassiana* YK16 ve *M. anisopliae* YK45 izolatları takip etmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Arazi uygulaması sonrası entomopatojen fungusların *Myzocallis coryli* üzerindeki öldürücü etkisi. Bb: *Beauveria bassiana*, Ma: *Metarhizium anisopliae*.

Figure 3. Insecticidal activity of entomopathogenic fungi on *Myzocallis coryli* after field application. Bb: *Beauveria bassiana*, Ma: *Metarhizium anisopliae*.

TARTIŞMA

Fındık yaprakbiti, *Myzocallis coryli* ve fındık yeşil afidi, *Corylobium avellanae* birçok ülkede yayılış göstermekte ve fındıkta zarar oluşturmaktadır. Bu iki türün ülkemizde de oldukça yaygın olduğu ve fındık yetiştirilen bütün alanlarda buldukları rapor edilmiştir (Lodos, 1986; Tuncer ve Mennan, 2002, Şen ve Karaböklü, 2020). *Beauveria bassiana* ve *M. anisopliae* türü entomopatojen funguslardan geliştirilen biyolojik preparatlar küresel ölçekte birçok tarımsal zararlıya karşı başarıyla kullanılmaktadır (Yasin ve ark., 2019). *Beauveria bassiana* ve *M. anisopliae* türü fungusların yaprak bitlerine karşı etkili olduğu ve bu zararlılara karşı başarıyla kullanıldığı rapor edilmiştir (Mweke ve ark., 2019; Cheong ve ark., 2020; Singh ve Kaur, 2020). Yapılan çalışmalar incelendiğinde *B. bassiana* ve *M. anisopliae* türü fungusların diğer yaprak bitleri üzerindeki etkinliklerine yönelik birçok çalışma yürütülmüşken fındık yaprak bitleri, *M. coryli* ve *C. avellanae* üzerindeki etkinliklerine yönelik çok sınırlı sayıda çalışma yürütülmüştür (Aker ve Abacı, 2016; Aker ve Tuncer, 2016).

Yaptığımız çalışmada Düzce ilinden elde edilmiş olan yerel *B. bassiana* ve *M. anisopliae* izolatlarının fındık yaprak bitleri üzerinde önemli oranda öldürücü etkiye sahip oldukları görülmüştür. Laboratuvar çalışmalarında düşük doz (1×10^5 konidi ml^{-1}) ve uygulama süresine (7 gün) rağmen *B. bassiana* YK26 ve YK16 izolatlarının *M. coryli* nimf ve erginleri üzerinde sırasıyla %81.09 ve %73.24 oranlarında öldürücü etki göstermiştir. *Metarhizium anisopliae* YK45 izolatu ise %52.45 oranında öldürücü etki göstermiştir. *Beauveria bassiana* (SD15) ve *M. anisopliae* (SD3) izolatlarının şeftali yaprak biti, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) üzerinde yüksek etki gösterdikleri belirlenmiştir (Yun ve ark., 2017). Fungal izolatlar *B. bassiana* (SD15) ve *M. anisopliae* (SD3) 1×10^8 konidi ml^{-1} dozda 7 gün süreyle *Myzus persicae* türüne uygulandığında izolatların sırasıyla %81.6 ve %100 oranlarında öldürücü etki gösterdiği rapor edilmiştir (Yun ve ark., 2017). Benzer şekilde *B. bassiana* (Y-132) ve *M. anisopliae* (Qin-13) izolatları aynı doz ve aynı uygulama süresinin sonunda *Myzus persicae* üzerinde yaklaşık %80 oranında öldürücü etki göstermiştir (Rehman ve ark., 2019). Bununla birlikte *B. bassiana* izolatları (BB-72 ve BB252) aynı yaprak bitine karşı 1×10^8 konidi ml^{-1} dozda 10 gün süreyle uygulandığında sırasıyla %93 ve 86 oranlarında öldürücü etki göstermiştir (Nazir ve ark., 2019). İzolatlardan *B. bassiana* BB-72, 1×10^7 konidi ml^{-1} dozda 10 gün süreyle uygulandığında ise %92 oranında öldürücü etki göstermiştir (Javed ve ark., 2019).

Fındık yaprak biti üzerindeki çalışmalar incelendiğinde *M. anisopliae*, *Lecanicillium muscarium* ve *Isaria fumosorosea* türü EPF izolatlarının *M. coryli*'nin 3. dönem nimfleri üzerindeki etkinliklerinin araştırıldığı bir çalışmada en etkili türün *M. anisopliae* olduğu belirlenmiştir. İzolatlar 1×10^8 konidi ml^{-1} olarak uygulandığında 6. günde sırasıyla %82.00, %49.02 ve %40.60 oranlarında öldürücü etki göstermiştir. En etkili sıcaklık ise 25°C olarak

belirlenmiştir. Uygulamanın 10. gününde ise bu oran *M. anisopliae* için %100'e ulaşmıştır (Aker ve Abacı, 2016). Benzer şekilde aynı entomopatojen funguslar ilk dönem *M. coryli* nimflerine aynı dozda 5 gün süreyle uygulandığında en etkili türün *M. anisopliae* olduğu ve nimflerin tamamının (%100) öldüğü görülmüştür (Aker ve Tuncer, 2016).

Entomopatojen fungus izolatlarının *C. avellanae* üzerinde ise çok daha etkili oldukları tespit edilmiştir. En yüksek öldürücü etki %96.75, %98.08 ve %88.90 öldürme oranları ile *B. bassiana* YK11, *M. anisopliae* YK38 ve *B. bassiana* YK26 izolatlarında görülmüştür. Yapılan literatür taramaları sonunda bildiğimiz kadarıyla EPF türlerinin *C. avellanae* üzerindeki etkinliğine yönelik bir çalışmaya bulunmamaktadır.

Arazi çalışmalarında ise *B. bassiana* ve *M. anisopliae* izolatları 1×10^6 konidi ml^{-1} konsantrasyonda arazide daha yüksek popülasyon yoğunluğuna sahip *M. coryli* türüne uygulandığında nispeten daha düşük öldürücü etki görülmüştür. En yüksek öldürücü etki %48.37 ile *B. bassiana* YK26 izolatında görülmüştür. Bu izolatı ise %44.69 ve %38.49 öldürme oranları ile *B. bassiana* YK16 ve *M. anisopliae* YK45 izolatları takip etmiştir.

SONUÇ

Sonuç olarak, *B. bassiana* ve *M. anisopliae* izolatları laboratuvar koşullarında düşük dozda uygulanmasına karşın fındık yaprakbitleri *M. coryli* ve *C. avellanae* üzerinde önemli oranda öldürücü etki göstermiştir. Arazideki etkinlikleri ise orta düzeyde seyretmiştir. Entomopatojen fungus türlerinin fındık yaprak biti, *Myzocallis coryli* üzerindeki etkinliğine yönelik çok az çalışma mevcuttur. Fındık yeşil afidi, *Corylobium avellanae* için ise herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Yaprak bitleriyle mücadelede *B. bassiana* ve *M. anisopliae* türlerinin kullanılabilmesi belirlenmiştir. Uygulanan dozların yükseltilmesi daha iyi sonuçların alınmasını sağlayacaktır. Ayrıca ilerleyen dönemlerde EPF türlerinin bu zararlılar üzerindeki etkinliklerinin artırılmasına yönelik daha kapsamlı çalışmaların yapılmasına ihtiyaç duyulacaktır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKISI

Yazarlar makalenin bütün aşamalarında eşit düzeyde katkı sağlamışlardır.

TEŞEKKÜR

Katkılarından dolayı lisans öğrencileri Murat Pişkin ve Selman Adıyaman'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Aker, O., & Abacı, S. H. (2016). Entomopathogenicity of *Metarhizium anisopliae* and some fungi toward the filbert aphid, *Myzocallis coryli* Goetze (Hemiptera: Aphididae). *International Journal of Fauna and Biological Studies*, 3(5), 32-37.
- Aker, O., & Tuncer, C. (2016). Efficacy of some entomopathogenic fungi in controlling filbert aphid, *Myzocallis coryli* Goetze (Hemiptera: Aphididae). *International Journal of Entomology Research*, 1, 49-53.
- AliNiasee, M. T. (1997). Integrated pest management of hazelnut pests: a worldwide perspective. *Acta Horticulturae*, 445, 469-476.
- Anonim, (2017). *Fındık Entegre Mücadele Teknik Talimatı* 2017. Türkiye: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonymous, (2019). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/>. Erişim: 11 Mart 2020.
- Aqaverdi, N. I., & Inqilab, N. G. (2019). Some bioecological peculiarities and predatories of *Myzocallis coryli* (Goeze, 1778) and *Corylobium avellanae* (Schrank, 1801) (Hemiptera, Aphididae) in Azerbaijan. *American Journal of Entomology*, 3(1), 1-5.
- Aydınlı, H. Y., Karabörklü, S., & Aydın, V. (2018). Düzce ili fındık bahçelerindeki mayıs böceği (*Melolontha melolontha* L. Coleoptera, Scarabaeidae) popülasyon yoğunluğu ve yayılışının araştırılması. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 32(3), 333-338.
- Batta, Y. A., & Kavallieratos, N. G. (2018). The use of entomopathogenic fungi for the control of stored-grain insects. *International Journal of Pest Management*, 64(1), 77-87.

- Blackman, R. L., & Eastop, V. F. (2006). *Aphids on the world's herbaceous plants and shrubs*, 1 volume set. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Bozoğlu, M. (2001). Econometric analysis of hazelnut productivity in Ordu and Giresun provinces, Turkey. Proc. V. Int. Congress on Hazelnut. Ed. S.A. Meh-lenbacher. *Acta Horticulturae ISHS 55*, 125-129.
- Cheong, P. C., Glare, T. R., Rostás, M., Haines, S., Brookes, J. J., & Ford, S. (2020). Lack of involvement of chitinase in direct toxicity of *Beauveria bassiana* cultures to the aphid *Myzus persicae*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 169, 107276.
- Gantner M. (2001). Occurance of hazelnut Pests in Southern Poland. *Acta Horticulturae*, 556, 469-477.
- Goettel, M. S., Eilenberg, J., & Glare, T. (2005). *Entomopathogenic fungi and their role in regulation of insect populations*. (Ed: L.I. Gilbert, K. Iatrou, S.S. Gill), Comprehensive Molecular Insect Science, Elsevier, Amsterdam.
- Henderson, C. F., & Tilton E. W. (1955). Test with acaricides against the brow wheat mite. *Journal of Economic Entomology*, 48, 157-161.
- Işık, M., Ecevit, O., Kurt, M. A., & Yüceetin, T. (1987). *Doğu Karadeniz Bölgesi Fındık Bahçelerinde Entegre Savaş Olanakları Üzerinde Araştırmalar*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları. Samsun, Türkiye.
- Javed, K., Javed, H., Mukhtar, T., & Qiu, D. (2019). Pathogenicity of some entomopathogenic fungal strains to green peach aphid, *Myzus persicae* Sulzer (Homoptera: Aphididae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 29(1), 1-7.
- Karabörklü, S., & Altın, N. (2018). Düzce ili fındık depolarında görülen zararlı böcekler ve patojen fungusların tanımlanması. *Düzce Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(2), 860-870.
- Karabörklü S., Azizoglu, U., & Azizoglu, Z. B. (2018). Recombinant entomopathogenic agents: a review of biotechnological approaches to pest insect control. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 34(1), 14.
- Karabörklü S., Altın, N., & Keskin, Y. (2019). Native Entomopathogenic fungi isolated from Duzce, Turkey and their virulence on the mealworm beetle *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae). *Philippines Agricultural Scientist*, 102(1), 82-89.
- Karabörklü S., Altın, N., Yıldırım, İ., Öztemis, S., Sadıç, E., & Aydın, Ö. (2020). Bazı yerel entomopatojen fungusların Amerikan beyaz kelebeğine *Hyphantria cunea* (Drury) (Lepidoptera: Arctiidae) karşı laboratuvar koşullarındaki insektisidal aktivitesi. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 11(1), 119-128.
- Keskin Y., Karabörklü S., & Altın, N., (2019). Bazı yerel entomopatojen fungusların toprak koşullarındaki etkinliklerinin *Tenebrio molitor* L. (Col.: Tenebrionidae) larvaları kullanılarak araştırılması. *Türkiye Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 2(1), 26-31.
- Labanowski, G., & Soika, G., (2011) Aphids (Hemiptera, Aphidoidea) on trees and shrubs belonging to Betulaceae family in ornamental plants nurseries. *Aphids and Other Hemipterous Insects*, 17, 81-97.
- Lodos, N., (1986). *Türkiye Entomolojisi II, Genel, Uygulamalı ve Faunistik*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 429, İzmir.
- Messing, R. H., & AliNiaze, M.T., (1989). Introduction and establishment of *Trioxys pallidus* [Hym.: Aphidiidae] in Oregon, U.S.A. for control of filbert aphid *Myzocallis coryli* [Hom.: Aphididae]. *Entomophaga*, 34, 153-163.
- Meyling, N. V., Arthur, S., Pedersen, K. E., Dhakal, S., Cedergreen, N., & Fredensborg, B. L. (2018). Implications of sequence and timing of exposure for synergy between the pyrethroid insecticide alpha-cypermethrin and the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Pest Management Science*, 74, 2488-2495.
- Miller, B., Dalton, D.T., Xue, L., Stacconi, M.R., & Walton, V.M. (2019). Use of filbertworm (*Cydia latiferreana*) mating disruption within a hazelnut IPM program. *Crop Protection*, 122, 118-124.
- Mweke, A., Akutse, K.S., Ulrichs, C., Fiaboe, K.K.M., Maniania, N.K., & Ekesi, S. (2019). Efficacy of aqueous and oil formulations of a specific *Metarhizium anisopliae* isolate against *Aphis craccivora* Koch, 1854 (Hemiptera: Aphididae) under field conditions. *Journal of Applied Entomology*, 143(10), 1182-1192.
- Nazir, T., Basit, A., Hanan, A., Majeed, M.Z., & Qiu, D. (2019). In vitro Pathogenicity of some entomopathogenic fungal strains against green peach aphid *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). *Agronomy*, 9(1), 7.
- Rath, A.C. (2000). The use of entomopathogenic fungi for control of termites. *Biocontrol Science and Technology*, 10, 563-581.
- Rehman, Saif Ur, Ahmed, J. Z.N., Feng, J. N., & Wang, D. (2019). Potential of four entomopathogenic fungi isolates as biological control agents against two aphid species under laboratory conditions. *Pakistan Journal of Agricultural Science*, 56(2), 421-429.
- Rovira, M., Romero, A., & Batlle, I. (2019). Hazelnut production and prospects in Spain. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 1, 86-95.

- Sevim, A., Sevim, E., & Demirbağ, Z. (2015). Entomopatojenik fungusların genel biyolojileri ve Türkiye'de zararlı böceklerin mücadelesinde kullanılma potansiyelleri. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(1), 115-147.
- Shah, P. A., & Pell, J. K. (2003). Entomopathogenic fungi as biological control agents. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 61, 413-423.
- Singh, H., & Kaur, T. (2020). Pathogenicity of entomopathogenic fungi against the aphid and the whitefly species on crops grown under greenhouse conditions in India. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1), 1-9.
- Şen, A. Karabörlü S. (2020). Fındık (*Corylus avellana*) yaprakbitlerinin Düzce'deki mevcut durumunun belirlenmesi. *Ziraat Mühendisliği*, 370, 54-69.
- Tuncer, C., & Mennan, S. (2002). Fındık yaprak bitleri, *Corylobium avellanae* Shrank ve *Myzocallis coryli* Goeze (Homoptera:Aphididae)'nin tanımı üzerinde çalışmalar. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(3), 11-16.
- Tuncer, C. (2009). Arthropod pest management in organic hazelnut growing. *Acta Horticulturae*, 845, 571-578.
- Tuncer, C., & Ecevit, O. (1997). Current status of hazelnut pests in Turkey. *Acta Horticulture*, 445, 545-552.
- Walton, V. M., Chambers U., & Olsen, J. L. (2009b). Hazelnut pest and beneficial insects: An identification guide. Corvallis, Or.: Extension Service, Oregon State University.
- Walton, V. M., Chambers U., & Olsen, J. L. (2009a). The current status of the newly invasive hazelnut aphid in Oregon hazelnut orchards. *Acta Horticulturae*, 845, 479-485.
- Yasin, M., Wakil, W., Ghazanfar, M. U., Qayyum, M. A., Tahir, M., & Bedford, G. O. (2019). Virulence of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier). *Entomological Research*, 49, 3-12.
- Yun, H. G., Kim, D. J., Gwak, W. S., Shin, T. Y., & Woo, S. D. (2017). Entomopathogenic fungi as dual control agents against both the pest *Myzus persicae* and phytopathogen *Botrytis cinerea*. *Mycobiology*, 45(3), 192-198.



Research Article

Seasonal Dynamics of Coccinellid Species in Apple, Cherry, and Hazelnut

Gülay Kaçar*, Abdurrahman Sami Koca

Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Bolu Abant İzzet Baysal University, Bolu, Turkey

Received: 25.09.2020

Accepted: 16.11.2020

Keywords:

Coccinellidae, aphid, mite, fruits, seasonal dynamic

Abstract. Coccinellid species (Coccinellidae: Coleoptera) are important components of biological control in programmes of sustainable plant protection practices, and well-known predators in agroecosystems. In this study, the suppression of predatory coccinellid species on seasonal populations dynamics of aphid and mite species in apple, cherry, and hazelnut orchards were determined in two distinguishing agricultural areas. Coccinellid beetle populations of pest species were observed in apple and cherry orchards of Bolu province, and hazelnut orchards of Düzce province of Turkey throughout the growing seasons of 2015 and 2016. The specimens were sampled by Steiner's funnel, mouth aspirator, and hand-picking. A total of twenty-three coccinellid species belonging to 13 genera were determined. The coccinellids consisted of 13 species in apple orchards, 19 species in cherry orchards, and 5 species in hazelnut orchards. *Stethorus gilvifrons* Mulsant (21.1%) was the most abundant coccinellid, followed by *Adalia bipunctata* L. (14%), *Coccinella septempunctata* L. (8.8%), and *Psyllobora vigintiduopunctata* L. (8.8%) in rank order of abundance in apple orchards. *S. gilvifrons* (21.1%), *Scymnus pallipediformis* Gunther (13%), and *S. apetzi* Mulsant (12.2%) in cherry orchards; *Chilocorus renipustulatus* Scriba (59.1%) and *Propylea quatuordecimpunctata* L. (22.7%) were the most common coccinellid species in hazelnut orchards. Aphid populations were higher during May through August of both years. Mite populations were higher between July and September. These results are discussed considering current thinking on the importance of biological control as part of an integrated pest management program.

*Corresponding author
gulaysahan@yahoo.com

Elma, Kiraz ve Fındık Bahçelerindeki Coccinellid Türlerinin Sezonsal Dinamikleri

Anahtar kelimeler:

Coccinellidae, yaprakbiti, akar, meyveler, sezonsal değişim

Özet. Coccinellid türleri (Coccinellidae: Coleoptera) sürdürülebilir bitki koruma programlarında biyolojik mücadelenin önemli bileşenleridir ve tarımsal alanlarda iyi bilinen predatör türleri barındırırlar. Bu çalışmada, elma, kiraz ve fındık alanlarındaki predatör coccinellid türlerin yaprakbiti ve akar türleri üzerindeki sezonsal değişimlerinin etkisi belirlenmiştir. Coccinellid popülasyonlarının zararlılar üzerine etkisi Bolu ilinde elma ve kiraz bahçelerinde, Düzce ilinde ise fındık bahçelerinde 2015 ve 2016 yıllarının üretim sezonları arasında takip edilmiştir. Örneklemeler Steiner hunisi, ağız aspiratörü ve elle toplama şeklinde yapılmıştır. Çalışma sonucunda toplam 13 cinse ait 23 coccinellid türü tespit edilmiştir. Elma bahçelerinde 13 tür, kiraz bahçelerinde 19 tür ve fındık bahçelerinde ise beş coccinellid türü belirlenmiştir. Elma bahçelerinde en yaygın tür olarak belirlenen *Stethorus gilvifrons* Mulsant (21.1%), *Adalia bipunctata* L. (14%), *Coccinella septempunctata* L. (8.8%) ve *Psyllobora vigintiduopunctata* L. (8.8%) takip etmiştir. Kiraz bahçelerinde *S. gilvifrons* (21.1%), *Scymnus pallipediformis* Gunther (13%) ve *S. apetzi* Mulsant (12.2%), fındık bahçelerinde ise *Chilocorus renipustulatus* Scriba (59.1%) ve *Propylea quatuordecimpunctata* L. (22.7%) sırasıyla en yaygın türler olarak tespit edilmiştir. Yaprakbiti popülasyonları çalışmanın her iki yılında da Mayıs-Ağustos ayları arasında en yüksek seviyelerine ulaşmıştır. Akar popülasyonları ise en yüksek seviyeye Temmuz ve Eylül aylarında ulaşmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular, entegre zararlı yönetiminin bir parçası olarak biyolojik mücadelenin önemi hakkındaki mevcut düşünceler dikkate alınarak tartışılmıştır.

INTRODUCTION

Coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae), commonly known as ladybirds, ladybugs, or lady beetles, consisting of more than 6.000 identified species worldwide, consist of 360 different genera and 42 tribes (Nedved and Kovar, 2012; Zazycki *et al.*, 2015). In Turkey, the Coccinellidae family is well-known with six subfamilies, 16 tribe, 39 genus, and 105 species (Uygun and Karabüyük, 2013; Oguzoglu *et al.*, 2017). Some of them are carnivorous, prey on other insects as predators and some are herbivorous feed on plants. Besides, a very small group of them feed on pollens and fungi (Iperti, 1999; Lundgren, 2009). They are accepted as significant biological control agents in many crops and one of the greatest allies of the farmers (Obrycki and Kring, 1998; Hodek *et al.*, 2012; Sarwar, 2016). Entomophagous coccinellids are well-known predators of Sternorrhyncha sub-order (Hemiptera), including aphids, scale insects, mites, psyllids, whiteflies, and allies, which are pests in agricultural fields, orchards, gardens, and similar other places (Hodek, 1973; Gordon, 1985; Hagen, 1987; Majerus, 1994; Kaçar, 2015). They have an important role in biological control-based pest management in agricultural production (Khan *et al.*, 2007). In Turkey, there have been many successful classical biological and integrated pest management examples using coccinellids, such as *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant on *Planococcus citri* Risso (Hemiptera: Pseudococcidae), *Rodolia cardinalis* Mulsant on *Icerya purchasi* Maskell (Hemiptera: Margarodidae) which are also effective predators (Ponsonby and Copland, 1997; Erkilic and Demirbas, 2007). Also, *Exochomus nigromaculatus* Goeze, *Scymnus subvillosus* Goeze, and *S. apetzi* Mulsant have been observed as common coccinellid predators that reduce pest populations in Turkey (Uygun, 1981). Although *E. nigromaculatus*, *S. subvillosus* and *S. apetzi* feed on aphid and diaspidid species. *E. nigromaculatus* has been reported feeding on spider mites (Düzgüneş *et al.*, 1982; Bolu and Uygun, 2003; Aslan and Uygun, 2005; Kaya Başar and Yaşar, 2011).

Aphids (Hemiptera: Aphidoidea) and mites (Acari) are abundant and a remarkable economic group of pests damaging fruit crops in the world. Aphids are a various group of plant-feeding insects belong to Aphididae family of Hemiptera order. These pests predominantly found in temperate climate zones. Approximately 4000 aphid species have been described feeding over 250 agricultural and horticultural crops such as apple, cherry, peach, citrus, and plum. They are found primarily on the fresh parts of the host plants, including tips, flowers, young fruits, developing pods and cover the whole plant at high density (Blackman and Eastop, 2000; Favret, 2014; Blackman and Eastop, 2017). They cause damage directly by sucking cell sap and secreting honeydew resulting in the development of sooty mould on leaves and shoots and indirectly as vectors of certain plant viruses (DiFonzo *et al.*, 1997; Raboudi *et al.*, 2002; Dedryver *et al.*, 2010; Goggin *et al.*, 2017). Mites are another serious group of pests that feed on various plants. Mites feeding on plants cause the little yellow specks on leaf surfaces, and when a leaf is turned over, tiny and oval-shaped mites, about pinhead in size, pests are scurrying around. The economic importance of them is mostly based on their destructiveness to agricultural and ornamental plants. They cause direct damage by plant-feeding or by transmitting plant pathogens and viruses (Jeppson *et al.*, 1975; Lindquist *et al.*, 1996; Van Leeuwen *et al.*, 2010; 2015).

Predaceous coccinellids are associated with these arthropod pests as regulating populations naturally. Coccinellids provide good control of these pests by devouring them. Knowledge of the present species, their abundance and seasonal occurrence are considered to understand how to encourage coccinellid activity through conservation and augmentation. Also, knowing the prey/predator relationships is very important for the success of biological control. For this purpose, the current study was conducted to gain insight into the development of population dynamics of coccinellid communities on aphid and mite species in apple, cherry, and hazelnut orchards. This work will support future research on the species characterization and community composition of coccinellids on aphids and mites in fruit orchards.

MATERIAL AND METHOD

Study Sites

The study was carried out in the apple and cherry orchards of the Seben district of Bolu, and hazelnut orchards of Düzce in the Western Black Sea Region of Turkey in 2015-2016 years (Figure 1). Seben district (40° 24' 40" N, 31° 34' 11" E, 625 m) has a very suitable climate in terms of fruit growing. The climate of the Seben area is the semi-arid Mediterranean climate with cold winters (Aksoy, 2001). The 62% of Bolu fruit production made especially in Seben. Apple is the main crop among Seben fruit production, whereas cherries, peaches, and grapes are also important crops (Zenginbal, 2015; Kacar, 2019). Düzce province (40° 49' 59" N, 31° 10' 0" E, 150 m) has a moist and non-harsh climate seen in the coastal areas of the Black Sea region. The provincial territory is a pit in the central part, except for the coastal zone, and its environment consists of areas surrounded by

mountains. This area, which is called as Düzce plain, is great importance for agricultural production of this region. Hazelnut is the most cultivated plants in Düzce province (TUIK, 2020). This crop is the main income of many producers. "Tombul", "Çakıldak" and "Foşa" are common hazelnut varieties in this area.

Sampling Method

Each orchard was sampled each fortnight for two growing seasons. Samples were obtained during May and November of two years of this study. Trees were randomly sampled from four cardinal directions. Coccinellid samples were collected from each orchard accordingly different size of the area (Lazarov and Grigov, 1961; Kacar, 2015; Kacar and Koca, 2020) (Table 1).

Table 1. The number of sampled trees according to the number of trees available for sampling area (Lazarov and Grigov, 1961).

Çizelge 1. Örnekleme alanı için mevcut ağaç sayısına göre örneklenen ağaç sayısı.

Number of total trees for each orchard	Number of sampled trees
1-20	All trees
21-70	10-30
71-150	31-40
151-500	41-80
501-100	15% of all trees
More than 1000	5% of all trees

Adult or immature stages of coccinellids were sampled by shaking and knocking on the branch three times, a 1 m² section of tree foliage into a Steiner's funnel, mouth aspirator, and hand-picking. Immature stages of coccinellids were fed on their preys until the emergence of the adult stage. The samples were separated, pinned, and labelled in the laboratory for identification.

The presence of aphid and mite colonies was determined by counting on 10 shoots in four directions of the apple, cherry, and hazelnut trees. Samples were taken from winged and wingless forms of aphids during sampling and were placed to Eppendorf tubes containing 70% ethyl alcohol for identification. Also, shoot samples with mite damage were examined under a binocular microscope in the laboratory, and mite samples were taken into vials with 70% alcohol for identification.

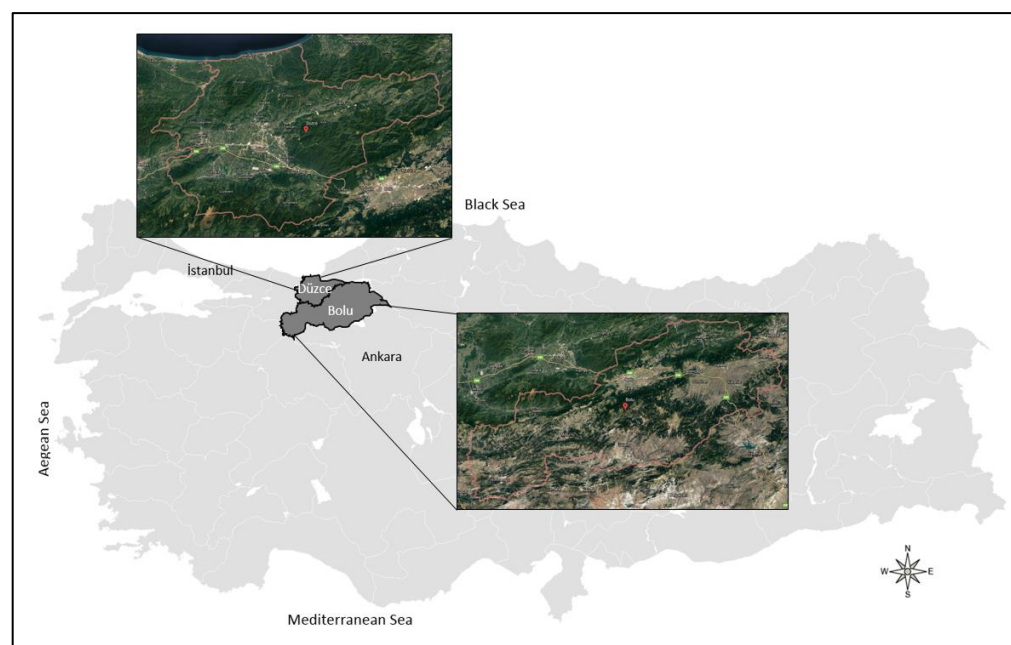


Figure 1. Map of Düzce and Bolu provinces where the study was conducted (Anonymous, 2020).

Şekil 1. Çalışmanın yürütüldüğü Düzce ve Bolu illerinin haritası.

RESULTS

A total of 202 coccinellid specimens were collected from the apple, cherry, and hazelnut orchards. As a result of the study, 23 coccinellid species belonging to 13 genera were determined on the aphid and mite species

given in Table 2. Twenty-one species of coccinellids were predator and two species (*Subcoccinella vigintiquatuorpunctata* L., *P. vigintiduopunctata*) were phytophagous. *Stethorus gilvifrons* Mulsant (18.81%), *Scymnus pallipediformis* Gunther (9.41%), *Scymnus apetzi* Mulsant (8.91%), *Adalia bipunctata* L. (8.42%), and *Coccinella septempunctata* L. (6.94%) were determined as the most abundant species among of coccinellids. The fewest coccinellid species were *Nephus nigricans* Weise (0.50%), *Hippodamia (Semiadalia) undecimnotata* Schnd. (0.50%), and *Stethorus punctillum* Weise (0.99%).

Table 2. Aphid and mite species determined in apple, cherry, and hazelnut orchards in Bolu and Düzce during 2015 and 2016.

Çizelge 2. Bolu ve Düzce illerinde 2015 ve 2016 yıllarında elma, kiraz ve fındık bahçelerinde tespit edilen yaprakbiti ve akar türleri.

Host Plant	Order	Family	Species
Apple	Hemiptera	Aphididae	<i>Aphis pomi</i> (Deg.)
			<i>Dysaphis plantaginea</i> (Pass.)
Cherry	Acarina	Tetranychidae	<i>Tetranychus urticae</i> (Koch.)
			<i>Panonychus ulmi</i> (Koch.)
		Eriophyidae	<i>Aculus schlechtendali</i> (Nal.)
Hazelnut	Acarina	Eriophyidae	<i>Phytoptus</i> sp.
			<i>Cecidophyopsis</i> sp.

A total of 57 coccinellid individuals from 13 species were collected in apple orchards of Seben. *S. gilvifrons* (21.1%) was the most abundant coccinellid, followed by *A. bipunctata* (14%), *C. septempunctata* (8.8%), and *P. vigintiduopunctata* (8.8%). The fewest coccinellid species were *Adalia decempunctata* L. and *Coccinula quatuordecimpustulata* L., comprising 3.5% of the collecting species in apple orchards (Table 3).

The aphid population occurred from June to September in 2015, and from May to October in 2016 in apple orchards. The highest population densities of aphids were in May in both years. The mites were only seen in August of the first year, while their population occurred from May to October in the second year. The population of mites peaked in August 2016. The maximum population densities of coccinellids were observed in August 2015, whereas observed in October 2016. While observed that mite and aphid populations decreased, coccinellid populations reached the peak level in both years (Figure 2).

Table 3. Percentage of each species of the total of coccinellids collected (n=57) in apple orchards in Bolu during 2015 and 2016.

Çizelge 3. Bolu ilinde 2015 ve 2016 yıllarında elma bahçelerindeki toplam coccinellid sayısı (n=57) ve her bir türün oranı.

Subfamily/Tribe/ Species	n	Frequency (%)
Subfamily Coccinellinae		
Tribe Coccinellini		
<i>Adalia bipunctata</i> (L.)	8	14.0
<i>Adalia decempunctata</i> (L.)	2	3.5
<i>Adalia fasciatopunctata reveliesei</i> (Mulsant)	3	5.3
<i>Coccinella septempunctata</i> (L.)	5	8.8
<i>Coccinula quatuordecimpustulata</i> (L.)	2	3.5
<i>Harmonia axyridis</i> (Pallas)	3	5.3
<i>Oenopia (Synharmonia) lyncea agnata</i> (Rosenhr.)	3	5.3
Tribe Psylloborini		
<i>Psyllobora vigintiduopunctata</i> (L.)	5	8.8
Subfamily Scymninae		
Tribe Scymnini		
<i>Scymnus apetzi</i> (Mulsant)	3	5.3
<i>Scymnus bivulnerus</i> (Capra)	3	5.3
<i>Scymnus pallipediformis</i> (Gunther)	3	5.3
Tribe Stethorini		
<i>Stethorus gilvifrons</i> (Mulsant)	12	21.1
Subfamily Epilachninae		
Tribe Epilachnini		
<i>Subcoccinella vigintiquatuorpunctata</i> (L.)	5	8.8

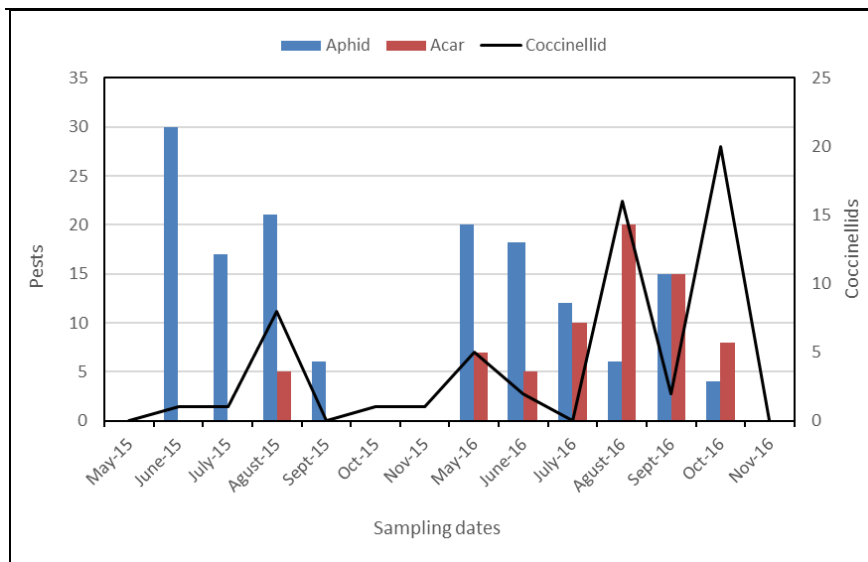


Figure 2. Patterns of population density of aphid, mite and coccinellids in apple orchards for two years.

Şekil 2. Çalışmanın yapıldığı iki yılda elma bahçelerindeki yaprakbiti, akar ve coccinellidlerin popülasyon yoğunluğu.

Among 19 coccinellid species, *S. gilvifrons* was dominant and accounted of 21.1% of all coccinellids collected in cherry orchards of Seben, and followed by *S. pallipediformis* (13%), and *S. apetzii* (12.2%). The fewest coccinellid species in cherry orchards were found as *Adalia fasciatopunctata revelirei* Mulsant, *Hippodamia (Semiadalia) undecimnotata* (Schnd.), and *Nephus nigricans* Weise with 0.8% of all species (Table 4).

In cherry orchards, the aphids were observed from June to August 2015, and from June to October in 2016. The maximum population levels of aphids occurred in June 2015 and September 2016. The mites were seen only during June–October 2016, but no mite damage occurred in 2015. The coccinellid population increased from the start of the investigation and peaked in August 2015 and July 2016. The density of aphids and mites declined in the increasing population levels of coccinellids (Figure 3).

Table 4. Percentage of each species of the total of coccinellids collected (n=123) in cherry orchards in Bolu during 2015 and 2016.

Çizelge 4. Bolu ili kiraz bahçelerindeki 2015 ve 2016 yıllarında toplam coccinellid sayısı (n=123) ve her bir türün oranı.

Subfamily/Tribe/ Species	n	Frequency (%)
Subfamily Coccinellinae		
Tribe Coccinellini		
<i>Adalia bipunctata</i> (L.)	9	7.3
<i>Adalia decempunctata</i> (L.)	2	1.6
<i>Adalia fasciatopunctata revelirei</i> (Mulsant)	1	0.8
<i>Harmonia axyridis</i> (Pallas)	10	8.1
<i>Hippodamia (Semiadalia) undecimnotata</i> (Schnd.)	1	0.8
<i>Coccinella septempunctata</i> (L.)	9	7.3
<i>Coccinula quatuordecimpustulata</i> (L.)	2	1.6
<i>Oenopia (Synharmonia) conglobata</i> (L.)	2	1.6
Tribe Psylloborini		
<i>Psyllobora vigintiduopunctata</i> (L.)	3	2.4
Subfamily Scymninae		
Tribe Scymnini		
<i>Nephus nigricans</i> (Weise)	1	0.8
<i>Scymnus apetzii</i> (Mulsant)	15	12.2
<i>Scymnus bivulnerus</i> (Capra)	4	3.3
<i>Scymnus frontalis</i> (Fabricius)	4	3.3
<i>Scymnus pallipediformis</i> (Gunther)	16	13.0
<i>Scymnus rubromaculatus</i> (Goeze)	5	4.1
<i>Scymnus (Pullus) subvillosus</i> (Goeze)	5	4.1
<i>Scymnus quadriguttatus</i> (Fursch and Kreissi)	6	4.9
Tribe Stethorini		
<i>Stethorus gilvifrons</i> (Mulsant)	26	21.1
<i>Stethorus punctillum</i> (Weise)	2	1.6

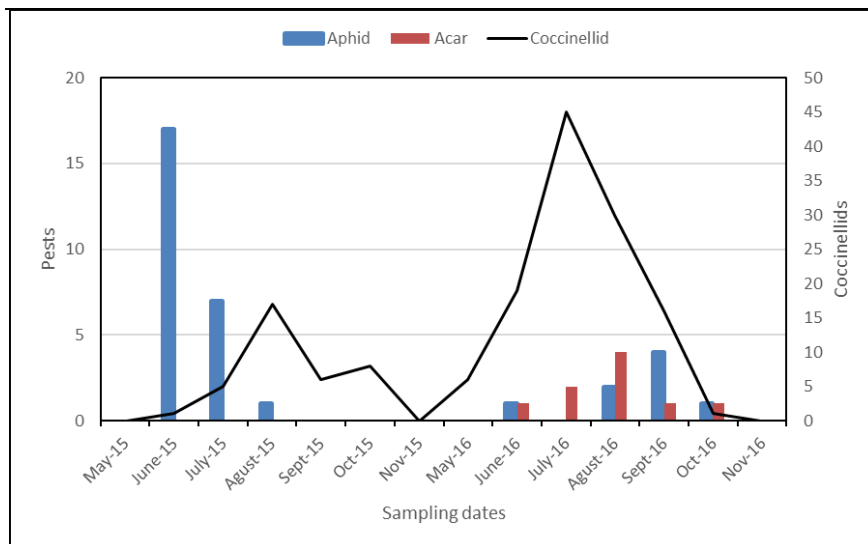


Figure 3. Patterns of population density of aphid, mite and coccinellids in cherry orchards for two years.

Şekil 3. Çalışmanın yapıldığı iki yılda kiraz bahçelerindeki yaprakbiti, akar ve coccinellidlerin popülasyon yoğunluğu.

A total of 22 coccinellid individuals belonging to five species were collected in hazelnut orchards of Düzce province. *Chilocorus renipustulatus* Scriba (59.1%) and *Propylea quatuordecimpunctata* L. (22.7%) were the most common coccinellids in hazelnut orchards. Among these five species, *Harmonia axyridis* Pallas and *Subcoccinella vigintiquatuor punctata* L. with 4.5% of density were determined as the least abundant coccinellids (Table 5).

Table 5. Percentage of each species of the total of coccinellids collected (n=22) in hazelnut orchards in Düzce during 2015 and 2016.

Çizelge 5. Düzce ilinde 2015 ve 2016 yıllarında funduk bahçelerindeki toplam coccinellid sayısı (n=22) ve her bir türün oranı.

Subfamily/Tribe/Species	n	Frequency (%)
Subfamily Chilocorinae		
Tribe Chilocorini		
<i>Chilocorus renipustulatus</i> (Scriba)	13	59.1
Subfamily Coccinellinae		
Tribe Coccinellini		
<i>Harmonia axyridis</i> (Pallas)	1	4.5
<i>Oenopia (Synharmonia) conglabata</i> (L.)	2	9.1
<i>Propylea quatuordecimpunctata</i> (L.)	5	22.7
Subfamily Epilachninae		
Tribe Epilachnini		
<i>Subcoccinella vigintiquatuor punctata</i> (L.)	1	4.5

DISCUSSION

Our two years study represents the full investigation of the diversity and community composition of coccinellids in Düzce and Bolu provinces of Turkey. The local coccinellid communities was most diverse in cherry, followed by apple and hazelnut orchards. This may reflect the diversity of prey items or abundance. The subfamily Scymninae dominated the community of coccinellids in the apple and cherry orchards, followed by subfamily Coccinellinae. The subfamily Chilocorinae and Coccinellinae dominated In hazelnut orchards. The periods of their activities calculated every month basis for the coccinellid species on cherry and apple are shown in Fig. 2 and Fig. 3. The highest activity was recorded in June, July, August, and September, although more coccinellid species were present throughout the sampling period for each crop.

The coccinellid community in cherry was mainly dominated by the species belonging to the tribes Stethorini and Scymnini such as *S. gilvifrons*, *S. pallipediformis*, and *S. apetzii*. Many studies have been carried out for the survey of coccinellid species in cherry orchards in different provinces of Turkey. Among the coccinellid species *C. septempunctata* and *A. bipunctata* in Nigde and Adana provinces (Ulusoy *et al.*, 1999), *C. septempunctata*, and *S. conglabata* in Elazığ and Mardin provinces (Cınar *et al.*, 2004), *S. gilvifrons* in Karaman province (Ozcan, 2007), *C. septempunctata*, *S. conglabata* and *S. pallipediformis* in Diyarbakir province (Kaplan, 2019), and *S. gilvifrons*, *S. punctillum* and *C. septempunctata* in Bolu province (Kacar ve Koca, 2020) were previously reported.

It seems that the coccinellid species belonging to subfamilies Coccinellinae and Scymninae were the dominant according to these studies.

In apple, the species from the tribes Stethorini and Coccinellini were found the most abundant. *S. gilvifrons*, *A. bipunctata*, and *C. septempunctata* were dominated species in apple orchards. *S. vigintiquatuorpunctata*, *Vibidia duodecimguttata* (Poda) in Adana province (Yiğit and Uygun, 1982), *S. gilvifrons* in Antalya province (Ciftci *et al.*, 1985), *A. fasciatopunctata revelierei* and *S. conglobate* in Van province (Erol and Yasar, 1996), *C. septempunctata*, *Scymnus* sp., *P. quatuordecimpunctata*, and *S. punctillum* in Elazığ province (Ayaz and Yucel, 2010), and *C. septempunctata* in Bolu province (Kacar, 2019) were determined as common coccinellid species. Studies indicated that coccinellid species belonging to the subfamily Coccinellinae and Scymninae were the most abundant species in apple orchards in Turkey, as in cherry orchards. The tribe Stethorini was reported to the only specialist to mite predators in the Coccinellidae (Biddinger *et al.*, 2009). Some attractive characteristics of Stethorini such as prey consumption, longevity, and high reproductive capacity are crucial for biological control of mites.

Each adult of Stethorini may consume 30-60 mites per day (Kundoo and Khan, 2017). The tribe Scymnini contains very small, pubescent coccinellids that are associated with sucking pests such as mealybugs, aphids, diaspidids, and whiteflies (Vidya and Bhaskar, 2017). Members of the Scymnini was reported to feeding on sternorrhynchan Hemiptera; therefore, they are of interest to biological control (Ali *et al.*, 2015). Lastly, the tribe Coccinellini has various species in apple and cherry orchards. It has been reported that these species mostly feed on aphid species (Blackman, 1967; Triltsch, 1999; Pervez, 2004; Slipinski, 2007; Farhadi *et al.*, 2011; Kundoo and Khan, 2017).

The main pests were determined as big bud mites (*Cecidophyopsis* sp. and *Phytoptus* sp.) in hazelnuts of Düzce. The coccinellid community in hazelnut was mainly dominated by the species belonging to the tribes Chillocorini and Coccinellini such as *C. renipustulatus* and *P. quatuordecimpunctata*. Further, these species were only occurred in hazelnuts. But these are not included among the most favourite prey items for coccinellids. *Chilocorus* contains 79 species distributed all over the world and mainly preying on Coccoidea as the largest genus of the tribe Chillocorini (Giorgi *et al.*, 2009; Escalona *et al.*, 2017). Aphids also are preferred preying of most Coccinellini (Slipinski, 2007). Other phytophagous species, however, such as diaspidids and psyllids, are usually found in hazelnut orchards (field observation) and potentially attract several coccinellid species.

The population dynamics of coccinellids are usually intimately associated with the density of aphid population (Honek, 1982; Shulka, 1990). The biological control of mites also encompasses two groups of bio-control agents: the predatory mites in the family Phytoseiidae and various species of coccinellids, particularly the tribe Stethorini (McMurtry *et al.*, 1970; Helle and Sabelis, 1985; McMurtry and Croft, 1997; Biddinger *et al.*, 2009). Studies of the association between prey and natural enemies have shown that predator species of Coccinellidae prominence with two characterises: searching ability and aggregation on host patches (Begon *et al.*, 1996). The findings of the current research show the presence of various coccinellid communities on different crops, which may be associated with the kind of prey items existed in the orchards. The information about the population structure of coccinellid community and the relationships between species and the host tree plays a critical role determining which species should be selected when a biological control scheme should be implemented as well as for improving subsequent management of ecosystems and the effectiveness of conservation policies (Santos *et al.*, 2012). The enrichment of coccinellids in any crop helps reduce pesticide use and regulates pest levels under more environmentally conscious farming practices. The increasing diversity of coccinellids supports a more complete biological control of pests in both space and time, as different species precede the type and stage of prey.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that they have no competing interests.

DECLARATION OF AUTHOR CONTRIBUTION

G.K. conceived the original idea, and G.K. and A.S.K. performed research, analyzed the data and interpreted the results. All authors wrote, reviewed and approved the manuscript.

ACKNOWLEDGMENT

The authors wish to thank senior Prof. Dr. Nedim UYGUN (Cukurova University, Department of Plant Protection, Adana, Turkey) and Asst. Prof. Derya ŞENAL (Bilecik Şeyh Edebali University, Department of Plant Protection, Bilecik, Turkey) for identification of coccinellid species. This work was funded by Bolu Abant İzzet Baysal University, Scientific Research Projects Coordination (Project No: BAP-2015.10.06.874 and BAP-2015.10.06.889).

REFERENCES

- Aksoy, N. (2001). *Karakiriş dağı (Seben-Nallıhan) florasi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Ali, M., Perveen, R., Naqvi, A. U. N., Ahmed, K., Raza, G., & Hussain, I. (2015). The tribe Scymnini (Coccinellidae: Coleoptera) from Sindh province, Pakistan. *Journal of Insect Science*, 15(1).
- Anonymous, 2020. Map of Düzce and Bolu provinces of Turkey. earth.google.com/web/search/turkey/. Access date: July 08, 2020.
- Aslan, M. M., & Uygun, N. (2005). The aphidophagus coccinellid (Col.: Coccinellidae) species in Kahramanmaraş, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 29, 1-8.
- Ayaz, T., & Yücel, A. (2010). Elazığ ili elma alanlarında bulunan zararlı ve yararlı Arthropod türlerinin belirlenmesi üzerine araştırmalar. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(1), 9-16.
- Begon M., Harper J. L., & Townsend, C. R. (1996). *Ecology: Individuals, Populations and Communities*. 3rd Ed., Blackwells, Oxford.
- Biddinger, D. J., Weber, D. C., & Hull, L. A. (2009). Coccinellidae as predators of mites: Stethorini in biological control. *Biological Control*, 51(2), 268-283.
- Blackman, R. L. (1967). The effects of different aphid foods on *Adalia bipunctata* L. and *Coccinella 7-punctata* L. *Annals of Applied Biology*, 59(2), 207-219.
- Blackman, R. L., & Eastop, V. S. (2000). *Aphids on the World's Crops: An Identification and Information Guide*. John Wiley and Sons, 2nd Ed., UK.
- Blackman, R. L., & Eastop, V. S. (2017). Taxonomic issues. In H. F. Van Emden, & R. Harrington (Eds.), *Aphids as Crop Pests* (pp. 1-27), Wallingford, UK: CAB International.
- Bolu, H. & Uygun, N. (2003). Güneydoğu Anadolu Bölgesi antepfıstıklarında Coccoidea türleri, yayılış alanları, bulaşma oranları ve doğal düşmanlarının belirlenmesi. *Bitki Koruma Bülteni*, 43(1-4), 111-123.
- Cınar, M., Cimen, İ., & Bolu, H. (2004). Elazığ ve Mardin illeri kiraz ağaçlarında zararlı olan türler, doğal düşmanları ve önemlileri üzerinde gözlemler. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 28(3), 213-220.
- Ciftci, K., Türkyılmaz, N., Kumaş, F., & Özkan, A. (1985). Antalya ili elma bahçelerindeki önemli zararlılar ile doğal düşmanlarının tespiti üzerinde ön çalışmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 25(1-2), 49-61.
- Dedryver, C. A., Le Ralec, A., & Fabre, F. (2010). The conflicting relationships between aphids and men: a review of aphid damage and control strategies. *Comptes Rendus Biologies*, 333(6-7), 539-553.
- DiFonzo, C. D., Ragsdale, D. W., Radcliffe, E. B., Gudmestad, N. C., & Secor, G. A. (1997). Seasonal abundance of aphid vectors of potato virus Y in the RedRiver Valley of Minnesota and North Dakota. *Journal of Economic Entomology*, 90: 824-831.
- Düzgüneş, Z., Toros, S., Kılınçer, N., & Kovancı, B. (1982). *Ankara İlinde Bulunan Aphidoidea Türlerinin Parazitoit ve Predatörlerinin Tespiti*. Tarım ve Orman Bakanlığı Ziraat Mücadele ve Ziraat Karantina Genel Müdürlüğü, Ankara, 251 s.
- Erkilic, L., & Demirbas, H. 2007. *Biological Control of Citrus Insect Pests in Turkey*. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources, No. 056, Wallingford, UK.
- Erol, T., & Yaşar, B. (1996). Van ili elma bahçelerinde bulunan zararlı türler ile doğal düşmanları. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 20(4), 281-293.
- Escalona, H. E., Zwick, A., Li, H. S., Li, J., Wang, X., Pang, H., Hartley, D., Jermiin, L.S., Nedvěd, O., Misof, B., Niehuis, O., Ślipiński, A., & Tomaszewska, W. (2017). Molecular phylogeny reveals food plasticity in the evolution of true ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae: Coccinellini). *BMC Evolutionary Biology*, 17(1), 1-11.
- Farhadi, R., Allahyari, H., & Chi, H. (2011). Life table and predation capacity of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on *Aphis fabae* (Homoptera: Aphididae). *Biological Control*, 59(2), 83-89.

- Favret, C. (2014). Cybertaxonomy to accomplish big things in aphid systematics. *Insect Science*, 21(3), 392-399.
- Giorgi J. A., Vandenberg N. J., Mchugh J. V., Forrester J. A., Ślipiński S. A., Miller K. B., Shapiro L. R. & Whiting, M. F. (2009). The evolution of food preferences in Coccinellidae. *Biological Control*, 51, 215-231.
- Goggin, F. L., Quisenberry, S. S., & Ni, X. (2017). Feeding injury. In H. F. Van Emden, & R. Harrington (Eds.), *Aphids as Crop Pests* (pp. 1-27), Wallingford, UK: CAB International.
- Gordon, R. D. 1985. The Coccinellidae (Coleoptera) of America north of Mexico. *Journal of the New York Entomological Society*, 93, 1-912.
- Hagen, K. S. (1987). Nutritional ecology of terrestrial insect predators. In: F. Slansky, & J. G. Rodriguez (Eds.), *Nutritional Ecology of Insects, Mites, Spiders and Related Invertebrates* (pp. 533-577), John Wiley & Sons, New York.
- Helle, W., & Sabelis, M. W. (1985). *Spider Mites; Their Biology, Natural Enemies, and Control*, Vols. A and B. Elsevier, Amsterdam.
- Hodek, I. (1973). *Biology of Coccinellidae*. Czechoslovak Academy of Science, Prague.
- Hodek, I., Van Emden, H. F., Honek, A. (2012). *Ecology and Behaviour of the Ladybird Beetles (Coccinellidae)*. Blackwell Publishing Ltd., UK.
- Honék, A. (1982). Factors which determine the composition of field communities of adult aphidophagous Coccinellidae (Coleoptera). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 94, 157-168.
- Iperti, G. (1999). Biodiversity of predaceous coccinellidae in relation to bioindication and economic importance. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1-3), 323-342.
- Jeppson, L. R., Keifer, H. H., & Baker, E. W. (1975). *Mites Injurious to Economic Plants*. University of California Press. London, UK.
- Kacar, G. (2015). Survey of coccinellid species and their preys in olive groves in Turkey. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 25(1), 157.
- Kacar, G. (2019). Seben (Bolu) elma bahçelerinde belirlenen zararlı, yararlı türler ve biyoekojileri. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5(2), 286-291.
- Kacar, G., & Koca, A. S. (2020). Bolu ili kiraz ve vişne bahçelerinde belirlenen zararlı ve faydalı türler. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(3), (in press).
- Kaplan, M. (2019). Diyarbakır ili bazı kiraz bahçelerinde bulunan zararlı ve faydalı böcek türleri ile bazı önemli zararlı türlerin doğada görülme zamanı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 17, 283-289.
- Kaya Başar, M., & Yaşar, B. (2011). Isparta ili meyve bahçelerinde saptanan Coccinellidae (Coleoptera) türleri. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 35(3), 519-534.
- Khan, I., Din, S., Khalil, S. K., & Rafi, M. A. (2007). Survey of predatory Coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae) in the Chitral district, Pakistan. *Journal of Insect Science*, 7(7), 1-6.
- Kundoo, A. A., & Khan, A. A. (2017). Coccinellids as biological control agents of soft bodied insects: a review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(5), 1362-1373.
- Lazarov, A., & Grigorov, P. (1961). *Karantina Na Rastenijata Zemizdat*, Sofia, Bulgaria.
- Lindquist, E. E., Bruin, J., & Sabelis, M. W. (1996). *Eriophyoid Mites: Their Biology, Natural Enemies and Control*. Elsevier, Amsterdam.
- Lundgren, J. G. (2009). Nutritional aspects of non-prey foods in the life histories of predaceous Coccinellidae. *Biological Control*, 51(2), 294-305.
- Majerus, M. E. N. (1994). *Ladybirds*. Harper Collins, London.
- McMurtry, J. A., Huffaker, C. B., & Van de Vrie, M. (1970). Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: a review. I. Tetranychid enemies: their biological characters and the impact of spray practices. *Hilgardia*, 40, 331-390.
- McMurtry, J.A., Croft, B. A. (1997). Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annual Review of Entomology*, 42, 291-321.
- Nedved, O., & Kovar, I. 2012. Phylogeny and classification. In H. F. Hodek, H. F. Vanemden, & A. Honek (Eds.), *Ecology and Behaviour of the Ladybird Beetles (Coccinellidae)* (pp. 1-12). United Kingdom: Wiley-Blackwell.
- Obrycki, J. J., & Kring, T. J. (1998). Predaceous Coccinellidae in biological control. *Annual Review of Entomology*, 43, 295-322.

- Oğuzoğlu, Ş., Avcı, M., Şenal, D., & Karaca, İ. (2017). First record of *Anatis ocellata* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Coccinellidae) in Turkey. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 7(2), 197-202.
- Ozcan, R. (2007). *Başyayla (Karaman) ilçesinde kiraz ağaçlarında bulunan zararlı böcekler, akarlar ve doğal düşmanlarının tespiti üzerine araştırmalar*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Pervez, A. (2004). Predaceous coccinellids in India: predator-prey catalogue (Coleoptera: Coccinellidae). *Oriental Insects*, 38(1), 27-61.
- Ponsonby D. J. & Copland, J. W. (1997). Predators. Coccinellidae and Other Coleoptera. In Y. Ben-Dov, & C. J. Hodgson (Eds). *Soft Scale Insects, their Biology, Natural Enemies and Control* (pp. 29-60). Elsevier, Amsterdam.
- Raboudi, F., Ben Moussa, A., Makni, H., Marrakchi, M., & Makni, M. (2002). Serological detection of plant viruses in their aphid vectors and host plants in Tunisia. *EPPO Bulletin*, 32, 495-498.
- Santos, S. A., Raimundo, A., Bento, A., & Pereira, J. A. (2012). Species abundance patterns of coccinellid communities associated with olive, chestnut and almond crops in north-eastern Portugal. *Agricultural and Forest Entomology*, 14(4), 376-382.
- Sarwar, M. (2016). Biological control to maintain natural densities of insects and mites by field releases of lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae). *International Journal of Entomology and Nematology*, 2(1), 021-026.
- Shulka, R. P. (1990). Spatial distribution of key pests of mustard and their natural enemies in India. *Tropical Pest Management*, 36, 85-88.
- Slipinski, A. (2007). *Australian Ladybird Beetles (Coleoptera: Coccinellidae): Their Biology and Classification*. Australian Biological Resources Study, Canberra.
- Triltsch, H. (1999). Food remains in the guts of *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) adults and larvae. *European Journal of Entomology*, 96(4), 355-364.
- TÜİK. 2020. Crop production statistics. www.tuik.gov.tr/. Access date: July 08, 2020.
- Ulusoy, M. R., Vatanserver, G., & Uygun, N. (1999). Ulukışla (Niğde) ve Pozantı (Adana) yöresinde kirazlarda zararlı olan türler, doğal düşmanları ve önemlileri üzerindeki gözlemler. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 23(2), 111-120.
- Uygun, N. (1981). Türkiye Coccinellidae (Coleoptera) faunası üzerinde taksonomik araştırmalar. *ÇÜ Ziraat Fakültesi Yayınları*, 157, 43-45.
- Uygun, N. & Karabüyük, F. (2013). Coccinellidae (Gelin Böcekleri), Türkiye Biyolojik Mücadele Derneđi. <http://www.biyolojikmucadele.org.tr/uploads/Coccinellidae.pdf>. Access date: May 10, 2020.
- Van Leeuwen, T., Witters, J., Nauen, R., Duso, C., & Tirry, L. (2010). The control of eriophyoid mites: state of the art and future challenges. *Experimental and Applied Acarology*, 51(1-3), 205-224.
- Van Leeuwen, T., Tirry, L., Yamamoto, A., Nauen, R., & Dermauw, W. (2015). The economic importance of acaricides in the control of phytophagous mites and an update on recent acaricide mode of action research. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 121, 12-21.
- Vidya, C. V., & Bhaskar, H. (2017). Scymnini (Coleoptera: Coccinellidae) associated with major sucking pests of Kerala. *Journal of Biological Control*, 31(4), 212-216.
- Yiğit, A., & Uygun, N. (1982). Adana, İçel ve Kahramanmaraş illeri elma bahçelerinde zararlı ve yararlı faunanın saptanması üzerinde çalışmaları. *Bitki Koruma Bülteni*, 22(4), 163-178.
- Zazycki, L. C. F., Smedo, R. E. S., Silva, A., Bisognin, A. Z., Bernardi, O., Garcia, M. S., & Nava, D. E. (2015). Biology and fertility life table of *Eriopsis connexa*, *Harmonia axyridis* and *Olla v-nigrum* (Coleoptera: Coccinellidae). *Brazilian Journal of Biology*, 75(4), 969-973.
- Zenginbal, H. (2015). Bolu ili meyvecilik potansiyeli ve ceviz yetiştiriciliği. *Ziraat Mühendisliği*, 362, 10-16.



Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (International Journal of Agriculture and Wildlife Science)

<http://dergipark.org.tr/ijaws>



Araştırma Makalesi

Damla Sulama Desteklemelerinin Silajlık Mısır Üretimi Üzerine Etkisi: Edirne İli Örneği

Başak Aydın^{1*}, Ozan Öztürk¹, Ferit Çobanoğlu², Ülviye Çebi^{1*}, Erol Özkan¹, Selçuk Özer¹

¹Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Kırklareli

²Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Aydın

Geliş tarihi (Received): 17.06.2020

Kabul tarihi (Accepted): 02.10.2020

Anahtar kelimeler:

Damla sulama, ekonomik analiz, etkinlik, mısır, verimlilik

Özet. Bu çalışmanın amacı Edirne ilinde damla sulama desteği programının silajlık mısır üretimi üzerine etkileri belirlemek ve destekten yararlanan ve yararlanmayan işletmelerde silajlık mısırın ekonomik ve verimlilik analizini yapmak ve teknik etkinliklerini tespit etmektir. 2012 ve 2017 yılları arasında destek alan 22 silajlık mısır üreticisinin tamamıyla anket çalışması yapılmış olup, aynı sayıda ve benzer özellikte destek almayan üretici ile de anket çalışması yapılmıştır. Silajlık mısır üretimine ilişkin üretim masrafları, brüt ve net kârlar ortaya konulmuştur. Etkinlik analizinde veri zarflama yöntemi, etki analizinde eğilim skoru eşleştirme yöntemi kullanılmıştır. Üretim masrafları toplamı destek alan işletmelerde 1538.20 TL da⁻¹, destek almayan işletmelerde 1597.09 TL da⁻¹ olarak belirlenmiştir. Brüt kâr destek alan ve almayan işletmelerde sırasıyla 865.03 TL da⁻¹ ve 483.18 TL da⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Destek alan işletmelerde toplam teknik etkinlik 0.894, saf teknik etkinlik 0.958 olarak bulunmuştur. Destek almayan işletmelerde ise toplam teknik etkinlik 0.846, saf teknik etkinlik ise 0.913 olarak bulunmuştur. Ekonomik analiz sonuçlarına göre, destek alan işletmelerde silajlık mısır yetiştiriciliğinin daha kârlı olduğu görülmektedir. Etkinlik analizi sonuçlarına göre ise, destek alan işletmelerin destek almayan işletmelere göre daha etkin çalıştıkları sonucuna varılmıştır. Girdi kullanımı her iki işletme grubunda da hemen hemen aynı ve satış fiyatı aynı olmasına rağmen, etkinlik ve kârlılık farkı verimden ve destek alan üreticilerin etkin su kullanımından kaynaklanmaktadır.

*Sorumlu yazar

basakaydin_1974@yahoo.com

Effect of Drip Irrigation Subsidies on Maize for Silage Production: Case of Edirne Province

Keywords:

Drip irrigation, economic analysis, efficiency, maize, productivity

Abstract. The aim of this study was to determine the effects of drip irrigation subsidy program on maize for silage production in Edirne province and make the economic and productivity analysis and determine the technical efficiencies of maize for silage in the enterprises who utilized and did not utilize from the subsidies. Total of 22 maize for silage producers who utilized from drip irrigation subsidies between 2012 and 2017 years participated in the survey and the same survey was applied to the same number of the producers who did not utilize from drip irrigation subsidies. Production costs, gross and net profits for silage production were determined. Data envelopment analysis was used in efficiency analysis and propensity score matching method was used in impact analysis. Total of production costs were determined as 1538.20 TL da⁻¹ in the enterprises utilizing from drip irrigation subsidies and 1597.09 TL da⁻¹ in the other group. Gross profit were determined as 865.03 TL da⁻¹ and 483.18 TL da⁻¹ in the enterprises who utilized and did not utilize from the subsidies, respectively. Total technical efficiency and pure technical efficiency scores were found as 0.894 and 0.958 in the enterprises who utilized from drip irrigation subsidies. Total technical efficiency and pure technical efficiency scores were found as 0.846 and 0.913 in the enterprises who did not utilize from drip irrigation subsidies. According to economic analysis results, it was determined that maize for silage farming was more profitable in the enterprises who utilized from drip irrigation subsidies. According to the efficiency analysis results, it was concluded that the enterprises utilizing from the subsidies operated more efficient than the other group. Although the input usage was almost the same and the selling price was the same in each enterprise group, the efficiency and the profitability difference was based on the efficient water usage of the producers who utilized from drip irrigation subsidies.

ORCID ID (Yazar sırasına göre/By author order)

0000-0002-5047-7654 0000-0001-8329-2739 0000-0002-7706-2993 0000-0002-1587-6318

0000-0003-3130-6216 0000-0002-6055-4377

GİRİŞ

Mısır (*Zea mays L.*) üretim alanı olarak tahıllar içerisinde Dünyada buğdaydan sonra en geniş üretim alanına sahip bitkidir. Tüm dünya genelinde yaklaşık 195 milyon ha alanda ekimi yapılmaktadır (Anonim, 2018). İnsan beslenmesinde önemli bir gıda kaynağı olmasının yanında silaj olarak değerlendirildiği zaman da hayvanlar için değerli bir yem kaynağıdır. Türkiye’de ise özellikle sulanabilen alanlarda yetiştiriciliği yapılan mısırın 2019 yılı içerisindeki üretim alanı 1.14 milyon hektardır. Bu alanın yaklaşık 0.5 milyon hektarında silajlık mısır üretimi yapılmıştır (Anonim, 2019).

Verimli tarım toprakları ile Türkiye’nin önemli tarım bölgelerinden birisi olan Trakya bölgesi 1.21 milyon ha tarıma elverişli alana sahiptir. Trakya, Türkiye ayçiçeği ekim alanının %70’ini ve üretiminin %75’ini karşılamaktadır. Diğer önemli bir ürün olan çeltikte Türkiye ekim alanının %50’si ve üretiminin %50’si yine bu bölgede yer almaktadır. Trakya’da, Türkiye buğday ekim alanının yaklaşık %5’i kadar bir alanda buğday tarımı yapıldığı halde üretimin %15’i yine bu bölgeden karşılanmaktadır (Süzer, 2020).

Trakya Bölgesinde 2019 yılında toplam 241409 dekarlık alanda silajlık mısır üretimi yapılmıştır. Bu üretimin 55677 dekarı Tekirdağ, 78082 dekarı Edirne, 107650 dekarı ise Kırklareli ilinde gerçekleştirilmiştir (Anonim, 2019). Edirne ili 3.7 milyon da, tarım alanı ile bölgenin Tekirdağ’dan sonra en fazla tarım alanına sahip ilidir. Bu alanın %27’sinde sulu tarım yapılmaktadır. Sulanan alanlar içerisinde çeltikten sonra en fazla üretimi yapılan tahıl ise mısırdır.

Türkiye hayvancılığının en büyük sorunlarından birisinin kaliteli kaba yem açığı olduğu göz önünde bulundurulduğunda, gerek elde edilen silajın hayvan besleme yeteneğinin yüksek olması, gerekse birim alandan elde edilen kuru madde miktarının diğer yem bitkilerine karşı üstünlüğü silajlık mısır üretiminin son yıllarda yaygınlaşmasına neden olmuştur. Silajlık mısır yetiştiriciliği, hayvancılığın gelişmesinde çok önemli bir rol oynamakta ve silaj yemi ile hayvanlar, yeşil yem bulunmadığı zamanlarda da dengeli beslenebilmektedir.

Silajlık mısırın daha geniş alanlarda yetiştirilmesi için sulanabilen tarım alanlarının genişletilmesi gerekmektedir. Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de son yıllarda, sulanan tarım alanlarının genişletilmesi ve mevcut su kaynaklarının daha rasyonel kullanımı daha fazla önem kazanmaya başlamıştır. Bu sebeple de su kullanım etkinliğini artıran basınçlı sulama sistemleri yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Damla sulama yönteminde; bitkinin ihtiyacı olan sulama suyu bitki su sıkıntısı çekmeden sık olarak ve az miktarda kök bölgesine verilir. Bu yöntemde sistem bitki köküne yakın olduğu için ve az miktarda su uygulandığı için sıra aralarında veya sıra üzerinde kuru alanlar kalabilir. Bu nedenle damla sulama yöntemi diğer yöntemlere göre su kullanım etkinliği yönünden yüksek olup, önemli düzeyde su tasarrufu sağlar (Ağızan, 2018)

Kırsal Kalkınma Yatırımlarının Desteklenmesi Programı kapsamında Makine ve Ekipman Alımlarının Desteklenmesi Programı, kırsal alanda belirlenen bazı tarımsal makine ve ekipman alımlarına yönelik yapılacak harcamaları belirli oranlarda hibe olarak finansmanı yoluyla desteklemeyi hedeflemiştir. 2016 yılından sonra bu kapsamda verilen desteklemeler, Kırsal Kalkınma Destekleri Kapsamında Bireysel Sulama Sistemlerinin Desteklenmesi adı altında verilmeye başlanmış olup, yedi adet yatırım konusunu kapsamaktadır. Bu yatırım konuları, Tarla içi damla sulama sistemi kurulması, tarla içi yağmurlama sulama sistemi kurulması, tarla içi mikro yağmurlama sulama sistemi kurulması, tarla içi yüzey altı damla sulama sistemi kurulması, Lineer veya Center Pivot sulama sistemi kurulması, tamburlu sulama sistemi kurulması ve güneş enerjili sulama sistemi kurulmasıdır.

Bu çalışmada tarla içi damla sulama desteği programının silajlık mısır üretimi üzerine etkileri belirlenmiştir. Damla sulama desteğinden yararlanan ve yararlanmayan işletmelerde silajlık mısırın ekonomik ve verimlilik analizi yapılmış ve teknik etkinlikleri tespit edilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Tarım Reformu Genel Müdürlüğünden 2012-2017 yılları arasında Edirne ilinde damla sulama desteği almış üreticilerin bilgileri elde edilmiştir (TRGM, 2018). Tam sayım yöntemine göre, damla sulama desteği alan 41 üretici ile anket çalışması yapılmıştır. Ancak, bu üreticilerin 22 tanesi silajlık mısır üretimi yaptığı için değerlendirmeye 22 anket alınmıştır. Çalışmada, destek alan ve almayan grupların karşılaştırılması amacıyla, aynı sayıda destek almayan üretici ile de anket çalışması yapılmıştır.

Çalışmada öncelikle ortalama, minimum, maksimum değerler, yüzde oranları gibi bazı önemli tanımlayıcı istatistik parametreler kullanılmıştır. Ki kare testi ile oluşturulan gruplar arasında farklılık olup olmadığı belirlenmiştir. Ki kare testi, gözlenen frekanslar ile beklenen frekanslar arasındaki farkın istatistik olarak anlamlı olup olmadığı temeline dayanır. Nitel iki değişken arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olup olmadığı

araştırılmaktadır. H_0 'da ilişkinin olmadığı, bağımsızlığın olduğu; H_A 'da ise ilişkinin olduğu, bağımsızlığın olmadığı iddia edilir (Güngör ve Bulut, 2008).

Değişken masraflar; işgücü, çeki gücü, tohum, gübre, ilaç masrafları, sulama sistemi yıllık bakım onarım ücreti, alet-makine tamir bakım masrafları, ürün sigortası ve döner sermaye faizinden oluşmaktadır. Toprak hazırlığı değişken masrafları iş gücü ve çeki gücü masrafları içinde yer almaktadır. Araştırmanın yürütüldüğü bölgede tespit edilen kadın işçi günlük ücretleri ile erkek işçi günlük ücretleri aile iş gücünün ücret karşılığının hesaplanmasında kullanılmıştır. Çeki gücü masraflarının hesabında bölgedeki alet-makine kiralari esas alınmıştır. Döner sermaye faizinin hesaplanmasında üretim dönemi için T.C. Ziraat Bankası'nın bir yıl vadeli tarımsal işletme kredilerine uyguladığı faiz oranının yarısı alınmıştır.

Sabit masraflar; genel idare giderleri, arazi kirası, sulama alet-makine sermaye amortismanı ve faizi, sulama sistemleri yatırım masrafları amortismanı ve faizinden oluşmaktadır. Arazi kirası üreticilerin beyanlarından oluşmuş olup, genel idare giderleri değişken masrafların %3'ü alınarak hesaplanmıştır. Alet makine faizi, makine değerinin yarı değerine faiz uygulanarak hesaplanmıştır. Alet makine amortismanı ise toplam sermayenin %10'unu olarak alınmıştır (Kıral ve ark., 1999).

Gayri safi üretim değerini (GSÜD) elde etmek için hasat edilen ürün miktarı, ürünün satış fiyatı ile çarpılmıştır. Damla sulama destek miktarı, destek alan işletmelerde gayri safi üretim değerine ilave edilmiştir. Brüt kar; değişken masrafların GSÜD'nden çıkarılmasıyla, Net kar ise, üretim masraflarının GSÜD'nden çıkarılmasıyla elde edilmiştir.

$$\text{Brüt kar} = \text{GSÜD} - \text{Değişken masraflar} \quad (1)$$

$$\text{Net kar} = \text{GSÜD} - \text{Üretim masrafları} \quad (2)$$

(Açıl ve Demirci, 1984; Kıral ve ark., 1999).

Başabaş noktası (BBN) toplam gelirin toplam maliyete eşitlendiği noktadır (Mazhin, 1987). Başabaş noktası miktar cinsinden hesaplanmıştır.

$$\text{BBN} = \frac{\text{Sabit masraflar}}{(\text{Satış fiyatı} - \text{Birim değişken masraflar})} \quad (3)$$

Faktör verimliliği, toplam çıktının, toplam girdiye bölünmesiyle hesaplanmıştır (Sadoulet ve Janury, 1995).

$$\text{Brüt faktör verimliliği} = \frac{\text{GSÜD}}{\text{Toplam üretim masrafları}} \quad (4)$$

$$\text{Net faktör verimliliği} = \frac{\text{Net kar}}{\text{Toplam üretim masrafları}} \quad (5)$$

$$\text{Brüt işgücü verimliliği} = \frac{\text{GSÜD}}{\text{İşgücü masrafları}} \quad (6)$$

$$\text{Net işgücü verimliliği} = \frac{\text{Net kar}}{\text{İşgücü masrafları}} \quad (7)$$

$$\text{Brüt sermaye verimliliği} = \frac{\text{GSÜD}}{\text{Sulama sistemleri yatırım masrafları}} \quad (8)$$

$$\text{Net sermaye verimliliği} = \frac{\text{Net kar}}{\text{Sulama sistemleri yatırım masrafları}} \quad (9)$$

Etkinlik analizinde veri zarflama yöntemi kullanılmıştır. Veri zarflama analizinde incelenen işletmelerden, en az girdi ile en fazla çıktıyı üreten birim belirlenerek bu birimler ile bir etkinlik sınırı oluşturulmaktadır. Diğer karar verme birimlerinin etkinlikleri ise bu sınıra olan radyal uzaklıkları ölçülerek tespit edilmektedir. İşletmenin girdi bileşimini en uygun biçimde kullanarak mümkün olan en çok çıktıyı üretmedeki başarısı teknik etkinlik olarak adlandırılır. Teknik etkin olan karar birimleri, üretim sınırı üzerinde, etkin olmayanlar ise altında yer alırlar (Tarım, 2001). Teknik etkinlik saf teknik etkinlik ve ölçek etkinliği olmak üzere iki alt gruba ayrılmaktadır (Coelli ve ark., 1998).

Eğer belirli bir üretim birimi için ölçeğe göre sabit getiri ve ölçeğe göre değişken getiri teknik etkinlik değerleri birbirinden farklı ise, bu durum üretim biriminin ölçek etkinsizliğine sahip olduğunu gösterir. Buna göre ölçek etkinliği şu şekilde açıklanabilir (Zaim, 1999).

$$\text{Teknik etkinlik} = \text{Saf teknik etkinlik} \times \text{Ölçek etkinliği} \quad (10)$$

Üreticiler çıktılardan daha çok girdilerini kontrol etme eğiliminde olduklarından, bu çalışmada Farrell (1957)'nin girdiye yönelik etkinlik ölçümleri kullanılmıştır. Etkinlik ölçümlerinin tahmininde Coelli (1996) tarafından geliştirilen DEAP 2.1 paket programı kullanılmıştır.

Çalışmada etki analizi yöntemlerinden eğilim skoru eşleştirme yöntemi kullanılmıştır. Üreticilerin destekten yararlanmasının ortalama müdahale etkisi (average treatment effect: ATE) ve müdahale edilmiş grup üzerindeki ortalama müdahale etkisi (average treatment effect on the treated: ATET) tahmin edilmiştir. Ortalama müdahale etkisini tahmin etmek için ideal bir durum, aynı birim için iki çıktının karşılaştırılmasıdır. Bu iki birim de; müdahaleye maruz kalan ve kalmayan gruplardır (Imbens ve Wooldridge, 2009). Destekten yararlanan her bir üretici ile benzer özelliklere sahip destekten yararlanmayan üreticileri eşleştirme yolu ile istatistiksel bir karşılaştırma grubu oluşturmaktadır.

Öncelikle ikili lojistik model kullanılarak damla sulama desteklerinden yararlanma kararını etkileyen faktörler tahmin edilmiştir. Bağımlı değişken olarak, dekar başına düşen brüt kâr ve verim değerleri alınmış olup, müdahale değişkeni olarak, söz konusu damla sulama desteğinden yararlanma durumu alınmıştır.

Modelin bağımsız değişkenleri; işletme sahibinin yaşı (yıl), işletme sahibinin eğitim düzeyi (0: okuryazar değil; 1: okuryazar; 2: ilkokul; 3: ortaokul; 4: lise; 5: yüksekokul; 6: üniversite; 7: yüksek lisans), ailede tarımla uğraşan birey sayısı (adet), deneyim (yıl), toplam işlenen arazi büyüklüğü (dekar) olarak belirlenmiştir. Müdahale etkisinin belirlenmesine yönelik çıktı olarak ise brüt kar (TL da⁻¹) ve verim (kg da⁻¹) kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Üreticilerin Sosyo-Ekonomik Özellikleri

Silajlık mısır üreten işletmelerin sosyo-ekonomik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Destek alan işletme yöneticilerinin yaş ortalaması 52.73, eğitim süresi ortalaması 7.27 yıl, hane büyüklüğü ortalaması 4.05, tarımsal deneyimleri ortalama 31.68 yıl ve toplam arazi büyüklükleri 374.73 dekar olarak belirlenmiştir. Destek alan üreticilerin bitkisel üretimden sağladıkları yıllık gelir 88409.09 TL olup, üreticilerin %77.27'sinin tarım dışı gelire sahip olduğu ve %68.18'inin tarım sigortası yaptırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Destek almayan işletme yöneticilerinin yaş ortalaması 53.59, eğitim süresi ortalaması 7.27 yıl, hane büyüklüğü ortalaması 4.41, tarımsal deneyimleri ortalama 35.45 yıl ve toplam arazi büyüklükleri 241.64 dekar olarak belirlenmiştir. Destek alan üreticilerin silajlık mısır yetiştirdikleri arazi büyüklüğü 23.73 da, destek almayan üreticilerin silajlık mısır üretimi yaptıkları arazi büyüklüğü ise 20.27 da olarak belirlenmiştir. Destek almayan üreticilerin bitkisel üretimden sağladıkları yıllık gelir 36454.55 TL olup, %72.73'ünün tarım dışı gelire sahip olduğu ve %40.91'inin tarım sigortası yaptırdığı tespit edilmiştir.

Çizelge 1. Üreticilerin sosyo-ekonomik özellikleri.

Table 1. Socio-economic characteristics of the producers.

Sosyo-ekonomik özellikler	Destek Alan	Destek Almayan
Üreticilerin ortalama yaşı (yıl)	52.73	53.59
Üreticilerin ortalama eğitim süresi (yıl)	7.27	7.27
Ortalama hane büyüklüğü (adet)	4.05	4.41
Ortalama tarımsal deneyim (yıl)	31.68	35.45
Toplam arazi büyüklüğü (da)	374.73	241.64
Silajlık mısır yetiştirilen arazi büyüklüğü (da)	23.73	20.27
Bitkisel üretimden sağladıkları yıllık gelir (TL)	88409.09	36454.55
Tarım dışı gelire sahip olma oranı (%)	77.27	72.73
Tarım sigortası yaptırmama oranı (%)	68.18	40.91

Silajlık Mısır Üretiminin Ekonomik ve Verimlilik Analizi

Çizelge 2'de araştırma konusu işletmelerin silajlık mısır üretimi için birim alanda yaptıkları masraflar verilmiştir. Toplam üretim masrafı destek alan işletmelerde bir dekar alan için 1538.20 TL olarak tespit edilmiştir. Sabit masrafların toplam üretim masrafları içindeki oranı %29.93'ü iken değişken masrafların oranı %70.07'dir. Üretim masraflarının en önemli kalemini çeki gücü masrafları (%17.55) oluşturmaktadır. Değişken masraflar içerisinde yer

alan su ve elektrik masraflarının toplam üretim masrafları içindeki payı %15.76, tohum masraflarının payı %8.78, alet-makine tamir bakım masraflarının payı %6.75, işgücü masraflarının payı %6.50, gübre masraflarının payı %5.96 olarak belirlenmiştir. Sulama alet-makine sermaye amortismanı ve arazi kirasının sabit masraflar içinde en yüksek payı alan masraf kalemleri olduğu ve toplam üretim masrafları içindeki paylarının sırasıyla %10.40 ve %7.15 olarak belirlenmiştir. Destek almayan işletmelerde değişken masraflar toplamı 1115.14 TL da⁻¹, sabit masraflar toplamı 481.95 TL da⁻¹ olarak hesaplanmış olup, toplam üretim masrafları 1597.09 TL da⁻¹ olarak belirlenmiştir. Değişken masrafların toplam üretim masrafları içindeki payı %69.82, sabit masrafların payı ise %30.18 olarak belirlenmiştir. Değişken masraflar içerisinde yer alan çeki gücü masraflarının toplam üretim masrafları içindeki payı %16.91, su ve elektrik masraflarının payı %15.98, tohum masraflarının payı %8.79, alet-makine tamir bakım masraflarının payı %6.61, işgücü masraflarının payı %6.57, gübre masraflarının payı %5.67 olarak hesaplanmıştır. Sabit masraflarda en önemli masraf kalemlerinin sulama alet-makine sermaye amortismanı ve arazi kirası olduğu belirlenmiş olup, toplam üretim masrafları içindeki payı sırasıyla %10.33 ve %7.51 olarak belirlenmiştir.

Savaşan (2007) tarafından yapılan Karaman ilinde yapılan çalışmada ortalama 32.14 da alanda silajlık mısır üretimi için yapılan toplam üretim masraflarının 7967.04 TL olduğu ve bunun %75.69'unun değişken masraflar, %24.31'i sabit masraflar olduğu tespit edilmiştir. İşletmede silajlık mısır yetiştiriciliğinde üretim masrafları ve değişken masraflar içerisinde %21.09 ile makine çeki gücü masraflarının en yüksek payı oluşturduğu belirlenmiştir. Akay Tuvanç ve Dağdemir (2009) tarafından Erzurum ilinde yapılan çalışmada silajlık mısırın üretim maliyeti tespit edilmiştir. Toplam üretim masraflarının %78.58'inin değişken masraflardan, %29.93'ünün sabit masraflardan oluştuğu belirlenmiştir. Kızıloğlu ve Kızıllarslan (2016) tarafından Tokat ilinde yapılan çalışmada, tüm masraflar içerisinde değişken masrafların silajlık mısır üretimde %82.08, sabit masrafların ise %17.94 oranında bulunduğu bildirilmiştir. Paksoy ve Ortasöz (2018) tarafından Kahramanmaraş ilinde yapılan çalışmada ise silajlık mısır üretiminde değişken masrafların toplam masraf içindeki payı %83.44, sabit masrafların payı ise %16.56 olarak belirlenmiştir. Araştırma sonucu, Savaşan (2007), Akay Tuvanç ve Dağdemir (2009), Kızıloğlu ve Kızıllarslan (2016), Paksoy ve Ortasöz (2018) araştırma sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.

Çizelge 2. Silajlık mısır üretim masrafları.

Table 2. Maize for silage production costs.

Gider türleri	Destek Alan		Destek Almayan	
	TL da ⁻¹	%	TL da ⁻¹	%
İşgücü	100.00	6.50	105.00	6.57
Çeki gücü	270.00	17.55	270.00	16.91
Gübre	91.67	5.96	90.50	5.67
İlaç	14.40	0.94	15.60	0.98
Tohum	135.00	8.78	140.40	8.79
Su ve elektrik	242.35	15.76	255.20	15.98
Sulama sistemi yıllık bakım onarım ücreti	57.05	3.71	75.15	4.71
Alet-makine tamir bakım masrafı	103.80	6.75	105.62	6.61
Ürün sigortası	32.20	2.09	25.19	1.58
Döner sermaye faizi	31.39	2.04	32.48	2.03
<i>Değişken masraflar</i>	1077.86	70.07	1115.14	69.82
Genel idare giderleri	32.34	2.10	33.45	2.09
Arazi kirası	110.00	7.15	120.00	7.51
Sulama alet-makine sermaye amortismanı	160.00	10.40	165.00	10.33
Sulama alet-makine sermaye faizi	80.00	5.20	82.50	5.17
Sulama sistemleri yatırım masrafları amortismanı	48.50	3.15	50.50	3.16
Sulama sistemleri yatırım masrafları faizi	29.50	1.92	30.50	1.91
<i>Sabit masraflar</i>	460.34	29.93	481.95	30.18
<i>Üretim masrafları toplamı</i>	1538.20	100.00	1597.09	100.00

Silajlık mısır üretiminde ekonomik analiz sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir. Destek alan işletmelerde ortalama dekara verim 5947.73 kg, destek almayan işletmelerde ise 5708.27 kg olarak belirlenmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü Edirne ilinde silajlık mısırın ortalama kg fiyatı 0.28 TL'dir. Satış fiyatının üretim miktarı ile çarpılması sonucu birim alana gayrisafi üretim değeri bulunmuş ve bu değer, destek alan ve almayan işletmelerde sırasıyla 1942.89 TL da⁻¹ ve 1598.32 TL da⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

Birim silajlık mısır maliyeti, destek alan ve almayan işletmelerde sırasıyla 0.26 ve 0.28 TL kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Brüt kâr değeri destek alan ve almayan işletmelerde sırasıyla 865.03 TL da⁻¹ ve 483.18 TL da⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Destek alan işletmelerde net kar birim alana 404.69 TL da⁻¹, destek almayan işletmelerde ise 1.23 TL da⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Destek alınarak üretilen silajlık mısır ürününün karlılık düzeyinin arttığı hem net karlılık hem de brüt karlılık göstergelerinde ortaya konmaktadır.

Akay Tuvaç ve Dağdemir (2009) tarafından yapılan çalışmada 1 kg silajlık mısırın maliyeti 0.066 TL olarak bulunmuş olup, desteklemeden sonraki 1 kg silajlık mısırın maliyeti 0.051 TL olarak bulunmuştur. Selvi (2019) tarafından Gümüşhane ilinde yapılan çalışmada, organik silajlık mısır ürün maliyeti 0.072 TL kg⁻¹, konvansiyonel silajlık mısır ürün maliyeti 0.086 TL kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Devlet desteği dikkate alındığında bu değerler sırasıyla 0.035 TL kg⁻¹ ve 0.061 TL kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Çalışmada, organik silajlık mısır yetiştiriciliğinin konvansiyonel silajlık mısır yetiştiriciliğine göre daha kârlı olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmada, 1 kg silajlık mısırın maliyeti, daha önce silajlık mısırın ekonomik analizi üzerine yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlardan yüksek bulunmuştur. Buna gerekçe olarak sulama sistemleri yatırım masraflarının üretim masrafları içinde bulunması gösterilebilir.

Başabaş noktasındaki silajlık mısır üretim miktarı destek alan ve almayan işletmelerde ortalama 4649.90 kg ve 5670 kg olarak hesaplanmıştır. Destek alan işletmelerde silajlık mısır üretiminden kâr (net kâr) elde edilebilmesi için yaklaşık olarak 4.7 tondan, destek almayan işletmelerde ise 5.7 tondan daha fazla silajlık mısır üretilmesi gerekmektedir. Bu sonuçlar, destek almadan yapılan üretimde birim alana daha fazla üretim masrafının olmasının, kâra geçiş için gerekli silajlık mısır üretim miktarının daha fazla olmasına neden olduğunu göstermektedir.

Çizelge 3. Silajlık mısır üretiminde maliyet ve kârlılık göstergeleri.

Table 3. Cost and profitability indicators in maize for silage production.

Maliyet ve kârlılık göstergeleri	Destek Alan	Destek Almayan
Verim (kg da ⁻¹)	5947.73	5708.27
1 kg mısır maliyeti (TL kg ⁻¹)	0.26	0.28
Satış fiyatı (TL kg ⁻¹)	0.28	0.28
GSÜD (TL da ⁻¹)	1665.36	1598.32
GSÜD + destek miktarı (TL da ⁻¹)	1942.89	1598.32
Brüt kâr (TL da ⁻¹)	865.03	483.18
Net kâr (TL da ⁻¹)	404.69	1.23
Başabaş noktası (kg da ⁻¹)	4649.90	5670.00

Çizelge 4'te silajlık mısır üretiminde verimlilik göstergeleri verilmiştir. Brüt iş gücü verimliliği değeri, her 1 TL işgücü masrafı için gayri safi üretim değerini, net iş gücü verimliliği değeri ise her 1 TL iş gücü masrafı için elde edilen net kar miktarını ifade etmektedir. Destek alan işletmelerde silajlık mısır üretiminde bu verimlilik göstergeleri sırasıyla 19.43 TL ve 4.05 TL, destek almayan işletmelerde ise sırasıyla 15.22 TL ve 0.01 TL olarak bulunmuştur. Hem brüt iş gücü verimliliği göstergesi, hem de net iş gücü verimliliği göstergesi, iş gücü verimliliğinin destek alarak yapılan silajlık mısır üreticiliğinde destek almadan yapılan üreticiliğe oranla daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Sermaye verimliliği verimlilik göstergeleri arasında bir diğeridir. Sulama sistemleri yatırımları için yapılan masraflar incelenen işletmelerin sermayesi olarak değerlendirilmiştir. Brüt sermaye verimliliği her 1 TL sulama sistemi yatırımı için elde edilen üretim değerini, net sermaye verimliliği değeri ise net sermaye değerini ifade etmektedir. Destek alan işletmelerde brüt sermaye verimliliği 0.99 TL, net sermaye verimliliği 0.21 TL olarak, destek almayan işletmelerde ise 0.78 TL ve 0.0006 TL olarak hesaplanmıştır. Sermaye verimlilik göstergeleri dikkate alındığında destek alan işletmelerde silajlık mısır üreticiliğinde verimliliğin destek almayanlara göre daha yüksek oranda olduğunu ortaya koymaktadır.

Brüt faktör verimliliği her 1 TL masraf için elde edilen üretim değerini, net faktör verimliliği ise elde edilen net kâr tutarını ifade etmektedir. Araştırmanın kapsadığı dönem içerisinde destek alan işletmelerde 1.26 TL, destek almayan işletmelerde ise 1.00 TL yapılan her 1 TL masraf için elde edilen üretim değeri olarak bulunmuştur.

Destek alan işletmelerde 1 TL masraf karşılığı 1.26 TL, destek almayan işletmelerde 1.00 TL ortalama üretim değeri elde edilmiştir. Silajlık mısır yetiştiriciliğinde 1 TL üretim masrafı için destek alan işletmelerde 0.26 TL net kar, destek almayan işletmelerde ise 0.0001 TL net kar elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu değerler yapılan masrafların getiri oranının sırasıyla %26 ve %0.01 olduğunu ifade etmektedir. Faktör verimliliği değerleri de destek alan işletmelerde silajlık mısır üretiminin verimlilik düzeyinin daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4. Silajlık mısır üretiminde verimlilik göstergeleri.

Table 4. Productivity indicators in maize for silage production.

Verimlilik göstergeleri	Destek Alan	Destek Almayan
Brüt işgücü verimliliği	19.43	15.22
Net işgücü verimliliği	4.05	0.01
Brüt sermaye verimliliği	0.99	0.78
Net sermaye verimliliği	0.21	0.0006
Brüt faktör verimliliği	1.26	1.00
Net faktör verimliliği	0.26	0.0001

Silajlık Mısır Üretiminde Teknik Etkinlik Analizi

Gruplardaki teknik etkinlik düzeyi silajlık mısır üretimi açısından ayrı ayrı analiz edilmiştir. Araştırmada çıktı olarak dekara silajlık mısır verimi (kg), temel girdiler olarak ise; tohum miktarı (kg), azot miktarı (kg), ilaç masrafı (TL da⁻¹) ve sulama sayısı (adet) dikkate alınmıştır. Veri zarflama analizinde kullanılan çıktı ve girdilerin ortalama kullanım düzeyleri Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Etkinlik analizinde kullanılan girdi ve çıktıların ortalama değerleri.

Table 5. Average values of the inputs and the output used in efficiency analysis.

Çıktı ve girdiler	Destek Alan	Destek Almayan
Verim (kg da ⁻¹)	5947.73	5708.27
Tohum (kg da ⁻¹)	1.82	2.10
Azot (kg da ⁻¹)	22.36	23.35
İlaç masrafı (TL da ⁻¹)	14.40	15.60
Sulama sayısı (adet)	5.55	6.50

Araştırma kapsamında destek alan işletmelerde toplam teknik etkinlik (ölçeğe sabit getiri) 0.894, saf teknik etkinlik (ölçeğe değişken getiri) 0.958 olarak bulunmuştur. Bu katsayı, etkin olmayan işletmelerin çıktılarda hiçbir azalma olmaksızın girdilerini %4.2 oranında azaltabileceğini göstermektedir. Destek almayan işletmelerde ise toplam teknik etkinlik 0.846, saf teknik etkinlik ise 0.913 olarak bulunmuştur. Bu katsayı, etkin olmayan işletmelerin çıktılarda hiçbir azalma olmaksızın girdilerini %8.7 oranında azaltabileceğini göstermektedir (Çizelge 6). Destek alan grupta etkin işletmelerin oranı %40.91 iken, bu oran destek almayan işletmelerde %31.82 olarak belirlenmiştir. Buna göre destek alan işletmelerin destek almayan işletmelere göre teknik açıdan daha etkin çalıştıkları söylenebilir.

Çizelge 6. Teknik etkinlik skorlarına ait tanımlayıcı istatistikler.

Table 6. Descriptive statistics of technical efficiency scores.

Etkinlik düzeyi	Destek Alan			Destek Almayan		
	Toplam etkinlik	Saf teknik etkinlik	Ölçek etkinliği	Toplam etkinlik	Saf teknik etkinlik	Ölçek etkinliği
Minimum	0.688	0.863	0.793	0.621	0.832	0.766
Maksimum	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Ortalama	0.894	0.958	0.932	0.846	0.913	0.925
Tam etkin işletme sayısı	6	9	7	3	7	3
Toplam işletme sayısı	22	22	22	22	22	22
Tam etkin işletmelerin oranı (%)	27.27	40.91	31.82	13.64	31.82	13.64

Ölçek etkinliği destek alan işletmelerde 0.932, destek almayan işletmelerde 0.925 olarak bulunmuştur. Ölçek etkinliğinin 1'den düşük olması teknik etkinsizliğin büyük oranda uygun ölçekte çalışılmadığını göstermekte olup, destek almayan işletmelerde daha fazla olduğuna işaret etmektedir.

Kaçıra (2007) Şanlıurfa ilinde silajlık mısır üretiminde teknik etkinlik katsayısını stokastik sınır analizi ile 0.84, veri zarflama analizi ile 0.81 olarak bulmuştur. Bozdemir (2017) tarafından Konya ilinde dane mısır üretiminde kaynak kullanım etkinliği belirlenmiş olup, teknik etkinlik 0.916, saf teknik etkinlik 0.981 ve ölçek etkinliği 0.932 olarak bulunmuştur. Uzman ve Adanacıoğlu (2009) tarafından yapılan çalışmada İzmir ilinde silajlık mısır üretiminde saf teknik etkinlik 0.939 ve etkin işletmelerin oranı %31.08 olarak bulunmuştur. Pishgar Komleh ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada ise İran'da silajlık mısır üretiminde teknik etkinliği 0.92, saf teknik etkinliği 0.98, ölçek etkinliği değerini ise 0.93 olarak bulunmuştur. Orhun ve Orhun (2013) tarafından yapılan çalışmada Çanakkale ilinde silajlık mısır üretiminde teknik etkinlik katsayısı stokastik sınır analizi sonuçlarına göre 0.769, veri zarflama analizi sonuçlarına göre 0.842 olarak bulunmuştur. Asmara ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada ise Endonezya'da mısır üretiminde teknik etkinlik katsayısı stokastik sınır analizi sonuçlarına göre 0.78, veri zarflama analizi sonuçlarına göre 0.90 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada her iki grupta elde edilen teknik etkinlik değerleri Orhun ve Orhun (2013) tarafından Çanakkale ilinde silajlık mısır üretimi üzerine yapılan çalışmada elde edilen teknik etkinlik değerlerinden yüksek olarak bulunmuştur.

Çizelge 7'de destek alan ve almayan işletmelerin veri zarflama analizi sonuçlarına göre etkinlik skorlarının saf teknik etkinlik, toplam etkinlik ve ölçek etkinliği itibarıyla frekans dağılımları verilmiştir.

Destek alan işletme grubunda etkin işletmeler dışındaki işletmelerin saf teknik etkinlik bakımından elde ettikleri etkinlik skoru çoğunlukla 0.901-0.999 arasında iken, destek almayan işletme grubunda ise etkinlik skoru ise çoğunlukla 0.801-0.900 arasındadır. Destek alan işletme grubunda saf teknik etkinlik skoru 0.801-0.900 arasında

5 işletme varken, destek almayan işletme grubunda ise saf teknik etkinlik skoru 0.801-0.900 arasında olan 11 adet işletme bulunmaktadır (Çizelge 7).

Çizelge 7. Etkinlik skorlarının frekans dağılımı.

Table 7. Frequency distribution of the efficiency scores

Etkinlik düzeyi	Destek Alan			Destek Almayan		
	Toplam etkinlik	Saf teknik etkinlik	Ölçek etkinliği	Toplam etkinlik	Saf teknik etkinlik	Ölçek etkinliği
0.601-0.700	1	0	0	1	0	0
0.701-0.800	2	0	2	11	0	1
0.801-0.900	8	5	5	2	11	4
0.901-0.999	5	8	8	5	4	14
1.000	6	9	7	3	7	3
Toplam	22	22	22	22	22	22

Destek alan işletmelerin %59.09'unun ölçeğe göre artan getiriye, %31.82'sinin ölçeğe göre sabit getiriye, %9.09'unun ise ölçeğe göre azalan getiriye sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 8). Destek almayan işletmelerde ise ölçeğe göre artan getiriye sahip işletmelerin oranı %77.27, ölçeğe göre sabit getiriye sahip işletmelerin oranı %13.64, ölçeğe göre azalan getiriye sahip işletmelerin oranı ise %9.09 olarak tespit edilmiştir. Ki kare testi sonuçları, ölçeğe getiri durumunun işletme gruplarına göre değişmediğini göstermektedir ($p=0.356$).

Asmara ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada mısır üreten işletmelerden ölçeğe göre sabit getiriye sahip olanların %28, ölçeğe göre artan getiriye sahip olanların %66.67 ve ölçeğe göre azalan getiriye sahip olanların ise %5.26 oranında olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonuçları, Asmara ve ark. (2016) literatürüyle benzerlik göstermektedir.

Çizelge 8. İşletme grupları itibarıyla ölçeğe getiriler.

Table 8. Returns to scale by enterprise groups.

Ölçeğe getiri	Destek Alan		Destek Almayan	
	Adet	%	Adet	%
Ölçeğe artan getiri	13	59.09	17	77.27
Ölçeğe sabit getiri	7	31.82	3	13.64
Ölçeğe azalan getiri	2	9.09	2	9.09
Toplam	22	100.00	22	100.00

P: 0.356

Damla Sulama Desteklemelerinin Etkisinin Değerlendirilmesi

Çalışmanın bu bölümünde, damla sulama desteklemelerinin etkisi belirlenmiştir. Edirne ilinde silajlık mısır üreticilerinin damla sulama desteklerinden yararlanmış olmasının sağladığı etkilerin tespit edilmesi için ATE ve ATET değerleri ortaya konmuştur.

Edirne ilinde damla sulama desteklerinin silajlık mısır üretimine etkisi Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 9. Damla sulama desteklerinin silajlık mısır üretimi üzerine etkisi.

Table 9. Effect of drip irrigation subsidies on maize for silage production.

Brüt kâr (TL da ⁻¹)	Katsayı	Standart hata	z	P> z	%95 düzeyinde güven aralığı
ATE	485.225	110.4632	4.39	0.000	268.721 – 701.729
ATET	502.3432	100.5639	5.00	0.000	305.2416 – 699.4448
Verim (kg da ⁻¹)	Katsayı	Standart hata	z	P> z	%95 düzeyinde güven aralığı
ATE	436.7727	206.8085	2.11	0.035	31.43545 – 842.11
ATET	568.1818	161.6495	3.51	0.000	251.3546 – 885.009

Brüt kâr açısından değerlendirildiğinde, ATE ve ATET için $p<0.01$ olarak bulunmuştur ve analiz sonuçları yorumlanabilmektedir. ATE değerleri incelendiğinde, silajlık mısır üreticilerinin hiçbirinin söz konusu damla sulama desteğinden yararlanmamış olmasına karşın, işletmelerin tamamının söz konusu desteklemeden yararlanması durumunda, yaklaşık olarak 485 TL da⁻¹ daha fazla brüt kâr elde edileceği ortaya konmuştur. Diğer bir ifade ile, işletmelerin tamamının damla sulama desteğinden yararlanması durumunda işletme başına ortalama olarak 485 TL da⁻¹ daha fazla brüt kâr elde edilebileceği sonucuna varılmıştır.

ATET sonuçları değerlendirildiğinde ise, damla sulama desteğinden yararlanmış olan tüm üreticilerin elde ettikleri brüt kârın, damla sulama desteğinden yararlanmamış olması durumunda elde edecekleri brüt kârdan ortalama olarak dekar başına yaklaşık olarak 502 TL daha fazla olacağı tespit edilmiştir. Damla sulama desteğinden yararlanmış olan üreticilerin, bu destekten yararlandıkları için işletme başına ortalama olarak 502 TL da⁻¹ daha fazla brüt kâr elde ettikleri sonucuna varılmıştır.

Verim açısından değerlendirildiğinde, ATE ve ATET için $p < 0.05$ olarak bulunmuştur. ATE değerleri incelendiğinde, silajlık mısır üreticilerinin hiçbirinin söz konusu damla sulama desteğinden yararlanmamış olmasına karşın, işletmelerin tamamının söz konusu desteklemeden yararlanması durumunda, yaklaşık olarak 437 kg da^{-1} daha fazla verim elde edileceği ortaya konmuştur. Diğer bir ifade ile, işletmelerin tamamının damla sulama desteğinden yararlanması durumunda işletme başına ortalama olarak 437 kg da^{-1} daha fazla verim elde edilebileceği sonucuna varılmıştır.

ATET sonuçlarına göre, damla sulama desteğinden yararlanmış olan tüm üreticilerin elde ettikleri verimin, damla sulama desteğinden yararlanmamış olması durumunda elde edecekleri verimden ortalama olarak dekar başına 568 kg daha fazla olacağı tespit edilmiştir. Damla sulama desteğinden yararlanmış olan üreticilerin, bu destekten yararlandıkları için işletme başına ortalama olarak 568 kg da^{-1} daha fazla verim elde ettikleri belirlenmiştir.

SONUÇ

Bu çalışmada, Edirne ilinde damla sulama desteği alan ve almayan işletmelerde silajlık mısır üretiminin ekonomik analizi ve etkinlik analizi yapılmıştır. Ekonomik analiz sonuçlarına göre, her iki işletme grubunda da silajlık mısır yetiştiriciliği kârlı olmakla birlikte, destek alan işletmelerde silajlık mısır yetiştiriciliğinin daha kârlı olduğu görülmektedir. Etkinlik analizi sonuçlarına göre ise, destek alan işletmelerde girdi kullanımında etkinliği sağlayan işletmelerin oranının destek almayan işletmelere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Edirne ilinde destek alan üreticilerin yetkili bir teknik personel tarafından hazırlanmış projeye sadık kalarak sulama sistemlerini kurmuş olmaları su kaynağını daha etkin kullanmalarını sağlamış ve bu durum destek alan üreticileri desteklemeden almayan üreticilere göre daha avantajlı hale getirmiştir. Doğru planlanmış bir sulama sistemi sayesinde, tüm girdiler aynı miktarda kullanılmış olsa bile yanlış planlanmış bir sisteme oranla daha yüksek verim elde edilmekte olup dolayısıyla daha kârlı bir üretim elde edilmektedir. Bu sebepten dolayı, silajlık mısır üretiminde destek alan üreticilerin elde ettikleri verimin destek almayan üreticilere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Girdi kullanımı her iki işletme grubunda da hemen hemen aynı ve satış fiyatı aynı olmasına rağmen, etkinlik ve kârlılık farkı verimden ve destek alan üreticilerin etkin su kullanımından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, daha yüksek verim elde edilmesinin sebebinin doğru projelendirilmiş ve doğru işletilmiş sulama sistemi olduğu düşünülmektedir.

Damla sulama desteklerinin katkısının teknik yönden değerlendirilmesinde etkinlik skorları, ekonomik yönden değerlendirilmesinde brüt kar dikkate alınmıştır. Bu açıdan işletmelerin teknik etkinlik skorları değerlendirildiğinde, damla sulama desteği alan üreticilerin destek almayanlara göre %4.93 oranında teknik açıdan daha etkin çalıştıkları belirlenmiştir. Damla sulama desteği alan üreticilerin almayanlara göre %79.03 oranında daha fazla brüt kar elde ettikleri hesaplanmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Başak Aydın, Ozan Öztürk, Ferit Çobanoğlu, Ülviye Çebi, Erol Özkan ve Selçuk Özer'in herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKISI

Başak Aydın: Anketlerin yapılması, literatür taraması, istatistiksel analizlerin yapılması ve yorumlanması, makale yazımı

Ozan Öztürk: Anketlerin yapılması, makale kontrol

Ferit Çobanoğlu: Etki analizinin yapılması ve sonuçların yorumlanması, makale kontrol

Ülviye Çebi: Anketlerin yapılması

Erol Özkan: Anketlerin yapılması

Selçuk Özer: Anketlerin yapılması

KAYNAKLAR

Asmara, A. F., & Demirci, R. (1984). *Tarım Ekonomisi Dersleri*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 880.

Ağızan, S. (2018). *Tarım sulama sistemlerinin karşılaştırmalı yatırım analizi: Konya ili Çumra ilçesi örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

- Akay Tuvaç, İ., & Dağdemir, V. (2009). Erzurum ili Pasinler ilçesinde silajlık mısır üretim maliyetinin tespiti üzerine bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(1), 61-69.
- Anonim, (2018). Tarım istatistikleri internet veri tabanı. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Erişim tarihi: 25 Mayıs 2020.
- Anonim, (2019). Bitkisel üretim istatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/>. Erişim tarihi: 30 Mayıs 2020.
- Asmara, R., Hanani, N., Syafrial, S., & Mustadjab, M.M. (2016). Technical efficiency on Indonesian maize production: frontier stochastic analysis (SFA) and data envelopment analysis (DEA) approach. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 10(58), 24-29.
- Bozdemir, M. (2017). *Dane mısır üretiminde kaynak kullanım etkinliğinin belirlenmesi: Konya ili örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Coelli, T. (1996). *A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program*. CEPA Working Paper 96/08, Department of Econometrics, University Of New England, Armidale.
- Coelli, T., Rao, D.S.P., & Battese, G.E. (1998). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Boston, USA: Kluwer Academic Publishers.
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of Royal Statistical Society Association*, 120, 253-290.
- Güngör, M., & Bulut, Y. (2008). Ki-kare testi üzerine. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 84-89.
- Imbens, G.W., & Wooldridge, J.M. (2009). Recent developments in the econometrics of program evaluation. *Journal of Economic Literature*, 47(1), 5-86.
- Kaçıra, Ö.Ö. (2007). *Mısır üretiminde etkinlik analizi: Şanlıurfa ili örneği*. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kıral, T., Kasnakoğlu, H., Tatlıdil, F.F., Fidan, H., & Gündoğmuş, E. (1999). *Tarım Ürünleri İçin Maliyet Hesaplama Metodolojisi ve Veri Tabanı Rehberi*. Proje Raporu 1999-13, Yayın No:37.
- Kızıloğlu, R., & Kızılaslan, H. (2016). *Tokat ili Merkez ilçede silajlık mısır üreten işletmelerin destek alımını etkili faktörlerin belirlenmesi*. Türkiye XII. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Isparta.
- Mazhin, E. (1987). Micros in accounting. *Journal of Accountancy*, 5(16), 14-31.
- Orhun, G. U., & Orhun, E. (2013). Efficiency analysis of silage maize production in the province of Canakkale. *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology*, 3(4), 140-151.
- Paksoy, M., & Ortasöz, N. (2018). Kahramanmaraş ili Pazarcık ilçesinde mısır üretim faaliyetinin ekonomik analizi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(Özel Sayı), 95-101.
- Pishgar Komleh S.H., Omid, M., & Keyhani, A. (2011). Study on energy use pattern and efficiency of corn silage in Iran by using data envelopment analysis (DEA) technique. *International Journal of Environmental Sciences*, 1(6), 1094-1106.
- Sadoulet, E., & De Janury, A. (1995). *Quantitative Development Policy Analysis*. The Johns Hopkins University Press, Maryland.
- Savaşan, A. (2007). *Karaman ili Merkez ilçede yem bitkilerinin nispi üstünlükleri*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Selvi, E. (2019). *Gümüşhane ili Kelkit ilçesinde konvansiyonel ve organik silajlık mısır üretim maliyeti*. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Süzer, S. (2020). *Trakya koşullarında sürdürülebilir tarımın toprak verimliliği ve ekosistemin korunmasına etkisi*. Erişim adresi <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ttae/Sayfalar/Detay.aspx?Sayfald=86>, Erişim tarihi: 10 Mayıs 2020.
- Tarım, A. (2001). *Veri Zarflama Analizi: Matematiksel Programlama Tabanlı Görelî Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı*. Sayıştay Yayın İşleri Müdürlüğü, Yayın No: 15.
- TRGM. (2018). *Tarım Reformu Genel Müdürlüğü Verileri*, Ankara.
- Uzmay, A., & Adanacioğlu, H. (2009). A study on whether maize for silage is an alternative to cotton farming in Izmir, Turkey: Gross margin and data envelopment analysis. *Journal of Food Agriculture & Environment*, 7, 603-608.
- Zaim, O. (1999). *Applied Economics*. Basılmamış Ders Notları, Bilkent Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Ankara.



Araştırma Makalesi

Türkiye'deki Tarım Makineleri Kullanım Projeksiyonunun Tahmini

Ebubekir Altuntaş

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tokat

Geliş tarihi (Received): 27.04.2020

Kabul tarihi (Accepted): 01.07.2020

Anahtar kelimeler:

Projeksiyon katsayısı, traktör, tarım makineleri, biçerdöver

Özet. Bu çalışmada, Türkiye'nin tarım makine kullanım projeksiyonunun tahminlemesi yapılmıştır. Türkiye'deki tarımsal üretimlerde yaygın olarak kullanılan tarım alet ve makinelerinin 11 yıllık üretim ve kullanım miktarları esas alınarak 2030 yılına kadar geçen süre zarfındaki projeksiyon katsayıları hesaplanmıştır. Projeksiyon katsayısı değerleri 5 farklı grupta (toprak işleme, ekim, gübreleme ve bakım, ilaçlama, hasat ve diğer tarım makineleri) belirlenmiştir. Türkiye'de yaygın olarak tarımsal üretimlerde kullanılan makinelerde en yüksek projeksiyon katsayısı değerleri; toprak işleme alet ve makinelerinden toprak frezesinde %3.52; ekim, bakım ve gübreleme makinelerinden pnömomatik ekim makinesinde %6.05; ilaçlama makinelerinden kuyruk milinden tahrikli pülverizatörlerde %3.29; hasat makinelerinden traktörle çekilen çayır biçme makinelerinde %5.30 ve farklı yaşta biçerdöverlerden 0-5 yaş grubundaki biçerdöverlerde ise %4.53 olarak belirlenmiştir. Türkiye'de tarımsal üretimlerde güç kaynağı olarak traktörlerde de projeksiyon katsayısı değerleri, en yüksek tek akslı traktörlerden 0-5 BG güç grubunda %15.83 ve çift akslı traktörlerde ise >70 BG güç grubunda ise %7.95 olarak bulunmuştur. Sonuçlara göre, teknolojik özellikli olan biçerdöverler ve traktörlerin kullanımının 2030 yılına kadar artacağı öngörülmektedir.

*Sorumlu yazar

ebubekir.altuntas@gop.edu.tr

The Estimation of Agricultural Machine Use Projection in Turkey

Keywords:

Projection coefficient, tractor, agricultural machinery, combine harvester

Abstract. In this study, the estimation of machine use projection in Turkey has been evaluated. The projection coefficients of the agricultural equipment and machinery used commonly in agricultural production in Turkey during the period until 2030 year based on 11 years of production quantities were calculated. Projection coefficient values were determined in 5 different groups (soil cultivation, sowing, fertilization and maintenance, spraying, harvesting and other agricultural machinery). The highest projection coefficients were determined for agricultural machinery used in agricultural production were found as 3.52% for rotovator among the soil cultivation machines; 6.05% for the pneumatic precision drill among the sowing, maintenance and fertilizing machines; 3.29% for PTO driven pulverizator among the spraying machines; 5.30% for the mowers pulled with tractor among the harvester, and 4.53% for the combine harvesters in the 0-5 age group among the combine harvesters of different ages. The highest projection coefficients for tractors as a power source used in agricultural production in Turkey were calculated as 15.83% for 0-5 HP single-axle tractors and 7.95% for >70 HP double-axle tractors among tractor power groups, respectively. According to the results, it is seen that the use of combine harvesters and tractors with technological features will increase until 2030 year.

GİRİŞ

Bir tarımsal üretim teknolojisi olarak tarımsal mekanizasyon, tarım üretimdeki kullanılan her türlü alet ve ekipmanların proje, imalat, geliştirme, bakım-onarım, pazarlama, işletim ve yayım uygulamalarını içerisine alan, tarım üretimindeki diğer girdi materyallerinin etkinliğini arttıran ve birim tarım alanından daha yüksek verim alınmasını sağlayan önemli bir tarımsal girdidir (Zeren ve ark., 1995; Saral ve ark., 2000). Tarımda makine kullanımı, birim alanda verimlilik artışına neden olan tohum, gübre ve ilaç gibi önemli girdi materyallerinin uygun şekilde kullanılmasını sağlamıştır (Özgüven ve ark., 2010).

Tarımsal uygulamalarda makine kullanımı, ürün veriminde artış yanında, alternatif olarak üretimde yeni tekniklerin uygulanmasını sağlamakta, tarımsal uygulamaların çalışma şartlarını iyileştirmekte, ekonomikliği ve etkinliği de arttırmaktadır (Demir ve Kuş, 2006). Tarımsal uygulamalarda teknoloji ve makine kullanımı, Türkiye genelinde, bölgesel düzeyde ve hatta yöresel düzeyde, ürün üretimi noktasında ve işletmelerin ekonomik ve teknik yapısına göre de farklılık göstermektedir (Zeren ve ark., 1995; Saral ve ark., 2000). Tarımsal alanda teknoloji kullanımını aynı zamanda tarım arazilerinin yapısı ve iklimsel özellikler de büyük ölçüde etkilemektedir. Türkiye’deki tarım işletmelerinin küçük ve çok parçalı olması; tarımda yeni teknoloji ve makine kullanımını kısıtladığı için ülkesel bazda işletmeler verim planlaması ve rantabl üretim yapma noktasında büyük engellerle karşılaşmaktadır (Özgüven ve ark., 2010).

Türkiye, bir taraftan sanayileşmedeki gelişimine ek olarak tarım sektöründe de büyümesini ve teknolojik gelişme düzeyini gerçekleştirmek zorundadır. Bunun için de tarımda makine kullanımının ve mekanizasyon düzeyinin yükseltilmesi önemlidir. Türkiye’de, ülkesel, bölgesel ve hatta yöresel bazda tarımsal üretimin ve dolayısıyla makine kullanımının planlanmasında, üretimde kullanılan tarım makineleri ile temel enerji kaynağı olan traktör parkının beraber uyumlu ve etkin kullanımının sağlanması gereklidir. Bu anlamda, öncelikle farklı güç gruplarındaki traktörler ile kullanılan tarım alet ve makinelerinin sayısal yoğunluklarını dikkate almak gerekir (Altuntaş ve Aslan, 2009).

Türkiye’de, tarım üretiminde kullanılan tarım alet ve makineleriyle güç kaynağı olan traktörlerdeki sayısal ve teknolojik anlamda gözle görülen gelişmeler dikkat çekmektedir. Ancak, tarımsal üretimde kullanılan tarım alet ve makineleri ile traktörlerin ekonomik kapasitede kullanılamadığı, kullanım masraflarında meydana gelen artışlar yanında, traktör ve tarım makineleri parkının ekonomik süreçte yenilenememesi gibi sorunlar da devam etmektedir (Altuntaş ve Demirtola, 2004). Türkiye’nin tarımda makine kullanımına ait değerleri incelediğinde, traktör başına düşen tarım alet- makine sayısı ve ağırlığında, dünya ortalamasının üzerinde olmasına rağmen, AB ülkelerine göre daha düşük düzeyde kalmıştır (İleri, 2009; Özgüven ve ark., 2010).

Traktör ile tarım alet ve makinelerinin projeksiyonuna ait olarak, birçok il, bölge ve Türkiye geneline yönelik olarak genel anlamda kullanılan tarım alet ve makineleri yanında özel olarak tek bir tarımsal uygulamadaki örneğin toprak işleme, bitki koruma vb. teknoloji ve makine kullanımına yönelik olarak çalışmalar, birçok araştırmacı tarafından yapılmıştır. Destici ve Özarıslan (2006), Aydın-Söke ilçesi için, tarımsal alan, mevcut traktör parkı, universal ekim makineleri durumu ve değişimlerini dikkate alarak, gelecek 11 yıl içindeki traktör parkı ile pnömatik ekim makinesine olacak talebin belirlenmesine çalışmışlardır. Demir ve Kuş (2006), İç Anadolu Bölgesi için tarımdaki teknoloji kullanımına ait projeksiyonu, gelecek 10 yıl için başlıca hububat ekim makinesi, kimyevi gübre dağıtma makinesi, ot tırnığı, pnömatik ekim makinesi, toprak frezesi, diskli traktör pulluğu, çayır biçme makinesi ve universal ekim makinesi için belirlemiştir. Demir (2013), Mersin ili için tarımda teknoloji kullanım projeksiyonunu ve projeksiyon katsayısı değerlerini bitki koruma makineleri, ekim ve gübreleme makineleri ve toprak işleme alet ve ekipmanları için belirlemiştir.

Demir ve Öztürk (2013), Konya ili için toprak işleme alet ve makinelerinin 2023 yılına kadar tahmin edilecek projeksiyon katsayısı değerlerini, diskli tırmık, karma tırmık, toprak frezesi, merdane, dişli tırmık kültüvatör, kulaklı traktör pulluğu, rototiller, diskli traktör pulluğu ve ot tırnığı için belirlemiştir. Malaslı ve ark. (2015), Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde kullanılan toprak işleme alet ve makinelerinin 1999-2013 yılları arasındaki dağılımını çeşit ve sayıları bazında araştırarak, gelecek 7 yıl zarfındaki değişimini regresyon modelleri kullanarak hesaplamış ve gelecek yıllara ait senaryoları açıklamıştır. Demir (2015), İç Anadolu Bölgesi için 2023 yılına kadar ki projeksiyon katsayısı değerlerini bitki koruma makineleri olarak başlıca tozlayıcı, sırt pülverizatörü, atomizör ve pülverizatör için belirlemiştir. Baran ve ark. (2019), Türkiye’nin tarımsal teknoloji kullanımına ait 2026 yılına kadar geçecek süreçteki projeksiyon hesaplanmasını 40 farklı tarım alet ve makinesi için belirlemiştir. Türkiye’deki tarımda teknoloji ve makine kullanımına ait geleceğe yönelik projeksiyon tahminlemesinin yapılmasının, tarımda makine kullanımının seyrinin belirlenmesi, bu doğrultudaki izlenmesi gereken politikalara yön vermesi ve geleceğe yönelik senaryolarla ulaşılması istenen hedefleri belirlemede önemli olacağı söylenebilir (Malaslı ve ark. 2015).

Bu amaca yönelik olarak bu çalışmada, Türkiye’deki tarımda teknoloji ve makine kullanımına ilişkin olarak tarımsal üretimlerde kullanılan ve birim traktöre düşen tarım alet ve makinelerinin oransal olarak fazla kullanılanlarının 11 yıllık üretim ve kullanım miktarları esas alınarak 2030 yılına kadar geçen süre zarfında projeksiyon katsayıları 5 farklı grupta (toprak işleme, ekim, gübreleme ve bakım, ilaçlama, hasat ve diğer tarım makineleri) belirlenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Çalışmada, Türkiye’deki tarımda teknoloji ve makine kullanımına ilişkin olarak temel tarımsal işlemler olarak 5 farklı grupta (toprak işleme, ekim, gübreleme ve bakım, ilaçlama, hasat ve diğer tarım makineleri) yer alan tarım alet ve makineleri dikkate alınmıştır. Çalışmada, tarımda makine kullanım projeksiyonu hesaplamasında, Türkiye’nin tarımsal mekanizasyon düzeyini belirten başlıca göstergeler kapsamında; birim traktör başına düşen tarım alet-makine sayısındaki belirli bir yoğunluk dikkate alınarak en yaygın kullanımlı olan tarım alet ve makineleri ele alınmıştır (Çizelge 1). Türkiye’deki 5 farklı gruptaki (toprak işleme, ekim, gübreleme ve bakım, ilaçlama, hasat ve diğer tarım makineleri) alet ve makineler için en son güncel verileri içerecek şekilde 2009-2019 yıllarına ait veriler, Türkiye İstatistik Kurumu verilerinden alınmıştır (TÜİK, 2020). Türkiye’deki 5 farklı gruptaki tarım alet ve makinelerinin 2009-2019 yılları arasındaki 11 yıllık süre zarfındaki kullanım miktarları göz önüne alınarak, sayılarındaki artış ve azalışların yüzdeler oranları hesaplanmış, bu yüzdeler oranların ortalama katsayıları tespit edilmiştir. Bir önceki yıla ait makine sayısı ile o makineye ait katsayının çarpılıp, katsayılardaki azalış veya artış doğrultusunda Türkiye’deki 5 farklı grupta kullanılan toprak işleme, ekim, gübreleme ve bakım, ilaçlama, hasat ve diğer tarım makineleri için 2030 yılına kadar olan projeksiyonları hesaplanmıştır (Demir, 2013; Demir ve Öztürk, 2013; Demir, 2015; Demir ve Kuş, 2016).

Çizelge 1. Birim traktör başına düşen tarımsal makine sayısı ölçütüne göre Türkiye’deki daha fazla kullanımı olan 5 farklı grupta yer alan tarım makineleri ve ekipmanları (TÜİK, 2020).

Table 1. The agricultural equipment and machinery with high usage in 5 different groups in Turkey according to the criteria the number of agricultural machinery units per tractor (TUIK, 2020).

Tarımsal işlemler	Tarım alet-makinesi	Adet (2019)	Adet traktör ⁻¹ , % (*)
Toprak işleme alet ve makineleri	Kulaklı traktör pulluğu	1 087 743	80.25
	Kültivatör	552 753	40.78
	Dişli tırmık	358 482	26.45
	Diskli tırmık	254 041	18.74
	Merdane	95 630	7.06
	Diskli traktör pulluğu	76 430	5.64
	Ark açma pulluğu	69 814	5.15
	Toprak frezesi	57 523	4.24
Ekim, bakım ve gübreleme makineleri	Kimyevi gübre dağıtma makinesi	434 755	32.08
	Kombine hububat ekim makinesi	225 817	16.66
	Traktörle çekilen hububat ekim makinesi	148 953	10.99
	Ara çapa makinesi (**)	141 105	10.41
	Üniversal ekim makinesi (Mekanik) (***)	41 590	4.58
Bitki koruma makineleri	Phömatik ekim makinesi	41 590	3.07
	Kuyruk mili tahrikli pülverizatör	365 171	26.94
	Atomizör	124 950	9.22
	Motorlu pülverizatör	96 703	-
Hasat ve harman makineleri	Sırt pülverizatörü	656 669	-
	Sapdöver ve harman makinesi	149 687	11.04
	Ot tırmağı	122 494	9.04
	Traktörle çekilen çayır biçme makinesi	93 143	6.87
Diğer tarım makineleri	Orak makinesi	46 432	3.43
	Tarım arabası	1 200 815	88.60
	Su tankeri	218 845	16.15
	Traktör	1 355 298	-
	Biçerdöver	17 190	-

(*): 2019 yılı toplam traktör sayısı esas alınmıştır; (**): Hayvanla ve traktörle çekilen ara çapa makinesi; (***): Pancar mibzeri (pancar ekim makinesi) dahil

BULGULAR VE TARTIŞMA

Türkiye’nin tarımsal üretimlerde yaygın kullanımı olan tarım alet ve makinelerinin kullanım projeksiyonu için, TÜİK verilerine göre 5 farklı grupta (toprak işleme, ekim, gübreleme ve bakım, ilaçlama, hasat ve diğer tarım

makinelere) en fazla kullanımı olan tarım alet ve makinelerinin 11 yıllık üretim ve kullanım miktarları esas alınarak 2030 yılına kadar geçecek süre zarfında projeksiyon katsayıları belirlenmiştir.

Toprak İşleme Alet ve Makineleri

Türkiye’de tarımsal üretimlerde TÜİK verilerine göre en fazla kullanımı olan toprak işleme alet ve makinelerinin içerisinde birçok bitkisel üretim uygulamalarında en fazla tercih edilen alet-makine kombinasyonlarında, kulaklı pulluğun kullanıldığı görülmektedir (Çizelge 1). Halen Türkiye’de geleneksel toprak işleme yöntemlerinin yoğun olarak kullanıldığı, dolayısıyla da toprağı devirerek işleme yapan kulaklı pullukların kullanımı yaygındır. Ancak son yıllarda korumalı toprak işlemenin öneminin artması, toprak ve su korumaya yönelik olarak alınan önlemler doğrultusunda ağır tip kültivatör olan ve kabartarak alttan toprağı işleyen çizelle birlikte toprak frezesi kullanımları da yaygın kullanılmaktadır. Türkiye’de tarımsal üretim uygulamalarında yoğun olarak toprak hazırlığında kullanılan alet ve makinelerin 11 yıllık süreçteki durumları ve projeksiyon tahminlemesi, Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Türkiye’de toprak işleme uygulamasında daha fazla kullanımı olan toprak işleme ekipmanları ve makinelerinin projeksiyonunun tahmini.

Table 2. The estimate of the projection of the soil tillage equipment and machinery with high usage in soil tillage application in Turkey.

	Yıllar	Kulaklı traktör pulluğu	Kültivatör	Dişli tırmık	Diskli tırmık	Merdane	Diskli traktör pulluğu	Ark açma pulluğu	Toprak frezesi
Yıllara göre makine sayıları	2009	1 002 734	466 727	348 587	205 804	77 294	67 838	61 456	40 739
	2010	1 014 188	479 972	351 866	213 909	81 094	67 954	63 926	41 685
	2011	1 025 892	488 802	350 406	221 884	82 100	67 452	64 402	42 649
	2012	1 041 903	500 126	350 968	229 761	83 033	68 332	66 664	43 972
	2013	1 045 122	503 786	343 906	232 278	83 487	68 773	66 791	46 716
	2014	1 046 048	508 218	341 050	235 594	84 819	70 701	66 150	50 100
	2015	1 050 237	515 172	343 954	240 303	86 138	71 829	66 879	51 860
	2016	1 057 870	520 970	345 533	243 310	87 374	72 448	68 117	53 301
	2017	1 071 553	532 508	350 126	247 121	91 011	73 139	68 654	54 960
	2018	1 079 396	540 795	353 932	251 439	93 266	74 054	69 080	56 306
Geçmiş yılların değişim oranları	2019	1 087 743	552 753	358 482	254 041	95 630	76 430	69 814	57 523
	2009-2010	1.142	2.838	0.941	3.938	4.916	0.171	4.019	2.322
	2010-2011	1.154	1.84	-0.410	3.728	1.241	-0.740	0.745	2.313
	2011-2012	1.561	2.317	0.160	3.550	1.136	1.305	3.512	3.102
	2012-2013	0.309	0.732	-2.010	1.095	0.547	0.645	0.191	6.240
	2013-2014	0.089	0.880	-0.830	1.428	1.595	2.803	-0.960	7.244
	2014-2015	0.400	1.368	0.851	1.999	1.555	1.595	1.102	3.513
	2015-2016	0.727	1.125	0.459	1.251	1.435	0.862	1.851	2.779
Projeksiyon katsayısı (%)	2016-2017	1.293	2.215	1.329	1.566	4.163	0.954	0.788	3.113
	2017-2018	0.732	1.556	1.087	1.747	2.478	1.251	0.621	2.449
	2018-2019	0.773	2.211	1.286	1.035	2.535	3.208	1.063	2.161
	2020	0.818	1.708	0.286	2.134	2.160	1.206	1.293	3.524
	2021	1 096 641	562 194	359 507	259 462	97 696	77 352	70 717	59 550
	2022	1 105 611	571 796	360 535	264 999	99 806	78 285	70 717	59 550
	2023	1 123 773	591 496	362 601	276 430	104 164	80 184	72 557	63 821
	2024	1 132 966	601 598	363 638	282 329	106 414	81 151	73 495	66 070
	2025	1 142 233	611 874	364 678	288 354	108 712	82 130	74 446	68 399
	2026	1 151 577	622 325	365 721	294 507	111 061	83 120	75 408	70 809
Gelecek yıllara ait projeksiyon tahmini	2027	1 160 997	632 954	366 767	300 792	113 460	84 123	76 383	73 304
	2028	1 170 493	643 765	367 816	307 211	115 910	85 137	77 371	75 887
	2029	1 180 068	654 760	368 868	313 767	118 414	86 164	78 371	78 562
	2030	1 189 721	665 943	369 923	320 463	120 972	87 203	79 385	81 330
	2030	1 096 641	562 194	359 507	259 462	97 696	77 352	70 717	59 550

Çizelge 2’de, Türkiye’de tarımsal üretimlerde yapılan toprak işleme uygulamalarında en yaygın kullanılan alet ve ekipmanların geçmiş yıllardaki değişim oranlarına göre elde edilen projeksiyon katsayıları incelendiğinde, alet ve ekipmanlar arasında en yüksek değerlerin sırasıyla toprak frezesi (%3.52), merdane (%2.16) ve diskli tırmık (%2.13) olduğu, buna karşın en düşük değerlerin ise sırasıyla dişli tırmık (0.29) ve kulaklı pulluk (%0.82) ve diskli traktör pulluğu (%1.21) olduğu görülmektedir. Özellikle dişli tırmık sayısal değerlerinde; 2011, 2013 ve 2014 yıllarında; diskli traktör pulluğunda ise 2010 yılında, bir önceki yıla göre sayısal azalmalardan dolayı negatif (-) elde edilen geçmiş yılların değişim oranları; dişli tırmık ve diskli traktör pulluğuna ait projeksiyon katsayısı değerlerinin düşük çıkmasına neden olmuştur.

Demir ve Kuş (2016), 2004-2013 yılları için İç Anadolu Bölgesi’ndeki kullanılan toprak işleme aletlerine ait projeksiyon katsayısı değerlerini kulaklı pullukta %1.08; toprak frezesinde %3.57. kültivatörde %1.74 olarak belirlemişlerdir. Baran ve ark. (2019), Türkiye geneli için 2007-2016 yılları arası için projeksiyon katsayısı

değerlerinin kulaklı pulluk için 0.77, diskli tırmık için 2.23, diskli traktör pulluğu için 0.94, dişli tırmık için -0.34, kültivatör için 1.58 olarak hesaplandığını açıklamışlardır. Buna göre 2007-2016 yılları arasındaki toprak işleme aletlerinde sayısal verilere göre projeksiyon katsayısı değerlerinde diğer toprak işleme alet ve ekipmanlarına göre daha yüksek değerlerin kültivatör ve diskli tırmıkta olduğu açıklanmıştır.

Bu çalışmada, benzer şekilde, 2009-2019 yılları arasında da bu eğilimin diğer alet ve ekipmanlarda da (kulaklı pulluk dişli tırmık ve diskli traktör pulluğu) olduğu söylenebilir. İç Anadolu Bölgesi’nde de benzer şekilde toprak frezesi ve kültivatörde kulaklı pulluğa göre daha yüksek bir projeksiyon katsayısının olduğu literatürde açıklanmış, bu çalışmada, Türkiye için toprak işleme alet ve ekipmanlarına ait projeksiyon katsayılarına göre de bu açıdan benzerlik olduğu söylenebilir.

Ekim, Gübreleme ve Bakım Alet ve Makineleri

Türkiye’de tarımsal üretimlerde TÜİK verilerine göre en fazla kullanımı olan ekim, bakım ve gübreleme makineleri içerisinde birçok bitkisel üretim uygulamalarında en fazla tercih edilen alet-makinelerin kombine hububat ekim makinesi ve kimyevi gübre dağıtma makinesi olduğu görülmektedir (Çizelge 1). Türkiye’deki bitkisel üretimlerde yetiştirilen ürünün daha çok hububat grubu bitkiler olduğu düşünüldüğünde, hububat ekim makinelerinin ve dolayısıyla gübre ile kombine edilen kombine hububat ekim makinelerinin ve kimyevi gübre dağıtma makineleri olarak da santrifüj gübre dağıtma makinelerinin kullanımları oldukça önemli yer tutmaktadır. Türkiye’de tarımsal üretim uygulamalarında yoğun olarak ekim, bakım ve gübreleme uygulamalarında kullanılan alet ve makinelerin 11 yıllık süreçteki durumları ve projeksiyon tahminlemesi, Çizelge 3’te verilmiştir.

Çizelge 3. Türkiye’de tarımsal üretimlerde daha fazla kullanımı olan ekim, gübreleme ve bakım alet ve makinelerinin projeksiyonunun tahmini.

Table 2. The estimate of the projection of the sowing, fertilizing and maintenance equipment and machinery with high usage in agricultural productions in Turkey.

	Yıllar	Kimyevi gübre dağıtma makinesi	Kombine hububat ekim makinesi	Traktörle çekilen hububat ekim makinesi	Ara çapa makinesi (*)	Üniversal ekim makinesi (Mekanik) (***)	Pnömatik ekim makinesi
Yıllara göre makine sayıları	2009	354 973	179 048	111 049	141 939	61 634	23 165
	2010	366 781	187 459	117 276	138 413	61 487	25 390
	2011	371 771	196 147	119 889	137 838	62 015	27 153
	2012	385 149	199 640	128 675	135 428	61 702	29 377
	2013	389 918	202 915	131 471	133 608	61 922	30 921
	2014	392 908	205 286	134 786	132 603	61 337	32 048
	2015	399 451	208 403	136 846	135 684	61 353	34 589
	2016	408 737	211 348	140 329	136 942	61 018	35 850
	2017	419 388	217 642	142 258	139 385	61 660	39 024
	2018	428 545	221 782	144 927	139 774	61 509	40 376
2019	434 755	225 817	148 953	141 105	62 026	41 590	
Geçmiş yılların değişim oranları	2009-2010	3.326	4.698	5.607	-2.484	-0.240	9.605
	2010-2011	1.360	4.635	2.228	-0.415	0.859	6.944
	2011-2012	3.598	1.781	7.328	-1.748	-0.500	8.191
	2012-2013	1.238	1.640	2.173	-1.344	0.357	5.256
	2013-2014	0.767	1.168	2.521	-0.752	-0.94	3.645
	2014-2015	1.665	1.518	1.528	2.3235	0.026	7.929
	2015-2016	2.325	1.413	2.545	0.9272	-0.550	3.646
	2016-2017	2.606	2.978	1.375	1.784	1.052	8.854
	2017-2018	2.183	1.902	1.876	0.2791	-0.240	3.465
	2018-2019	1.449	1.819	2.778	0.9523	0.841	3.007
Projeksiyon katsayısı (%)		2.052	2.355	2.996	-0.048	0.066	6.054
Gelecek yıllara ait projeksiyon tahmini	2020	443 676	231 135	153 416	141 037	62 067	44 108
	2021	452 780	236 578	158 012	140 970	62 108	46 778
	2022	462 071	242 150	162 746	140 902	62 149	49 610
	2023	471 553	247 852	167 622	140 834	62 190	52 613
	2024	481 229	253 689	172 644	140 767	62 231	55 799
	2025	491 104	259 664	177 816	140 699	62 272	59 177
	2026	501 182	265 779	183 144	140 632	62 313	62 759
	2027	511 466	272 038	188 631	140 564	62 354	66 559
	2028	521 961	278 444	194 282	140 497	62 395	70 588
	2029	532 672	285 002	200 103	140 429	62 437	74 862
	2030	543 602	291 713	206 098	140 362	62 478	79 394

(*): Hayvanla ve traktörle çekilen ara çapa makinesi; (**): Pancar mibzeri (pancar ekim makinesi) dahil

Çizelge 3’te, Türkiye’de tarımsal üretim uygulamalarında yoğun olarak ekim, bakım ve gübreleme uygulamalarındaki alet ve makinelerden pnömatik ekim makinesi kullanımına yönelik hesaplanan projeksiyon katsayısı değerlerinin %6.05 ile daha yüksek değerde olduğu, bunu %3.00 katsayısı değeriyle traktörle çekilen

hububat ekim makinesinin izlediği görülmektedir. Buna karşın, ara çapa makinesi kullanımının negatif düzeyde, düşme eğiliminde olduğu, bunu da pancar mibzerinin de dahil olduğu üniversal ekim makinesi (mekanik)’nin aldığı görülmektedir. Tarımsal üretimde özellikle çapa bitkileri ekiminde tohum kalibrasyonuna gerek olmadan ekime imkan veren pnömatik ekim makinesine ait projeksiyon katsayısı değerlerinin %6.05 gibi yüksek değeriyle 2020 yılında 44 108 adede ve 2030 yılında 79 394 adede yükseleceği tahmin edilmektedir. Demir ve Kuş (2016), İç Anadolu Bölgesi için ekim, bakım ve gübreleme uygulamalarında kullanılan makineler için 2004-2013 yılları için projeksiyon katsayısı değerlerini kimyevi gübre dağıtma makinesi için %1.79, traktörle çekilen hububat ekim makinesi için %5.50, pnömatik ekim makinesi için %-5.52 olarak hesaplamışlardır. Bu açıdan incelendiğinde bu çalışmada, özellikle pnömatik ekim makinesinin, İç Anadolu Bölgesi’nin aksine, Türkiye genelinde artacağı tahmin edilmektedir.

İlaçlama Alet ve Makineleri

Türkiye’de farklı tarımsal üretimlerde kullanılan bitki koruma uygulamalarında özellikle kuyruk milinden tahrikli pülverizatör ile atomizör kullanımlarının yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 1). Türkiye’de farklı tarımsal üretimlerde yoğun olarak kullanılan bitki koruma uygulamalarında kullanılan alet ve makinelerin 11 yıllık süreçteki durumları ve projeksiyon tahminlemesi, Çizelge 4’te verilmiştir.

Çizelge 4. Türkiye’de tarımsal üretimlerde daha fazla kullanımı olan bitki koruma ekipmanı ve makinelerinin projeksiyonunun tahmini.

Table 4. The estimate of the projection of the plant protection equipment and machinery with high usage in agricultural productions in Turkey.

	Yıllar	Kuyruk milinden hareketli pülverizatör	Atomizör	Motorlu pülverizatör	Sırt pülverizatörü
Yıllara göre makine sayıları	2009	264 421	105 036	72 494	588 556
	2010	278 761	112 738	73 745	591 373
	2011	291 505	113 641	75 905	597 460
	2012	305 295	114 435	78 151	606 366
	2013	312 651	116 789	80 457	612 626
	2014	322 174	115 995	84 093	623 190
	2015	329 768	116 883	85 974	628 059
	2016	338 625	120 402	87 486	633 598
	2017	350 272	121 448	90 832	641 819
	2018	358 407	123 790	95 143	647 442
Geçmiş yılların değişim oranları	2019	365 171	124 950	96 703	656 669
	2009-2010	5.423	7.333	1.726	0.479
	2010-2011	4.572	0.801	2.929	1.029
	2011-2012	4.731	0.699	2.959	1.491
	2012-2013	2.409	2.057	2.951	1.032
	2013-2014	3.046	-0.680	4.519	1.724
	2014-2015	2.357	0.766	2.237	0.781
	2015-2016	2.686	3.011	1.759	0.882
	2016-2017	3.439	0.869	3.825	1.298
	2017-2018	2.322	1.928	4.746	0.876
Projeksiyon katsayısı (%)	2018-2019	1.887	0.937	1.640	1.425
		3.287	1.772	2.929	1.102
	2020	377 174	127 164	99 535	663 905
	2021	389 572	129 417	102 451	671 222
	2022	402 377	131 711	105 452	678 619
	2023	415 603	134 045	108 540	686 097
	2024	429 264	136 420	111 719	693 658
	2025	443 374	138 837	114 992	701 302
	2026	457 948	141 297	118 360	709 030
	2027	473 000	143 801	121 827	716 844
Gelecek yıllara ait projeksiyon tahmini	2028	488 548	146 349	125 395	724 743
	2029	504 607	148 943	129 068	732 730
	2030	521 193	151 582	132 848	740 805

Türkiye genelinde, bitki koruma uygulamalarında özellikle kuyruk milinden tahrikli pülverizatör kullanımlarının 2009 ile 2019 yılları arasında 264.421 adetden 365 171 adede ulaşmışken, buna karşın, atomizör kullanımlarının 105.036 adetden 124.950 adede yükselmiş olduğu görülmüştür.

Kuyruk milinden tahrikli pülverizatör sayısının %3.29 projeksiyon katsayısı değeriyle gelecek 11 yıl içerisinde 2020 ile 2030 yılları arasındaki sayılarının 377.174 adetten 521.193 adede yükseleceği tahmin edilmekte, atomizör sayılarının ise %1.77 projeksiyon katsayısı değeriyle 2020 yılından 2030 yılına kadar sırasıyla 127.164 adetten 151.582 adede yükselmesi beklenmektedir (Çizelge 4). Demir (2015), İç Anadolu Bölgesi için 2004-2013 yılları için ilaçlama makineleri kullanımına ait projeksiyon katsayıları değerlerini traktör kuyruk milinden tahrikli pülverizatör için %1.58, atomizör için ise %1.52 olarak hesaplamıştır. Bu çalışmada, Türkiye geneli için özellikle traktör kuyruk milinden tahrikli pülverizatör kullanımının projeksiyon katsayısı değerinin İç Anadolu Bölgesi’ne göre oldukça yüksek olduğu ve gelecek 11 yılda da yarım milyonu geçeceği öngörülmektedir.

Hasat ve Harman Makineleri

Türkiye’de farklı tarımsal üretimlerde başta hububat hasadında olmak üzere, çeltik, mısır, ayçiçeği vb. birçok farklı ürünlerin hasadında biçerdöver kullanımı yaygın olduğu için, sapdöver ve harman makineleri ile orak makineleri kullanımlarında yıllara göre önemli azalmalar söz konusudur. Bunun yanında ise traktörle çekilen çayır biçme makinelerinin kullanımında önemli artışlar bulunmaktadır. Biçerdöver kullanımlarının her geçen gün arttığı ve aynı zamanda biçerdöverde teknoloji kullanımı da dikkate çeken bir şekilde görülmektedir.

Çizelge 5. Türkiye’de hasat ve harman uygulamalarında daha fazla kullanımı olan hasat ve harmanlama makineleri ile biçerdöverlerin projeksiyon projeksiyonunun tahmini.

Table 5. The estimate of the projection of the harvest-thresher machinery and combine harvesters with high usage in the harvest and thresh applications in Turkey.

	Yıllar	Sapdöver ve harman makinesi	Ot tırnığı	Traktörle çekilen çayır biçme makinesi	Orak makinesi	Biçerdöver (0-5 yaş)	Biçerdöver (6-10 yaş)	Biçerdöver (11-20 yaş)	Biçerdöver (>21 yaş)
Yıllara göre makine sayıları	2009	190 856	98 383	55 762	71 415	2 643	2 950	3 669	4 098
	2010	187 978	99 729	61 248	69 411	2 820	3 116	3 721	4 142
	2011	188 153	101 452	66 193	66 768	3 038	3 293	3 834	4 148
	2012	185 327	103 940	68 579	63 092	3 160	3 483	3 960	4 210
	2013	181 320	106 668	73 314	61 954	3 431	3 722	3 882	4 451
	2014	173 555	110 030	79 115	60 645	3 604	3 812	3 852	4 631
	2015	170 836	113 405	81 480	58 271	3 815	3 750	3 780	4 653
	2016	167 581	115 169	82 899	57 234	3 985	3 790	3 813	4 659
	2017	160 121	115 809	87 233	53 972	4 167	3 907	4 062	5 063
	2018	155 600	119 760	90 020	52 172	4 207	3 924	3 969	5 166
2019	149 687	122 494	93 143	49 632	4 097	4 049	4 033	5 011	
Geçmiş yılların değişim oranları	2009-2010	-1.508	1.368	9.838	-2.806	6.697	5.627	1.417	1.074
	2010-2011	0.093	1.728	8.074	-3.808	7.73	5.680	3.037	0.145
	2011-2012	-1.502	2.452	3.605	-5.506	4.016	5.770	3.286	1.495
	2012-2013	-2.162	2.625	6.904	-1.804	8.576	6.862	-1.970	5.724
	2013-2014	-4.282	3.152	7.913	-2.113	5.042	2.418	-0.770	4.044
	2014-2015	-1.567	3.067	2.989	-3.915	5.855	-1.626	-1.870	0.475
	2015-2016	-1.905	1.555	1.742	-1.780	4.456	1.067	0.873	0.129
	2016-2017	-4.452	0.556	5.228	-5.699	4.567	3.087	6.530	8.671
2017-2018	-2.823	3.412	3.195	-3.335	0.96	0.435	-2.290	2.034	
2018-2019	-3.8	2.283	3.469	-4.869	-2.61	3.186	1.612	-3.000	
Projeksiyon katsayısı (%)		-2.391	2.220	5.296	-3.563	4.528	3.251	0.986	2.079
Gelecek yıllara ait projeksiyon tahmini	2020	146 108	125 213	98 076	47 864	4 283	4 181	4 073	5 115
	2021	142 615	127 993	103 270	46 158	4 476	4 317	4 113	5222
	2022	139 205	130 835	108 739	44 514	4 679	4 457	4 153	5 330
	2023	135 876	133 739	114 498	42 928	4 891	4 602	4 194	5 441
	2024	132 627	136 708	120 562	41 398	5 112	4 751	4 236	5 554
	2025	129 456	139 743	126 947	39 923	5 344	4 906	4 278	5 669
	2026	126 361	142 845	133 670	38 501	5 586	5 065	4 320	5 787
	2027	123 340	146 016	140 749	37 129	5 839	5 230	4 362	5 908
	2028	120 391	149 258	148 203	35 806	6 103	5 400	4 405	6 030
	2029	117 512	152 572	156 052	34 530	6 380	5 576	4 449	6 156
	2030	114 702	155 959	164 316	33 300	6 668	5 757	4 493	6 284

Bu çalışmada, biçerdöver kullanımlarının farklı yaş gruplarında dikkate alınmasıyla, biçerdöver kullanımlarındaki ekonomik ömrünü tamamlamış daha yaşlı biçerdöver kullanımların durumunu da gözlemlemek

amaçlanmıştır. Türkiye’de hasat ve harman işlemlerinde kullanılan makinelerin ve yaş gruplarına göre biçerdöver kullanımlarına ait 11 yıllık süreçteki durumları ve projeksiyon tahminlemesi, Çizelge 5’te verilmiştir.

Çizelge 5’te yer aldığı gibi, Türkiye genelinde, başta hububat olmak üzere birçok ürünün hasat ve harman işlemlerinde kullanılan farklı yaş gruplarındaki biçerdöverlerin kullanımına ait projeksiyon katsayılarında en yüksek değer, 0-5 yaş aralığındaki biçerdöverlerde %4.53 olarak elde edilirken, en düşük katsayı ise 11-20 yaş aralığı grubu aralığındaki biçerdöverlerde %0.99 olarak belirlenmiştir. Biçerdöver yaş grupları aralığı olarak 0-5 yaş ile 6-10 yaş aralığındaki biçerdöver sayılarında yıllara göre daha önemli artışlar gözlenmiştir (Çizelge 5).

Diğer Tarım Makineleri Kullanımı

Türkiye’de tarımsal üretimlerdeki mekanizasyon uygulamalarında vazgeçilmez bir enerji ve güç kaynağı olarak farklı güç gruplarındaki traktörlerin kullanımlarına ait 11 yıllık süreçteki durumları ve projeksiyon tahminlemesi yapılmış ve Çizelge 6’da verilmiştir.

Çizelge 6. Türkiye’de tarımsal uygulamalarda kullanılan farklı güç gruplarındaki traktörlerin projeksiyon tahmini.

Table 6. The estimate of the projection of the tractors in the different power groups in use agricultural productions in Turkey.

Yıllar	Tek akslı traktörler				Çift akslı traktörler			
	1-5 BG	>5 BG	1-10 BG	11-24 BG	25-34 BG	35-50 BG	51-70 BG	>70 BG
2009	4 403	16 422	4 853	20 494	76 507	465 237	404 032	81 386
2010	5 235	20 176	5 344	19 997	72 411	471 531	414 977	86 813
2011	8 212	27 283	5 578	21 244	72 668	476 010	422 389	91 411
2012	9 450	36 188	5 696	20 704	71 989	488 877	438 623	106 522
2013	10 889	42 476	5 937	20 153	71 165	493 462	451 292	118 000
2014	14 383	51 492	6 247	20 906	69 223	493 914	461 399	125 536
2015	14 856	54 604	6 252	21 181	68 074	491 828	468 060	135 297
2016	15 736	57 131	6 448	21 274	66 825	489 621	475 665	140 699
2017	16 589	59 061	6 432	20 527	65 866	492 343	493 660	152 133
2018	17 129	60 707	6 554	20 886	66 104	493 134	505 087	162 425
2019	17 512	62 178	6 589	20 513	65 496	495 375	513 035	174 105
2009-2010	18.900	22.860	10.120	-2.430	-5.350	1.353	2.709	6.668
2010-2011	56.870	35.230	4.379	6.236	0.355	0.950	1.786	5.296
2011-2012	15.080	32.640	2.115	-2.540	-0.930	2.703	3.843	16.530
2012-2013	15.230	17.380	4.231	-2.660	-1.140	0.938	2.888	10.780
2013-2014	32.090	21.230	5.221	3.736	-2.730	0.092	2.240	6.386
2014-2015	3.289	6.044	0.080	1.315	-1.660	-0.420	1.444	7.775
2015-2016	5.924	4.628	3.135	0.439	-1.830	-0.450	1.625	3.993
2016-2017	5.421	3.378	-0.250	-3.510	-1.440	0.556	3.783	8.127
2017-2018	3.255	2.787	1.897	1.749	0.361	0.161	2.315	6.765
2018-2019	2.236	2.423	0.534	-1.790	-0.920	0.454	1.574	7.191
Projeksiyon katsayısı (%)	15.83	14.86	3.146	0.055	-1.530	0.634	2.421	7.951
2020	20 284	71 417	6 796	20 514	64 495	498 516	525 456	187 948
2021	23 494	82 029	7 010	20 515	63 508	501 676	538 177	202 892
2022	27 213	94 218	7 231	20 516	62 537	504 857	551 206	219 024
2023	31 520	108 217	7 458	20 518	61 581	508 058	564 551	236 438
2024	36 509	124 297	7 693	20 519	60 640	511 279	578 219	255 238
2025	42 288	142 767	7 935	20 520	59 712	514 520	592 217	275 532
2026	48 981	163 980	8 184	20 521	58 799	517 782	606 555	297 439
2027	56 734	188 346	8 442	20 522	57 900	521 065	621 240	321 088
2028	65 714	216 333	8 707	20 523	57 015	524 369	636 280	346 618
2029	76 115	248 477	8 981	20 524	56 143	527 693	651 684	374 178
2030	88 163	285 399	9 264	20 525	55 285	531 039	667 461	403 929

Çizelge 6’da traktörlere ait projeksiyon hesaplamalarında en çok kullanımı olan tekerlekli traktörler dikkate alınmış, bunlar ise tek ve çift akslı olarak gruplandırılmıştır. Çalışmada, Türkiye’de traktör projeksiyonu için değerlendirmelerde, traktör güç grupları olarak çift akslı traktörlerde, 1-10 BG, 11-24 BG, 25-64 BG, 35-50 BG, 51-70 BG ve >70 BG üzeri güç grupları dikkate alınmıştır. Tek akslı traktörler özellikle küçük alanlarda, sera ve bahçe uygulamalarında yer alıp daha küçük güç gruplarını oluşturmaktadır. Türkiye’de, bu güç gruplarındaki traktörlerin projeksiyon katsayılarında çok ciddi anlamda yüksek değerler, 1-5 BG ve >5 BG’den büyük güçlü traktörler sırasıyla %15.83 ve %14.86 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 6’da yer alan Türkiye genelinde tarımsal üretimlerde vazgeçilmez ve yoğun kullanımı olan çift akslı traktörlerin projeksiyon katsayılarında en yüksek değer, >70 BG güç grubundaki traktör sayılarında %7.95 ile elde edilirken, en düşük değer ise 25-34 BG grubunda %-1.53 olarak belirlenmiştir.

Özellikle 25-34 BG grubu traktörlerin sayısal değerleri; yıllara göre bir önceki yıla göre sayısal azalış görülmüş, negatif (-) elde edilen geçmiş yılların değişim oranları nedeniyle bu güç grubunda projeksiyon katsayısı değeri de düşük çıkmıştır.

Türkiye’de daha çok kullanımlı olan çift akslı traktörlerde özellikle küçük güç grubu ile yüksek güç grubu traktörlerde de ciddi anlamda projeksiyon katsayılarının diğer gruplara göre daha yüksek olduğu söylenebilir. Altuntaş (2016), Türkiye genelinde de traktör güç gruplarında daha yüksek güç grubuna sahip traktörler de dikkate değer oranda artışların olduğunu ifade etmiştir.

Traktör sayılarının orta ve büyük güç gruplarında yer alan 51-70 BG ve >70 BG güç gruplarında göre sırasıyla %2.41 ve %7.95 projeksiyon katsayısı değerleri elde edilmiştir. Buna göre gelecek 11 yıl içerisinde 2020 ile 2030 yılları arasındaki bu güç grubundaki traktör sayılarının sırasıyla 51-70 BG güç grubundaki traktörlerde 525 456 adetten 667 461 adede ve >70 BG güç grubundaki traktörlerde ise 187 948 adetten 403 929 adede yükseleceği tahmin edilmektedir (Çizelge 6).

Türkiye’de tarımsal üretimlerde yoğun olarak kullanılan tarım arabası ve su tankeri kullanımına ait 11 yıllık süreçteki durumları ve projeksiyon tahminlemesi, Çizelge 7’de verilmiştir. Türkiye’de tarımsal üretimlerde yoğun olarak kullanılan tarım arabası ve su tankeri kullanımına ait 11 yıllık süreçteki durumları ve projeksiyon tahminlemesi incelendiğinde, tarım arabaları sayılarının %1.96 projeksiyon katsayısı değerleriyle gelecek 11 yıl içerisinde 2020 ile 2030 yılları arasındaki sayıların 1 218 083 adetten 1 405 023 adede, su tankeri sayılarının ise %1.78 projeksiyon katsayısı değerleriyle gelecek 11 yıl içerisinde 2020 ile 2030 yılları arasındaki sayıların 221 438 adetten 249 123 adede yükseleceği tahmin edilmektedir (Çizelge 7).

Türkiye genelinde 5 farklı grupta (toprak işleme, ekim, gübreleme ve bakım, ilaçlama, hasat ve diğer tarım makineleri) yoğun olarak kullanılan alet ve makinelerin projeksiyon katsayısı değerlerinin toplu gösterimi Şekil 1’de verilmiştir.

Çizelge 7. Türkiye’de tarımsal üretimde kullanılan tarım arabası ve su tankerinin projeksiyon tahmini.

Table 7. The estimate of the projection of the trailer and water truck in using agricultural productions in Turkey.

	Yıllar	Tarım arabası	Su tankeri
Yıllara göre makine sayıları	2009	1 041 239	194 573
	2010	1 061 656	198 031
	2011	1 074 764	200 350
	2012	1 098 995	206 078
	2013	1 109 917	208 544
	2014	1 121 371	208 538
	2015	1 126 166	209 372
	2016	1 137 709	210 697
	2017	1 165 873	213 393
	2018	1 184 193	216 276
	2019	1 200 815	218 845
Geçmiş yılların değişim oranları	2009-2010	1.961	1.777
	2010-2011	1.235	1.171
	2011-2012	2.255	2.859
	2012-2013	0.994	1.197
	2013-2014	1.032	-0.003
	2014-2015	0.428	0.4
	2015-2016	1.025	0.633
	2016-2017	2.476	1.28
Projeksiyon katsayısı (%)	2017-2018	1.571	1.351
	2018-2019	1.404	1.188
Gelecek yıllara ait projeksiyon tahmini		1.961	1.777
	2020	1 218 083	221 438
	2021	1 235 599	224 062
	2022	1 253 367	226 717
	2023	1 271 390	229 404
	2024	1 289 673	232 123
	2025	1 308 218	234 873
	2026	1 327 030	237 656
	2027	1 346 113	240 473
	2028	1 365 470	243 322
	2029	1 385 106	246 206
2030	1 405 023	249 123	



Şekil 1. Türkiye'deki farklı tarım uygulamalarında daha fazla kullanımı olan tarımsal ekipman ve makinelerin projeksiyon katsayıları.

Figure 1. The projection coefficients of the agricultural equipment and machinery with high usage in the different agricultural applications in Turkey.

Şekil 1 incelendiğinde, Türkiye genelindeki projeksiyon değerleri karşılaştırıldığında 5 farklı gruptaki (toprak işleme, ekim, gübreleme ve bakım, ilaçlama, hasat ve diğer tarım makineleri) alet ve makinelerde toprak frezesi, pnömatik ekim makinesi, traktörle çekilen çayır biçme makinesi ve 0-5 yaş biçerdöver kullanımı, 1-5 BG ve >5 BG güçlü tek akslı traktör ile çift akslı >70 BG güçlü traktör kullanımlarında dikkat çekici artışlar görülmüştür.

SONUÇ

Türkiye genelinde 5 farklı grupta (toprak işleme, ekim, gübreleme ve bakım, ilaçlama, hasat ve diğer tarım makineleri) yoğun olarak kullanılan alet ve makinelerin projeksiyon katsayısı değerlerinin düşük ve yüksek çıkması, tarımsal işlevleri açısından bu makinelerin kullanım etkinliğini de belirtmektedir. Düşük değerler, etkinliğin az olduğunu, yüksek değerler ise etkinliğin daha fazla olduğunu göstermektedir.

Türkiye’de çok farklı tarımsal üretimlerde teknoloji ve makine kullanımının etkinliği ve rantabl bir tarımsal üretim yapabilmek için işletme yapılarına uygun tarım alet ve makinelerinin seçimi ve bu alet ve makinelerin güç kaynağı traktörler ile uyumlu entegrasyonun sağlanması gerekmektedir. Türkiye ölçeğinde projeksiyon değerleri karşılaştırıldığında toprak işleme alet ve makinelerinde toprak frezesi, ekim makinelerinde pnömatik ekim makinesi, ilaçlama makinelerinde kuyruk mili tahrikli pülverizatör, hasat ve harman makinelerinde traktörle çekilen çayır biçme makinesi ve 0-5 yaş biçerdöver kullanımı, traktör kullanımında ise 1-5 BG ve >5 BG güçlü tek akslı traktörlerle çift akslı >70 BG güçlü traktör kullanımlarında artışlar görülürken, diğer tarım makineleri olarak tarım arabası kullanımının artış gösterdiği söylenebilir. Özellikle traktör kullanımında gelişen teknolojiye bağlı olarak üretilen tarım alet ve makinelerinde üretimdeki kârlılık dikkate alındığında enerji kullanımını azaltacak, üretimde iş başarısını artıracak şekilde büyük güçlü traktör kullanımlarının arttığı görülmektedir. Bununla beraber işletmedeki üretim desenine göre küçük güç grubundaki traktörlerde de özellikle tek akslı traktör kullanımlarında çok ciddi anlamda artışlar söz konusudur. Hasat ve harman uygulamalarında da biçerdöver yaş grubu olarak daha yeni biçerdöverlerin kullanımlarının artması, hasat kayıplarının azaltılması, mekanik ömrünü tamamlamış yaşlı biçerdöverlerde ise, park dışına alınabilecek yönde azalışlar gösterdiği gözlenmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazar olarak herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederim.

YAZAR KATKISI

Yazar olarak çalışmanın planlanması, yürütülmesi, yazımı ve son şeklinin verilmesinde katkı sunduğumu beyan ederim.

KAYNAKLAR

- Altuntaş, E. (2016). Türkiye’nin tarımsal mekanizasyon düzeyinin coğrafik bölgeler açısından değerlendirilmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4 (12), 1157-1164.
- Altuntaş, E., & Demirtola, H. (2004). Ülkemiz tarımsal mekanizasyon düzeyinin coğrafik bölgeler bazında değerlendirilmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2), 63-70.
- Altuntaş, E., & Aslan, İ. (2009). Sivas ilinin tarımsal mekanizasyon düzeyinin 1997-2007 yılları arasındaki değişiminin incelenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26 (2), 87-95.
- Baran, M. F., Gökdoğan, O., Kaya, A. İ., & Oğuz, H. İ. (2019). Projection of technology equipment usage in agriculture in Turkey. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(1), 1-9.
- Demir, B. (2013). Mersin ilinin tarımda teknoloji kullanım projeksiyonu. *Alnteri Ziraat Bilimler Dergisi*, 24(B), 29-34.
- Demir, B., & Kuş, E. (2016). İç Anadolu Bölgesinin tarımda teknoloji kullanım projeksiyonu. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi TARGİD Özel Sayı*, 89-95.
- Demir, B., & Öztürk, İ. (2013). *Konya ilinin toprak işleme alet ve makinaları projeksiyonu*. 28. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi, Selçuk Üniveristesi Ziraat Fakültesi, Konya.
- Demir, B. (2015). İç Anadolu Bölgesi’nin bitki koruma makineleri projeksiyonu. *Alnteri Ziraat Bilimler Dergisi*, 28(B), 27-32.
- Destici, H., & Özarslan, C. (2006). *Söke İlçesinde Pnömatik Ekim Makinaları Talep Projeksiyonunun Belirlenmesi*. Tarımsal Mekanizasyon 23. Ulusal Kongresi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- İleri, M. S. (2009). Türk tarım alet ve makinaları imalatçıları birliği tarım makinaları sektör raporu. <http://www.tarmakbir.org>. Erişim Tarihi: 21 Ekim 2015.
- Malaslı, M. Z., Çelik, A. & Çelik, Ş. (2015). Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nin toprak işleme alet ve makinaları projeksiyonunun regresyon analizi yöntemiyle belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 2(1), 126-132.
- Özgülven, M. M., Türker, U., & Beyaz, A. (2010). Türkiye’nin tarımsal yapısı ve mekanizasyon durumu. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2), 89-100.
- Saral, A., Vatandaş, M., Güner, M., Ceylan, M., & Yenice, T. (2000). *Türkiye tarımının makinalaşma durumu*. Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi, Ankara.
- TÜİK. (2020). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=134&locale=tr>. Erişim tarihi: 01 Nisan 2020.
- Zeren, Y., Tezer E., Tuncer, İ. K., Evcim, Ü., Güzel, E., & Sındır, K. O. (1995). *Tarım alet-makina ve ekipman kullanım ve üretim sorunları*. Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, Ankara.



Araştırma Makalesi

Farklı Cidar Kalınlıklarına Sahip Buğday Silosunda Doldurma ve Boşaltma Koşullarına Bağlı Olarak Gerilme Dağılımının Simülasyonu

Hakan Kibar

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tohum Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, Bolu

Geliş tarihi (Received): 18.09.2020

Kabul tarihi (Accepted): 12.11.2020

Anahtar kelimeler:

Çelik silo, doldurma, boşaltma, basınç yükleri, gerilme

Özet. Ticari amaçlı planlanan silolarının tasarımı ve geliştirilmesi, yapısal performansının ve yüklerinin güçlü bir şekilde anlaşılmasını gerektirir. Bu çalışmada sınırlı sayıda araştırma, depolanmış ürünlerin silolar üzerindeki etkisini araştırmıştır. Bu nedenle buğday tahılının depolanması için huni tabanlı, ticari amaçlı farklı cidar kalınlığına sahip çelik konstrüksiyonlu Silo 1 ve Silo 2 modelleri tasarlanmıştır. Bu amaçla araştırmada 1306 ton ve 610 ton depolama kapasitesine sahip iki farklı model siloda 3, 4, 5, 7, 8, 9 ve 10 mm cidar kalınlıklarının güvenli bir depolamada kullanılabilirlikleri araştırılmıştır. Öncelikle Eurocode 1'e göre model silo cidarları üzerindeki basınç yükleri hesaplanmıştır. Daha sonra buğday silolarının tam ölçekli sonlu eleman modeli (FEM) geliştirilmiş ve silolar ürünün doldurulması ve boşaltılması durumuna göre ANSYS® yazılımı ile simüle edilmiştir. Depolanan buğday ve silo gövdesi etkileşimleri, hem buğdayın hem de çelik silonun karakteristik özellikleri gözönüne alınarak, minimum basitleştirme ile modellenmiştir. Araştırma sonucunda her iki silo modelinde doldurma ve boşaltma koşullarındaki basınç yükleri silonun tepe noktasından boşaltma ağızına doğru artış göstermiştir. Doldurma ve boşaltma koşuluna göre düşük cidar kalınlıklarının daha fazla basınç yüküne maruz kaldıkları belirlenmiştir. Maksimum basınç yükleri Silo 1'de huni bölgesinde ortaya çıkarken Silo 2'de geçiş bölgesinde ortaya çıkmıştır. ANSYS simülasyonu sonucunda her iki silo modeli için maksimum deformasyonlar geçiş bölgesinde ve bu bölgenin hemen altında tespit edilmiştir. Modal analiz sonuçlarına göre silo cidar kalınlığının artması ile frekans değerlerindeki artışı gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler ışığında güvenli ve emniyetli depolamanın Silo 1 ve 8 mm cidar kalınlığında olduğu söylenebilir.

*Sorumlu yazar

hakan.kibar@ibu.edu.tr

Simulation of Stress Distribution Depending on Filling and Discharge Conditions in Wheat Silo with Different Wall Thickness

Keywords:

Steel silo, filling, discharge, pressure loads, stress

Abstract. The design and development of commercially planned silos requires a strong understanding of their structural performance and loads. A limited number of studies have investigated the effect of stored products on silos. For this reason, Silo 1 and Silo 2 models with hopper base and steel construction with different wall thickness for commercial purposes were designed for storage wheat grain. For this purpose, the usability of 3, 4, 5, 7, 8, 9 and 10 mm wall thicknesses for safe storage was investigated in two different models of silos with 1306 tons and 610 tons of storage capacity. First of all, pressure loads on the model silo walls are calculated according to Eurocode 1. Then, the full-scale finite element model (FEM) of wheat silos was developed and the silos were simulated with ANSYS® software according to the filling and discharge of the product. The stored wheat and silo body interactions were modeled with minimal simplification, taking into account the characteristics of both wheat and steel silo. As a result of the research, the pressure loads in the filling and discharge conditions for both silo models increased from the top of the silo to the discharge opening. It has been determined that lower wall thicknesses are subjected to more pressure load under filling and discharge conditions. While the maximum pressure loads occurred in the funnel area in Silo 1, they occurred in the transition zone in Silo 2. As a result of ANSYS simulation, the maximum deformations for both silo models were determined in the transition zone and just below this zone. According to the results of the modal analysis, it was observed that the frequency values increased with the increase of silo wall thickness. In the light of these data, it can be said that safe and secure storage is Silo 1 and 8 mm wall thickness.

GİRİŞ

Silolar, en az bozulma ile tarım ve gıda ürünlerinin uzun süreli muhafazasında etkili olan kontrollü depolama yapılarıdır. Bu yapılar genellikle çelik veya betondan yapılmakta ve geleneksel torba saklama sistemine bir alternatif olarak kabul edilmektedir. Bu yapıların imalatında yer alan yüksek başlangıç maliyeti, küçük ve orta gelire sahip çiftçiler tarafından benimsenmesi büyük bir engeldir. Son yıllarda dünya çapında düşük maliyetli, çevresel olarak sürdürülebilir silo yapıları geliştirilmiştir (Jayachandran ve ark., 2019).

İyileştirilmiş tahıl depolama yapılarının tasarımı ve geliştirilmesi, yapısal güvenlikleri ve fonksiyonel etkinlikleri hakkında yeterli bilgi düzeyine sahip olmayı gerektirmektedir. Tanecikli malzemenin doldurulması ve boşaltılması sırasında silolarda oluşan gerilmeler oldukça karmaşıktır. Bu karmaşık depolama işlemlerinin dinamikleri genellikle teorik (Janssen, 1895; Reimbert ve Reimbert, 1987; Walker ve Blanchard, 1967), analitik (BIS, 1974; ACI, 1997; Eurocode 1, 2003; CEN, 2007) ve deneysel tekniklerle (Horabik ve Molenda, 2017; Wojcik ve ark., 2017) sık sık tanımlanmıştır.

Deneysel analiz ve testler en güvenilir yöntem olsa da, prototip / tam ölçekli siloların kurulmasında, enstrümantasyon ve sensörlerin kurulumundan kaynaklanan geometrik hatalar büyük masraflar ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle, birkaç silo araştırmacısı klasik teorilere ve tasarım standartlarına güvenerek tasarım gerçekleştirmiştir. Bu teoriler ve standartlar, depolanmış tahılların statik durumunu açıklamak için geliştirilmiştir ve doldurma ve boşaltma koşullarında oluşan dinamik gerilmeleri hesaba katmak için basınç katsayısı kullanmıştır. Janssen'in ve Reimbert'in teorisi, tahıl silolarının yapısal analizinde en popüler iki teoridir. Bu teorilerin sonuçlarında, özellikle malzeme parametreleri teorik bir sınırlama değerine yaklaştığında, önemli farklılıklarla karşılaşmıştır. Birçok çalışma, Janssen teorisinin, kritik sınırlayıcı durumlarda Reimbert'in teorisine üstünlük sağladığını ileri sürmektedir (Manbeck ve ark., 1995). Tahılların depolanması için tasarlanan çelik siloların tasarımı için Avrupa Birliği tarafından Eurocode standartlarının kullanılması önerilmektedir. Eurocode standardı, doldurma ve boşaltma koşulları altında çeşitli basınç yüklerinin hesaplanması için depolanacak ürüne özgü birim hacim ağırlığı (yığın yoğunluğu), içsel sürtünme açısı, cidar sürtünme katsayısı ve basınç oranı gibi teknolojik özellik değerlerini kullanmaktadır. Basınç hesaplamaları, silo sistemindeki üç farklı yük türünü (yatay, düşey ve sürtünme çekmesi yükleri) tahmin eden depolanmış malzeme özelliklerine dayanmaktadır.

Sonlu Elemanlar Yöntemi (FEM) gibi sayısal tekniklerin ortaya çıkışı, depolanmış tahıllar ile silo cidarı arasındaki karmaşık etkileşimleri ortaya koymak için yeni çözüm yollarının geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Yapılan çalışmalar, sonlu elemanlar yöntemi'nin silo gerilimlerini tahmin etmede daha kesin sonuçlar ortaya koyduğunu göstermiştir (Rotter ve ark., 1998). Son yıllarda, FEM, tahıl silolarının ve depolanmış ürünün yapısal davranışının tahmin edilmesi konusunda ümit verici bir teknik olarak gelişmiştir. Çok yönlülük ile karakterize edilen FEM, silo gerilimlerini analiz etmenin ekonomik bir yolu olarak kurulmuştur. Ayrıca, FEM, geleneksel teorileri kullanarak başka türlü imkansız olan çok çeşitli karmaşık silo olaylarının başarıyla çözümünü gerçekleştirmiştir. Bunlar eksantrik boşaltma (Vidal ve ark., 2008; Lapko, 2010), aşamalı ve toplu doldurma (Gallego ve ark., 2010), esnek cidarlı silolar (Guines ve ark., 2001), düz ve eğimli silo tabanlarından (Goodey ve Brown, 2004) ve düz ve huni tabanlarından kaynaklanan geometrik kusurlardır (Guaita ve ark., 2003; Zheng ve Yu, 2015).

Depolanmış ürüne bağlı olarak değişen mekanik özelliklerin silolar üzerinde oluşturduğu yüklerin etkisinin ortaya çıkması ile yaygın olarak depolanmış ürünlerin mekanik özelliklerini belirlemek için deneysel çalışmalar yapılmıştır (Kıbar, 2016; Kıbar ve Kıbar, 2017; Kıbar ve Kıbar, 2019). Bununla birlikte, biyolojik materyallerin yetiştirilme koşullarına bağlı olarak ortaya çıkan özellikleri nadiren sabit bir değer kazanmakta ve yetiştirilme şekli, ürün nem içeriği ve ürünün olgunluğuna göre farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenle, depolanmış ürünlerin farklı mekanik özellikleri üzerine geliştirilen FEM modelinin duyarlılığının doğrulanması gerekmektedir.

Bu çalışmanın birinci amacı buğdayın uzun süre güvenli bir şekilde depolanması için tasarlanmış çelik konstrüksiyon silonun yapısal performansını doldurma ve boşaltma koşullarına bağlı olarak FEM tabanlı ANSYS yazılımı ile araştırmaktır. İkinci amacı ise farklı depolama kapasiteleri (1306 ton ve 610 ton) ve cidar kalınlıklarına sahip iki tip model silonun (Silo 1 ve 2) her biri için cidar kalınlığının (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 mm) değiştirilmesine bağlı olarak farklı simülasyonlar ile cidar üzerindeki deformasyon durumlarını incelemektir.

MATERYAL VE METOT

Araştırma alanı olarak 39° 55' 51" ve 44° 08' 40" matematik konuma sahip Iğdır ili seçilmiştir. Araştırmada Iğdır ilinde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan ürünlerden biri olan buğday tahılı depolanacak ürün olarak seçilmiştir. Ayrıca bu ürünün işleme ve ihracat süresince depolama gereksiniminin ortaya çıkması bu ürünün seçilmesinde etkili olmuştur. Bu kapsamda Iğdır ilinde hasat edilen buğdayın hasat sonrası güvenli bir şekilde depolanabilmesi için silindirik gövdeli ve konik çıkış ağızlı çelik konstrüksiyon model silolar projelendirilmiştir. Bu amaçla iki adet

model silo ele alınmıştır. Bu silo modellerine ilişkin özellikler Çizelge 1 ve Şekil 1’de verilmiştir. Çalışmada ticari olarak işletilen silolar gözönüne alınarak silo boyutları ve depolama kapasiteleri belirlenmiştir. Seçilen boyutlara bağlı olarak 1306 ve 610 ton depolama kapasitesine sahip iki adet model silo tasarlanmıştır. Tasarımı yapılan silolarda depolanan buğday tahılı ile ilgili mekanik özellikler Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 1. Tasarımı yapılan siloların yapısal özellikleri.

Table 1. Structural properties of designed silos.

Model	Boyutsal özellikler	Konstrüksiyon malzemesi özellikleri
Silo 1	d_c : 10 m h_c : 20 m h_b : 23 m h_h : 3 m r : 5 m t : 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 mm α : 30° β : 60° V_s : 1306 ton -Kesit geometrisine göre silo tipi: $h_c/d_c = 20/10 = 2.0 \geq 2.0$ olduğundan narin silodur. -Etki Değer Sınıfı: Silolanacak ürün miktarı yaklaşık 1306 ton’dur. Buna göre 1306 ton < 10.000 ton olduğundan etki değer sınıfı 2’dir (EDS=2). -Huni tipi: $\tan 60 < (1-0.52)/(2 \times 0.368)$ koşulunu sağlamadığından sığ hunidir.	- Gövde malzemesi: Galvaniz kaplı karbon S235 çeliği (D2) Elastisite modülü : 2.1×10^8 kPa Poison oranı : 0.3 Birim ağırlık : 78.5 kN m ⁻³ Akma dayanımı : 235000 kPa Hesap akma dayanımı : 188000 kPa Kayma modülü : 81000 kPa - Birleştirmeler : Bulon
Silo 2	d_c : 8 m h_c : 14 m h_b : 18 m h_h : 4 m r : 4 m t : 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 mm α : 45° β : 45° V_s : 610 ton -Kesit geometrisine göre silo tipi: $h_c/d_c = 14/8 = 1.75$ ’dir. Buna göre $1.0 < h_c/d_c < 2.0$ olduğundan orta derecede ince uzun silodur. -Etki Değer Sınıfı: Silolanacak ürün miktarı yaklaşık 610 ton’dur. Buna göre 610 ton < 10.000 ton olduğundan etki değer sınıfı 2’dir (EDS=2). -Huni tipi: $\tan 45 < (1-0.52)/(2 \times 0.368)$ koşulunu sağlamadığından sığ hunidir.	

Çizelge 2. Depolanan buğday tahılı ile ilgili teknolojik özellikler.

Table 2. The technological properties related to stored wheat grain.

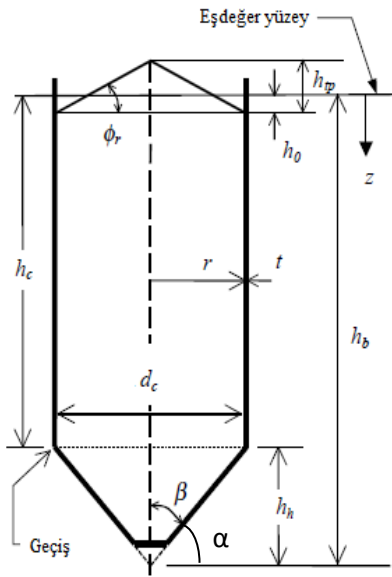
Özellikler	Birim	Değer
Birim hacim ağırlığı, γ_m	kN m ⁻³	7.92
İçsel sürtünme açısı, φ_m	derece	28.4°
Statik sürtünme katsayısı, μ_m		0.405
Basınç oranı, K_m		0.58

Silo cidarına etki eden tasarım yüklerinin belirlenmesinde Eurocode 1 (2003) (Yapıların Projelendirme ve Etki Esasları, Bölüm: 4 Silo ve Tank Etkileri) standardı temel alınmıştır. Araştırmada bu standardın seçilmesindeki temel yaklaşım Eurocode 1’in geniş bir perspektifte kullanılması ve farklı projelendirme esaslarını temel almasıdır.

Silo modellerine etki eden basınç yüklerinin hesaplanmasında kullanılan Eurocode 1 (2003) standardına ilişkin temel denklemler Kibar (2011)’de ayrıntılı olarak açıklandığından araştırma çalışmasında tekrar verilmemiştir. Basınç yükleri her iki silo modeli için hem doldurma hemde boşaltma koşullarına göre ayrı ayrı hesaplanmıştır. Denklemlere bağlı olarak hesaplanan basınç yüklerinin FEM tabanlı ANSYS 14.0 yazılımı ile simülasyonları yapılmıştır. Simülasyonların sonucunda silo cidarı üzerinde oluşan gerilmelerin karşılaştırmalı analizleri yapılmıştır.

Çalışmada kullanılan silo cidar malzemesinin temel özellikleri, Eurocode 3'te belirtilen çelik yapıların tasarım standardına göre belirlenmiştir (Eurocode 3, 2004). Cidar malzemesi olarak siloların tasarımında ve bilimsel araştırmalarda yaygın olarak kullanılan S235 çeliği, Vidal ve ark. (2004), Ayuga ve ark. (2006), Vidal ve ark. (2006) tarafından yapılmış çalışmalar da göz önüne alınarak seçilmiştir. Seçilen cidar malzemesinin temel özellikleri ise Çizelge 1'de verilmiştir.

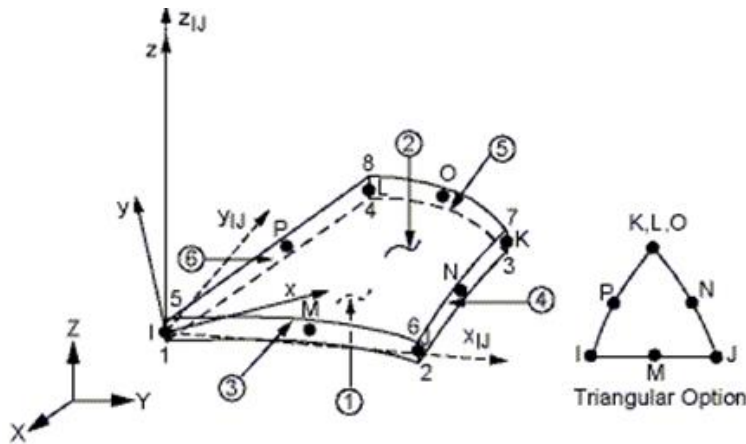
Çalışmada ANSYS programında yapısal (structural) analiz kullanılmıştır. Tasarlanan her iki silo modeli metre (m) ve kiloPascal (kPa) birimleri ile ANSYS ön işlemcisi kullanılarak oluşturulmuştur. Silo modelleri için eleman tipi olarak ANSYS (2013) eleman kütüphanesinden SHELL63 eleman tipi kullanılmıştır (Şekil 2). Ön analizler sonucunda kullanılan S235 çeliğinin karakteristik özelliklerini en iyi yansıtması ve en iyi sonuçlar bu eleman tipinde belirlendiğinden eleman olarak SHELL63 kullanılmıştır.



- d_c : Silo çapı, m
- h_c : Geçiş ile eşdeğer yüzey arasındaki dikey mesafe, m
- h_b : Çıkış apeksinden eşdeğer yüzeye olan mesafe, m
- h_h : Geçiş bölgesi ile apeks arasındaki huni yüksekliği, m
- h_o : Üst yığın tabanında eşdeğer yüzeyin altındaki derinlik, m
- h_{tp} : Silo üst kısmındaki şev yüksekliği, m
- r : Silo eşdeğer yarıçapı ($r = 0.5 d_c$), m
- t : Silo cidar kalınlığı, mm
- z : Ortalama doldurma düzlemi (eşdeğer yüzey)'ne göre derinlik, m
- α : Ortalama huni eğim açısı (yatayla yapılan açı), derece
- β : Düşeyden ölçülen silo duvarı eğim açısı, Huni apex yarı açısı ($=90^\circ - \alpha$)
- ϕ_r : Silolanen malzeme şev açısı, derece

Şekil 1. Silo kesit geometrisi.

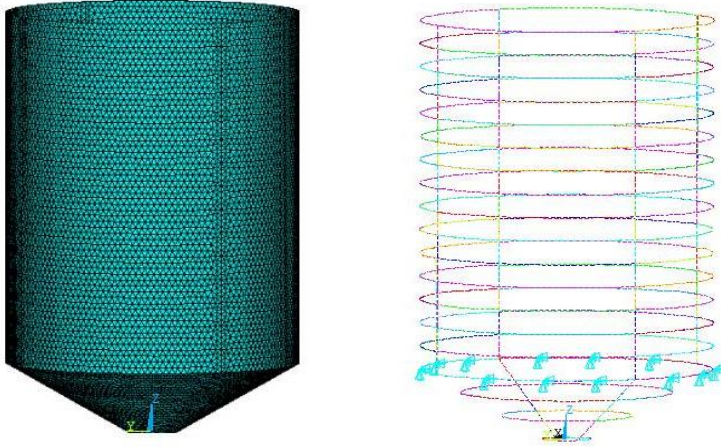
Figure 1. Cross-sectional geometry of the silo.



Şekil 2. SHELL63 eleman için geometri.

Figure 2. Geometry for SHELL63 element.

Silonun elemanlara bölünmesi model sürekliliğinin belirli sayıda ayrı parçalara diğer bir ifade ile sonlu elemanlara bölünmesidir. Modellenen silonun elemanlara (mesh) ayrılmış görünümü ve mesnet noktaları Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Modellenen silonun elemanlara ayrılması ve mesnet noktaları.

Figure 3. The elements (mesh) separation and support points of modeled silo.

BULGULAR

Modal Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

ANSYS sonlu eleman programı ile yapılan modal analiz sonucunda Silo 1 ve 2'nin 8 farklı cidar kalınlıklarına ilişkin 10 doğal frekans değeri Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge 3 incelendiğinde doğal frekansların Silo 1 için 0.35-0.76 Hz. ve Silo 2 için ise 0.21-0.70 Hz. arasında değiştiği görülmektedir. Silo 1 ve 3 mm cidar kalınlığı için yapılan analizler sonucunda ANSYS eleman kütüphanesi içerisinde farklı cidar malzeme türleri (SHELL41, 43, 61, 150) kullanılmasına karşın cidar kalınlığının çok ince olmasından dolayı ANSYS sonlu eleman programından herhangi bir sonuç alınamamıştır. Her iki silonun farklı cidar kalınlıkları için doğal frekans değerleri incelendiğinde, cidar kalınlığı arttıkça doğal frekans değerinin arttığı, bu durumda silonun olası zemin titreşimlerine karşı daha güçlü davranacağı söylenebilir.

Çizelge 3. Farklı cidar kalınlıklarında Silo 1 ve 2 için doğal frekanslar.

Table 3. Natural frequencies for Silos 1 and 2 in different wall thicknesses.

Mod No	Doğal frekans (Hz.)								
	3	4	5	6	7	8	9	10	
Silo 1	1	-	0.3539	0.4057	0.4241	0.4613	0.4922	0.5355	0.5684
	2	-	0.3558	0.4086	0.4288	0.4664	0.4933	0.5384	0.5696
	3	-	0.3678	0.4156	0.4452	0.4851	0.5320	0.5475	0.5812
	4	-	0.3692	0.4193	0.4469	0.4889	0.5341	0.5489	0.5873
	5	-	0.3817	0.4218	0.4602	0.4959	0.5417	0.6441	0.6645
	6	-	0.3889	0.4256	0.4654	0.4997	0.5428	0.6459	0.6663
	7	-	0.3907	0.4279	0.4691	0.5088	0.5476	0.6488	0.6689
	8	-	0.4073	0.4314	0.4803	0.5458	0.6621	0.7103	0.7459
	9	-	0.4098	0.4375	0.4859	0.5499	0.6689	0.7147	0.7490
	10	-	0.4188	0.4419	0.4941	0.5863	0.6874	0.7311	0.7621
Silo 2	1	0.2123	0.2456	0.2778	0.2941	0.3218	0.3643	0.4103	0.4551
	2	0.2174	0.2488	0.2797	0.2989	0.3257	0.3684	0.4176	0.4586
	3	0.2346	0.2541	0.2902	0.3002	0.3307	0.3727	0.4311	0.4922
	4	0.2384	0.2546	0.2940	0.3056	0.3366	0.3766	0.4358	0.4964
	5	0.2398	0.2587	0.2969	0.3097	0.3397	0.3794	0.4389	0.4983
	6	0.2556	0.2869	0.3114	0.3309	0.3613	0.4004	0.4569	0.5117
	7	0.2592	0.2897	0.3188	0.3387	0.3679	0.4068	0.4599	0.5182
	8	0.2774	0.2956	0.3356	0.3517	0.3841	0.4254	0.4723	0.5154
	9	0.2794	0.2976	0.3397	0.3588	0.3883	0.4283	0.4768	0.5176
	10	0.2853	0.3108	0.3507	0.3964	0.4255	0.4619	0.5137	0.7081

Silo 1 ve Silo 2'nin Cidarı Üzerinde Meydana Gelen Basınçlar

Eurocode 1'e bağlı olarak buğday tahılı için oluşturulan Silo 1 ve Silo 2'nin farklı yüksekliklere bağlı doldurma ve boşaltma koşullarındaki basınç değişimleri Çizelge 4 ve 5'te verilmiştir. Çizelgeler incelendiğinde yükseklik azaldıkça her iki silo tipinde farklı koşullarda basınç artışları meydana gelmiştir. Ancak silonun çıkış ağzına doğru basınç azalmaya başlamış ve huni çıkışında sıfır olarak gerçekleşmiştir. Özellikle Silo 1 için maksimum basınç yükleri huni bölgesinde meydana gelmiştir. Dolayısıyla bu bölgelerde daha fazla zorlanmanın olacağı söylenebilir.

Silo 2’de ise doldurma ve boşaltma koşullarında maksimum basınç yük değerleri geçiş bölgesinde ortaya çıkmıştır. Silo 2 olarak ifade edilen orta derecede ince uzun siloda sadece doldurma yükleri hesaplanmış boşaltma yükleri ise hesaplanmamıştır. Bu durum çalışmada kullanılan Eurocode 1 standardında doldurma yükleri ile boşaltma yüklerinin hesaplanma kriterlerinin aynı olmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 4. Farklı yüksekliklerde Silo 1 cidarı üzerindeki basınç yüklerinin değişimi.

Table 4. Variation of pressure loads on Silo 1 wall at different heights.

Silo yüksekliği (m)	Doldurma yükleri			Boşaltma yükleri	
	Yatay basınç (kPa)	Düsey basınç (kPa)	Sürtünme çekmesi (kPa)	Yatay basınç (kPa)	Sürtünme çekmesi (kPa)
23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	5.28	8.24	2.33	6.07	2.56
21	10.09	15.59	4.41	11.60	4.85
20	14.47	22.16	6.27	16.64	6.89
19	18.46	28.03	7.93	21.22	8.72
18	22.09	33.27	9.41	25.40	10.35
17	25.40	37.95	10.73	29.21	11.80
16	28.41	42.13	11.91	32.67	13.10
15	31.15	45.86	12.97	35.83	14.27
14	33.65	49.19	13.91	38.70	15.30
13	35.93	52.17	14.75	41.32	16.23
12	38.00	54.83	15.50	43.70	17.05
11	39.89	57.20	16.18	45.87	17.79
10	41.61	59.32	16.77	47.85	18.45
9	43.17	61.21	17.31	49.65	19.04
8	44.60	62.90	17.79	51.29	19.57
7	45.90	64.41	18.22	52.79	20.04
6	47.08	65.76	18.60	54.15	20.46
5	48.16	66.97	18.94	55.38	20.83
4	49.14	68.04	19.24	56.51	21.16
3	76.36	89.55	28.11	76.88	28.30
2	57.00	67.48	20.99	57.39	21.13
1	33.66	49.86	12.39	33.89	12.48

Çizelge 5. Farklı yüksekliklerde Silo 2 cidarı üzerindeki basınç yüklerinin değişimi.

Table 5. Variation of pressure loads on Silo 2 wall at different heights.

Silo yüksekliği (m)	Doldurma yükleri		
	Yatay basınç (kPa)	Düsey basınç (kPa)	Sürtünme çekmesi (kPa)
18	0.00	0.00	0.00
17	1.36	1.17	0.61
16	12.22	8.70	5.44
15	19.71	16.10	8.78
14	25.10	21.83	11.18
13	29.08	26.39	12.96
12	32.11	30.10	14.30
11	34.46	33.17	15.35
10	36.31	35.74	16.18
9	37.81	37.93	16.84
8	39.02	39.82	17.38
7	40.03	41.46	17.83
6	40.86	42.89	18.20
5	41.57	44.15	18.52
4	51.40	53.84	18.92
3	50.93	52.44	18.75
2	47.37	48.26	17.44
1	38.09	41.12	14.02

Doldurma Koşullarında Gerilme Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Silo 1 ve 2'ye ilişkin 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 mm cidar kalınlıklarına doldurma koşullarında yatay basınç yükünün uygulanmasıyla elde edilen von Mises gerilmeleri Çizelge 6'da ve von Mises gerilme dağılımları Ek 1 ve 2'de verilmiştir. Çizelge 6 incelendiğinde Silo 1 için 3 mm cidar kalınlığında ANSYS analizi sonucunda herhangi bir değer elde edilememesine karşın Silo 2 için 3 mm cidar kalınlığında sonuç elde edilmiştir. Burada temel sorun Silo 1'in kapasitesinin 1306 ton olması ve buna bağlı olarak 3 mm cidar kalınlığının çok ince olmasıdır. Ancak Silo 2'nin kapasitesi 610 ton olduğundan 3 mm cidar kalınlığında ANSYS simülasyonları ile sonuç alınmıştır.

Çizelge 6 ve Ek 1 incelendiğinde gerilmelerin huninin merkezinde yoğunlaştığı ve maksimum gerilme değerinin 287321 kPa ile 4 mm cidar kalınlığında olduğu görülmektedir. Ek 1'de 4 mm kalınlıktaki siloda gerilmelerin huninin kenar bölgelerinde ve geçişe yakın kısımlarda olduğu ayrıca geçiş bölgesinin hemen altında hunide çökmenin olduğu gözlemlenmiştir. Ek olarak diğer cidar kalınlıklarında ise yine gerilme değişimlerinin daha çok huni bölgesinde olduğu saptanmıştır. Silo1 için 4, 5 ve 6 mm cidar kalınlıklarının von Mises gerilme değerleri incelendiğinde bu değerlerin çeliğin hesap akma dayanımı olan 188000 kPa (Çizelge 1) değerinden büyük olması nedeniyle doldurma koşullarında yatay basınç yükünün neden olduğu bu gerilmeler açısından emniyetli olmadığı tespit edilmiştir. 7, 8, 9 ve 10 mm cidar kalınlıklarının emniyetli oldukları Çizelge 6'dan görülmektedir.

Silo 2 ve Ek 2'nin incelenmesiyle cidar kalınlıklarının artması ile von Mises gerilme değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Silo çıkışına yakın ve silindirik bölgelerde ise gerilmelerin en düşük olduğu saptanmıştır. 3 ve 4 mm cidar kalınlıklarında ise huniye geçiş bölgesinin hemen altında çökmeler tespit edilmiştir. Bunlara bağlı olarak 3, 4, 5 ve 6 mm cidar kalınlıklarının von Mises gerilme değerleri sırasıyla 314567, 284147, 250041 ve 189893 kPa olarak elde edilmiştir (Çizelge 6). Bu değerler 188000 kPa'lık çelik hesap akma dayanım değerinden büyük olduğundan belirtilen cidar kalınlıkları emniyetsiz olup 7, 8, 9 ve 10 mm'lik kalınlıkların doldurma koşullarında yatay basınç yükü açısından emniyetli oldukları belirlenmiştir.

Çizelge 6. Doldurma koşullarında yatay basınç yüküne bağlı gerilme değişimleri.

Table 6. The stress changes due to horizontal pressure load in filling conditions.

	Silo cidar kalınlığı (mm)	von Mises gerilmesi (kPa)	
Silo 1	3	-	
	4	287321	
	5	211264	
	6	190845	
	7	181056	
	8	155214	
	9	101308	
	10	89358	
	Silo 2	3	314567
		4	284147
5		250041	
6		189893	
7		165921	
8		141087	
9		133017	
10		108748	

Doldurma koşullarında buğday silosu için Silo 1 ve 2'ye ilişkin düşey basınç değerlerine bağlı von Mises gerilmeleri Çizelge 7'de ve von Mises gerilmelerinin silo üzerindeki dağılımları Ek 3 ve 4'te verilmiştir. Silo 1'e ait gerilme değerleri 324698 kPa ile 121212 kPa arasında değişim göstermiştir. 3 mm'lik cidar kalınlığının analizi sonucunda herhangi bir sonuç alınamamıştır. Diğer cidar kalınlıklarındaki gerilme değerleri incelendiğinde 4, 5, 6 ve 7 mm cidar kalınlıkları için elde edilen gerilme değerleri çeliğin hesap akma dayanımı olan 188000 kPa değerinden büyük olduğundan emniyetsiz oldukları belirlenmiştir. Ek 3'te verilen gerilme dağılım grafikleri incelendiğinde 4 mm cidar kalınlığına ilişkin silonun huni bölgesinde çökmeler meydana gelmiştir. Diğer kalınlıklarda ise hem silindirik bölgede hemde huni bölgesinde gerilme farklılaşmaları gözlemlenmiştir. Silo 2'ye ilişkin farklı cidar kalınlıklarında gerilme değerleri 318569 kPa ile 109062 kPa arasında değişim göstermiştir. Ancak bu gerilme değerlerinden 3 mm - 6 mm arasındaki cidar kalınlıklarının gerilmeler yönünden emniyetsiz oldukları saptanmıştır. Diğer kalınlıkların ise emniyetli oldukları belirlenmiştir. Ek 4 incelendiğinde siloların huni bölgelerinde çökmeler meydana gelmiştir. 5, 6, 8 ve 9 mm cidar kalınlıklarının silindirik bölgesinde silonun tepesine doğru burulmalar gözlemlenmiştir. Burulma durumuna karşın 8 ve 9 mm kalınlıklar emniyetli durum göstermiştir.

Çizelge 7. Doldurma koşullarında düşey basınç yüküne bağlı gerilme değişimleri.

Table 7. The stress changes due to vertical pressure load in filling conditions.

	Silo cidar kalınlığı (mm)	von Mises gerilmesi (kPa)	
Silo 1	3	-	
	4	324698	
	5	290014	
	6	251039	
	7	200322	
	8	177096	
	9	141548	
	10	121212	
	Silo 2	3	318569
		4	289113
5		252563	
6		190124	
7		166123	
8		142005	
9		133213	
10		109062	

Buğday için yapılan analiz sonucunda Silo 1 ve 2’de doldurma koşullarında sürtünme çekmesinin neden olduğu gerilmeler Çizelge 8’de, bu gerilmelerin silo cidarı üzerindeki dağılımları Ek 5 ve 6’da verilmiştir. Çizelge 8 incelendiğinde diğer koşullarda olduğu gibi Silo 1 için 3 mm cidar kalınlığında da sonuç alınamamıştır. Diğer tüm cidar kalınlıklarının ise emniyetli olduğu belirlenmiştir. Cidar kalınlığı arttıkça sürtünme çekmesi yükünün neden olduğu gerilmeler azalışlar göstermiştir. Bu durum silonun üzerine gelebilecek gerilmeleri daha kolay karşılayabileceğini göstermektedir. Silo 2’de ise Silo 1’den farklı olarak 3 mm kalınlıktan sonuç alınmıştır. Bunun nedeni Silo 2’nin Silo 1’e göre daha az depolama kapasitesine sahip olmasıyla zorlanmalara daha az maruz kalmasıdır. Silo 2’nin tüm cidar kalınlıkları hesap akma dayanımı ile karşılaştırıldığında emniyetli oldukları belirlenmiştir.

Çizelge 8. Doldurma koşullarında sürtünme çekmesi yüküne bağlı gerilme değişimleri.

Table 8. The stress changes due to friction traction load in filling conditions.

	Silo cidar kalınlığı (mm)	von Mises gerilmesi (kPa)	
Silo 1	3	-	
	4	174112	
	5	151023	
	6	102784	
	7	88695	
	8	65238	
	9	51421	
	10	44327	
	Silo 2	3	154698
		4	140852
5		131214	
6		114852	
7		100045	
8		81456	
9		71236	
10		52007	

Boşaltma Koşullarında Gerilme Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Boşaltma koşullarında buğday tahılı silolarına ilişkin yatay basınç ve sürtünme çekmesi yükünün neden olduğu gerilmeler Çizelge 9 ve 10’da bu gerilmelerin dağılımları ise Ek 7 ve 8’de verilmiştir. Çizelgelerden görüldüğü gibi sadece Silo 1 için analizler yapılmış olup Silo 2 için herhangi bir analiz yapılmamıştır. Bu durumun nedeni daha önceki bölümlerde açıklanmıştır. 3 mm cidar kalınlığının analiz sonuçlarına göre yatay basınç yükü yönünden Silo 1 için sonuç elde edilemez iken sürtünme çekmesi yönünden Silo 1’de sonuç elde edilmiştir. Yatay basınç yükü yönünden en yüksek gerilme değeri 4 mm cidar kalınlığında 301456 kPa olarak belirlenirken en düşük gerilme değeri 10 mm cidar kalınlığında 92653 kPa olarak belirlenmiştir. Sürtünme çekmesi yönünden 4 mm kalınlıkta 176476 kPa olarak belirlenirken en düşük gerilme değeri 10 mm kalınlıkta 45991 kPa olarak belirlenmiştir. Değerlerden de görüldüğü gibi kalınlık artışı ile gerilme değerleri azalışlar göstermiştir. Yatay basınç yükünün neden olduğu gerilme azalışı %30.73, sürtünme çekmesi yükünün neden olduğu gerilme azalışı ise %26.06’dır. Bu

durum cidar kalınlığı fazla olan siloların oluşabilecek olumsuz koşullara daha dayanıklı olacağını göstermektedir. Ek 7 incelendiğinde 4 mm cidar kalınlığında hunide çökmeler olduğu belirlenirken 5 mm cidar kalınlığının silindirik bölgesinde burulmalar meydana gelmiştir. Bu durumlar buğdayın uyguladığı basınç yükü nedeniyle aşırı zorlanmalardan dolayı meydana gelmiştir. Benzer burulma durumları Ek 8’de sürtünme çekmesinin basınç yükü nedeniyle de saptanmıştır.

Çizelge 9. Boşaltma koşullarında yatay basınç yüküne bağlı gerilme değişimleri.

Table 9. The stress changes due to horizontal pressure load in discharge conditions.

Silo cidar kalınlığı (mm)	von Mises gerilmesi (kPa)
3	-
4	301456
5	245123
Silo 1	200236
7	185019
8	161257
9	108174
10	92653

Çizelge 10. Boşaltma koşullarında sürtünme çekmesi yüküne bağlı gerilme değişimleri.

Table 10. The stress changes due to friction traction load in discharge conditions.

Silo cidar kalınlığı (mm)	von Mises gerilmesi (kPa)
3	-
4	176476
5	152632
Silo 1	102985
7	89187
8	67456
9	53498
10	45991

TARTIŞMA

Tarımsal üretimde ekonomik dengelere olumsuz etkide bulunabilecek rekolte ve fiyat dalgalanmalarının önüne geçilebilmesi, ancak hasat edilen ürünlerin mühendislik yönünden uygun tasarlanıp projelendirilmiş depolarda pazar değerini koruyuncaya kadar muhafazasıyla olasıdır. Bu durumda üretim kadar hasat edilen ürünün muhafazası da son derece önem kazanmaktadır. Çünkü üretilen ürünler uygun koşullar altında muhafaza edilmediği ve tümü tüketiciye sağlıklı bir şekilde ulaştırılmadığı durumda üretimi artırma çabaları büyük bir anlam ve önem taşımamaktadır. Bundan dolayı üretim kadar, üretilen ürünün ne ölçüde muhafaza edildiği ve hijyenik bir gıda olarak tüketiciye ulaştırılması da gıda güvenliği açısından önemlidir.

Yapılan modal analiz sonuçlarına göre, farklı cidar kalınlıklarında iki tip model silonun farklı mod değerlerinde birbirinden farklı değişim gösterdikleri ve 10 farklı moddaki frekans değerleri belirlenmiştir. Farklı cidar kalınlıklarında modal analiz sonuçlarına göre doğal frekans değerleri cidar kalınlığının artışı ile artmıştır. Modellerde cidar kalınlığının artması ile silo cidarında oluşabilecek yer değiştirme ve von Mises gerilmeleri gibi tasarım parametrelerinin cidar üzerinde daha az bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Araştırma kapsamında elde edilen modal analiz sonuçlarına ilişkin mod değerleri *Dooms ve ark.* (2006a; 2006b), *Holler ve Meskouris* (2006), *Azadi ve Soltani* (2010) tarafından elde edilmiş sonuçlarla benzerlik göstermektedir. *Singh ve ark.* (2008) farklı yükseklik/çap oranlarında siloda modal analiz sonucunda doğal frekans değişimini incelemişler ve sonuç olarak yükseklik/çap oranının artması ile silonun doğal frekanslarının arttığını belirlemişlerdir. Bu çalışmaya benzer sonuçlar *Moeini ve Ahmadian* (2009) tarafından da bulunmuştur. Bu çalışmada da yükseklik/çap oranının (Silo 2 için 2.25, Silo 1 için 2.3) artmasıyla doğal frekanslarda artış olduğu belirlenmiştir.

ANSYS ile yapılan analizlerde özellikle Silo 1 için doldurma ve boşaltma koşullarında gerek cidar kalınlığının ince olması, gerekse yatay ve düşey basıncın uyguladığı aşırı basınç zorlanması nedeniyle 3 mm cidar kalınlığından sonuç alınamamıştır.

Buğday silolarına ilişkin doldurma koşullarında Eurocode 1 ile hesaplanmış basınç yükülerinin silo cidarı üzerinde (gerek silindir bölge gerekse de huni bölgesi) neden olduğu von Mises gerilmeleri açısından değerlendirildiğinde; yatay basınç yönünden Silo 1 için 4, 5, 6 mm’nin ve Silo 2 için 3, 4, 5, 6 mm’nin, düşey basınç yönünden Silo 1 için 4, 5, 6, 7 mm’nin ve Silo 2 için 3, 4, 5, 6 mm’lik cidar kalınlıklarının konstrüksiyon malzemesi olan çeliğin hesap akma dayanım değerinden (188000 kPa) büyük olması nedeniyle emniyetli olmadığı ancak diğer tüm cidar kalınlıkları ve sürtünme çekmesinin ise tüm kalınlıklar yönünden emniyetli oldukları saptanmıştır.

Boşaltma koşullarında ise; yatay basınç yönünden Silo 1 için 4, 5, 6 mm'nin konstrüksiyon malzemesi olan çeliğin hesap akma dayanım değerinden (188000 kPa) büyük olması nedeniyle emniyetli olmadıkları ancak diğer cidar kalınlıkları ve sürtünme çekmesi yönünden tüm kalınlıkların emniyetli oldukları belirlenmiştir.

Araştırma sonucunda elde edilen bulgular Kovtun ve Platonov (1959), Negi ve Jofriet (1986), Teng ve Rotter (1991), Blight (1992), Goodey ve Brown (2004), Juan ve ark. (2006), Vidal ve ark. (2006) ve Vidal ve ark. (2008)'nin sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Kovtun ve Platonov (1959) yaptıkları çalışmalarında yatay basıncın ve gerilmelerin silindir kısımdan huniye geçişte maksimum olduğunu bildirmişlerdir. Siloda doldurma işlemi devam ettikçe depolanmış ürünün dayanımı ile silo içerisinde konsolidasyon oluşabileceğini ve bu konsolidasyonda hava basıncı ile aşırı basınç etkisi yaratacağından silo cidar malzemesinin bu basınçları karşılayacak şekilde seçilmesi gerektiğini, aksi takdirde siloda patlama, çökme ve deformasyonların oluşacağını belirtmişlerdir. Askegaard ve ark. (1971), Nielsen, (1984), Blight, (1992), Vidal ve ark. (2005) ve Nielsen, (2008) merkezi boşaltmanın yapıldığı silolarda yatay basıncı deneysel olarak ölçmüşlerdir. Sonuç olarak silonun bazı lokasyonlarında deformasyonlar gözlemlenmiş ve bu deformasyonların çoğunlukla geçiş bölgesinin alt ve üst kısımlarında olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada da geçiş bölgelerinde deformasyonlar belirlenmiş olup sonuçlar diğer araştırmacıların elde ettiği sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

Nielsen (1983), Negi ve Jofriet (1986) ile Nielsen ve Weidne (1998) silolar üzerinde yapmış oldukları çalışmalarında yatay basıncın silonun tepe noktasından geçiş bölgesine doğru arttığını, geçişin alt bölgesinden çıkış ağzına doğru ise azaldığını bildirmişlerdir. Teng ve Rotter (1991), çelik bir siloda doldurma esnasında yatay basıncın silodaki von Mises gerilmelerinin geçiş bölgesinde maksimum olduğunu ve deformasyonlara yol açtığını tespit etmişlerdir. Bu bağlamda oluşan bu deformasyonları ortadan kaldırmak için geçiş bölgesindeki cidar kalınlığının artırılmasını önermişlerdir. Mevcut çalışmada da model siloların tepe noktasında basınç yüklerinin, sıfır çıkış ağzına doğru artış gösterdiği belirlenmiştir.

Blight (1992) merkezi doldurmanın yapıldığı çelik bir siloda yatay basıncın değişimini deneysel olarak incelemiştir. Sonuç olarak silo yüksekliğinin artması ile silo yüzeylerindeki yatay basıncın arttığını saptamıştır. Goodey ve Brown (2004) 10 m yüksekliğinde ve 1.5 m çapında oluşturmuş olduğu model bir siloda yatay basıncın cidarlar üzerinde oluşturduğu gerilmeleri farklı huni eğim açıları (15°, 30°, 45°, 60°, 70°) açısından incelemiştir. Çalışma sonucunda huni eğim açısının artmasıyla hunide oluşan gerilmelerin arttığını ve aynı zamanda gerilme artışının huninin bazı lokasyonlarında deformasyonlara neden olduğunu belirlemişlerdir.

Juan ve ark. (2006), farklı cidar kalınlıklarında (1, 1.5, 2 mm) doldurma koşullarında huni cidarları üzerinde yatay basıncın oluşturduğu gerilmeleri araştırmışlardır. Çalışmada en düşük gerilme değerinin 2 mm cidar kalınlığında, en yüksek gerilme değerinin ise 1 mm cidar kalınlığında olduğunu belirlemişlerdir. Vidal ve ark. (2006), çelik aksamı bir siloda yükseklik - gerilme değişimini araştırmışlar ve araştırma sonucunda gerilmelerin basma ve çekme gerilme şeklinde olduğunu ayrıca bazı lokasyonlarda deformasyonların oluştuğunu gözlemlenmişlerdir. Ayrıca silonun geçiş bölgesi etrafında gerilmelerin maksimum oluştuğunu, çıkışta ise minimum olduğunu belirtmişlerdir. Rotter (2008) çalışmasında, doldurma esnasında silo tam doldurulana kadar basınçların kademeli olarak artış gösterdiğini saptamıştır. Yani doldurma işlemi başladığında silonun çıkış ağzında basınç değerinin düşük olduğunu, sonra geçiş bölgesine doğru arttığını, daha sonra tepe noktasına doğru tekrar azaldığını ifade etmiştir. Kovtun ve Platonov (1959) silo yüksekliğinin artması ile düşey basıncın arttığını ve geçişte maksimum olduğunu ve aynı durumu silo yüzeyinde oluşan gerilmelerde de gözlemlenmişlerdir. Mark ve ark. (1999), doldurma esnasında sürtünme çekmesinin silo yüksekliğinin artışı ile arttığını ve sürtünme çekmesi basınç yükünün oluşturduğu gerilmelerin silo yüksekliğinin 1, 1.5 ve 2 m'de değişmediğini 0.5 m yükseklikte değişim gösterdiğini saptamışlardır. Wojcik ve ark. (2003) boşaltma koşullarında yatay basıncın siloda oluşturduğu gerilmelerin etkisini sonlu elemanlara göre değerlendirmişler ve sonuçta hunide maksimum gerilmenin geçişte olduğunu, huni çeperlerine doğru deformasyonların olduğunu ifade etmişlerdir. Juan ve ark. (2006), farklı cidar kalınlıklarında (1, 1.5, 2 mm) huni cidarları üzerinde sürtünme çekmesinin cidarlar üzerinde oluşturduğu gerilmeleri incelemişler ve en düşük gerilme değerinin 2 mm cidar kalınlığında olduğunu tespit etmişlerdir. Brown (2008), siloda boşaltma esnasında huni tasarımının diğer silo elemanlarının tasarımına göre kompleks olduğunu ve EN 1991-4 huni tasarımında iki ana basıncın (cidar normal basınçları ve sürtünme çekmesi) düşünülerek tasarım yapılması gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca huni bölgesine geçişte oluşan yatay basınçlar, gerilme ve sürtünme çekmesi üzerine depolanmış ürünün birim ağırlığının ve huni geometrisinin son derece önemli olduğunu tespit etmiştir.

SONUÇ

Çalışma kapsamında buğday tahılı silosuna ilişkin 64 farklı simülasyon yapılmıştır. Yapılan 64 simülasyon sonucunda buğday tahılının muhafazası için tasarlanan 8 farklı cidar kalınlığında Silo 1 ve Silo 2'de en fazla von Mises gerilmesi değeri doldurma koşullarında düşey basınç durumunda elde edilirken, boşaltma koşullarında ise

yatay basınç durumunda elde edilmiştir. İki farklı siloda von Mises gerilmelerinin maksimum değerleri huni başlangıç bölgesinde veya buraya yakın yerlerde meydana gelmiştir. Bu duruma huni bölgesinde oluşan basıncın maksimum olması ve depolanacak ürünlerin bu bölgeyi daha fazla zorlaması neden olmaktadır. Silolanacak buğday tahılının yaratacağı basınç etkisi ve depolama kapasitesi göz önüne alındığında siloda kalıcı deformasyona yol açmayacak optimum cidar kalınlıkları yönünden uygun silo tipinin Silo 1 ve 8 mm cidar kalınlığının olduğu belirlenmiştir.

Silolar, mühendislik alanları arasındaki tasarımı zor olan yapılardan birisidir. Bu araştırma sonucunda elde edilen bulgulara göre buğday silolamada kullanılacak silo konstrüksiyonunun üniform olmayan basınç yükleri nedeniyle kolayca deforme olabildiği gözlemlenmiştir. Buğday muhafazasında kullanılacak silindirik gövdeli konik çıkış ağızlı siloların tasarımı yapılmadan önce mutlaka doldurma ve boşaltma koşullarındaki yatay, düşey ve huni basınçları hesaplanmalıdır. Buna bağlı olarak silo inşası öncesinde ANSYS veya herhangi bir yazılım yardımı ile gerekli simülasyonların yapılması konstrüksiyona yönelik aksaklıkların önceden giderilmesi açısından önemlidir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

YAZAR KATKISI

Hakan Kibar; çalışmanın tasarlanması, simülasyonların yapılması, elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve makale yazma işlemlerinin tümünü gerçekleştirmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmaya 2012-FBE-B20 proje numarası ile destek sağlayan Iğdır Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkür ederim.

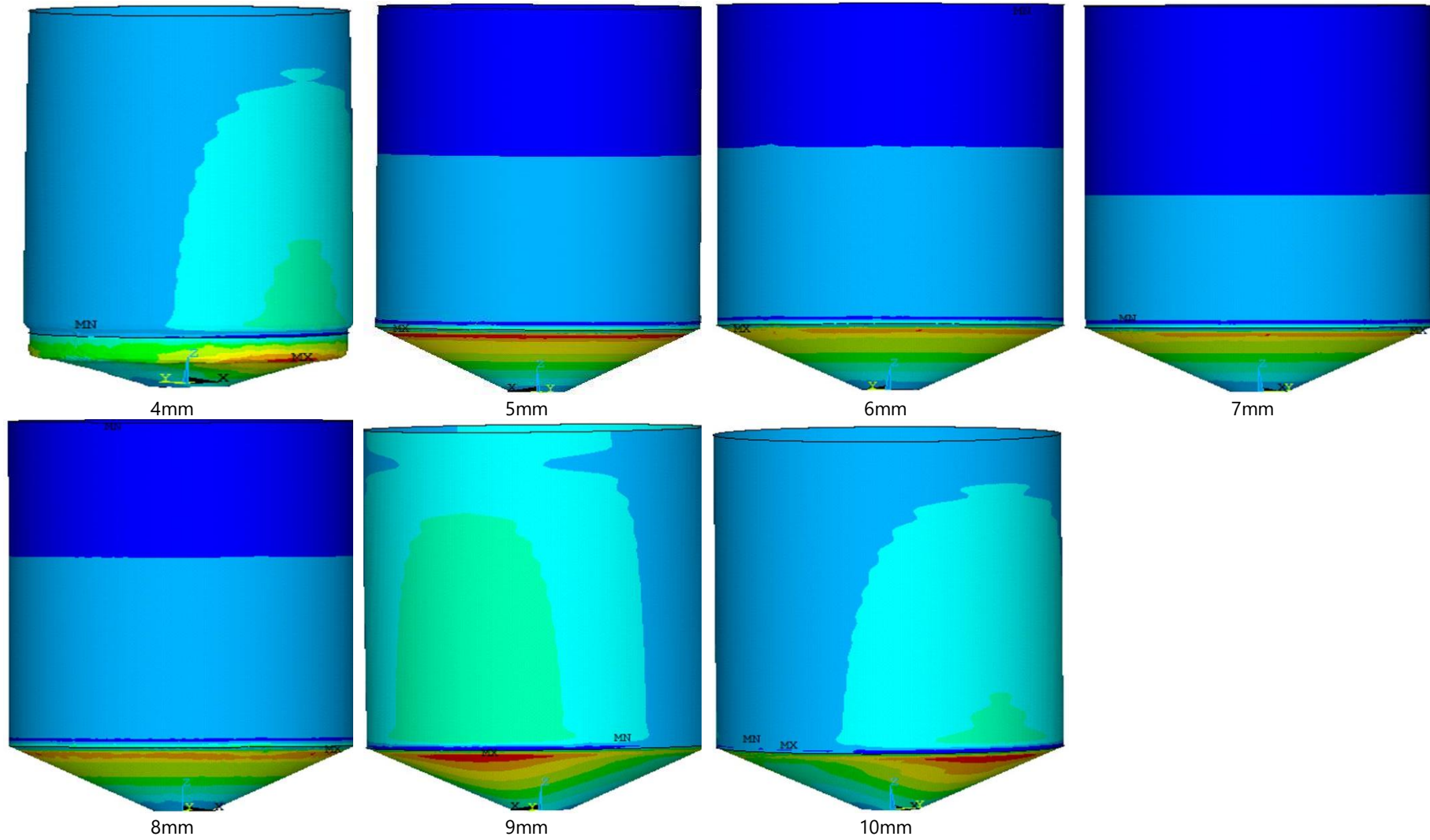
KAYNAKLAR

- ACI. (1997). *Standard 313-97: Standard Practice for Design and Construction of Concrete Silos and Stacking Tubes for Storing Granular Materials*. Farmington Hills, Michigan, US.
- ANSYS Inc. (2013). ANSYS Theory Manual Release 14.0. Swanson Analysis System, USA.
- Askegaard, V., Bergholdt, M., & Nielsen, J. (1971). Problems in connection with pressure cell measurements in silos. *Bygningsstatistiske Meddelelser, 2*.
- Ayuga, F., Aguado, P., Gallego, E., & Ramírez, A. (2006). *Experimental tests to validate numerical models in silos design*. In 2006 ASAE Annual Meeting (p. 1), American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Azadi, M. R. E., & Soltani, A. A. (2010). The effects of soil-foundation-structure interaction on the dynamic response of Delijan cement-storage silo under earthquake loading. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering, 15*, 659-76.
- BIS. (1974). *Criteria for Design of Reinforced Concrete Bins for the Storage of Granular and Powdery Materials*. Bureau of Indian Standard.
- Blight, G. E. (1992). Design implications of measured pressures and strains in silos. *Journal of Structural Engineering, 118*(10), 2729-2742.
- Brown, C. J. (2008). *Developments in the design of rectangular plan form silos. proceedings of the international conference on structures and granular solids: from scientific principles to engineering applications*, The Royal Society of Edinburgh, Scotland, UK.
- CEN. (2007). *Eurocode 1: Actions on Structures, Part 4: Silos and Tanks*. European Committee for Normalisation, Brussels.
- Dooms, D., Degrande, G., De Roeck, G., & Reynders, E. (2006a). Finite element modelling of a silo based on experimental modal analysis. *Engineering Structures, 28*(4), 532-542.
- Dooms, D., De Roeck, G., & Degrande, G. (2006b). *Influence of the group positioning of cylinders on the wind pressure distribution in the post-critical regime*. In ECCOMAS CFD 2006: Proceedings of the European Conference on Computational Fluid Dynamics, Egmond aan Zee, The Netherlands.
- Eurocode 1. (2003). *Basis of Design and Actions on Structures (EN 1991-4), Part 4: Actions in Silo and Tanks*. European Committee for Standardisation, Brussels.

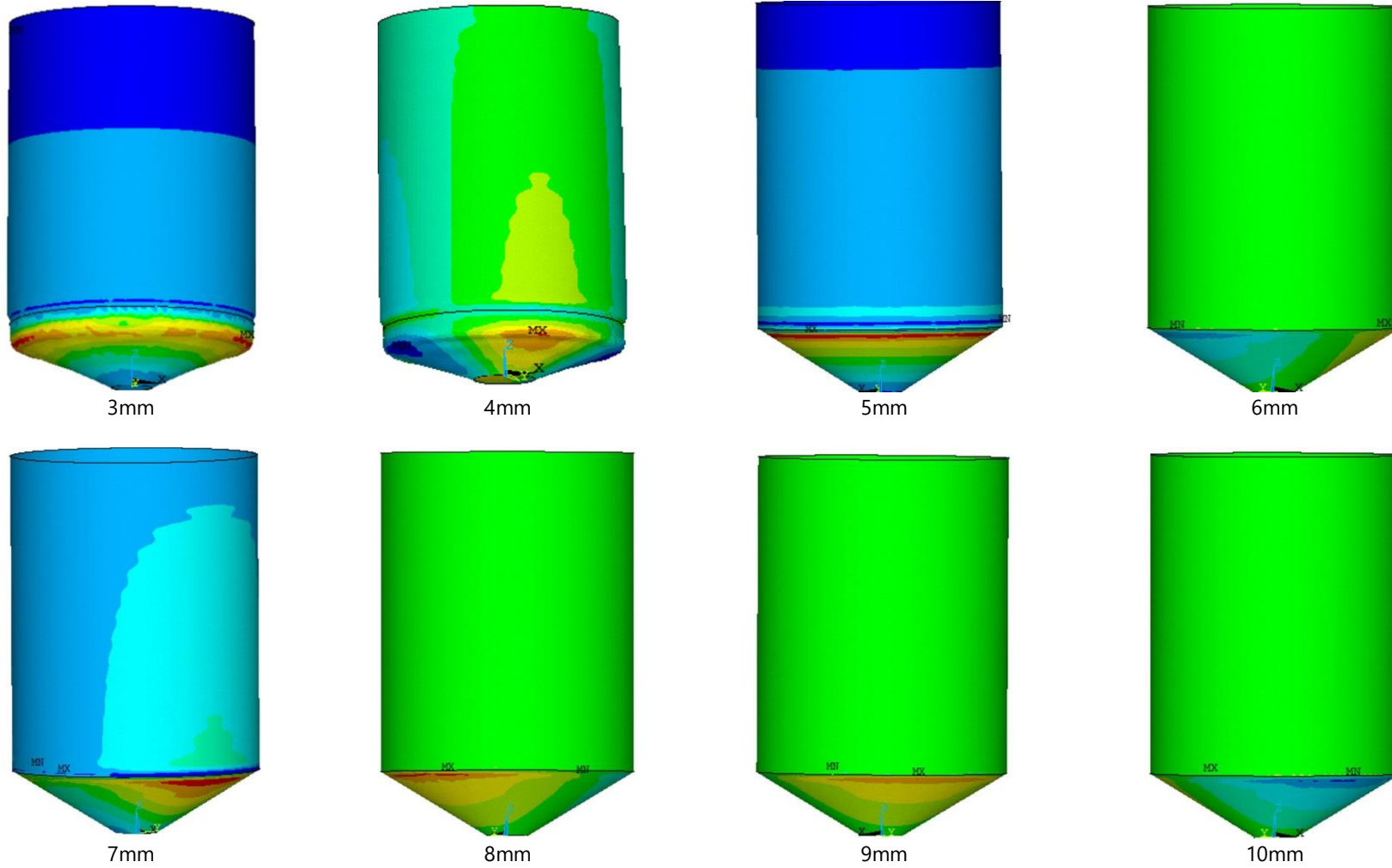
- Eurocode 3. (2004). *Design of Steel Structures (EN 1993-1-3), Part 1-3: General Rules- Supplementary Rules for Cold Formed Thin Gauge Members and Sheeting*. European Committee for Standardisation, Brussels.
- Gallego, E., Rombach, G. A., Neumann, F., & Ayuga, F. (2010). Simulations of granular flow in silos with different finite element programs: ANSYS vs. Silo. *Transactions of the ASABE*, 53(3), 819-829.
- Goodey, R. J., & Brown, C. J. (2004). The influence of the base boundary condition in modelling filling of a metal silo. *Computers & Structures*, 82(7-8), 567-579.
- Guaita, M., Couto, A., & Ayuga, F. (2003). Numerical simulation of wall pressure during discharge of granular material from cylindrical silos with eccentric hoppers. *Biosystems Engineering*, 85(1), 101-109.
- Guines, D., Ragneau, E., & Kerour, B. (2001). 3D finite-element simulation of a square silo with flexible walls. *Journal of engineering Mechanics*, 127(10), 1051-1057.
- Holler, S., & Meskouris, K. (2006). Granular material silos under dynamic excitation: numerical simulation and experimental validation. *Journal of Structural Engineering*, 132(10), 1573-1579.
- Horabik, J., & Molenda, M. (2017). Distribution of static pressure of seeds in a shallow model silo. *International Agrophysics*, 31(2), 167.
- Janssen HA (1895). Investigations of pressure of grain in silo (in German). *Vereins Eutscher Ingenieure Zeitschrift*, 39, 1045-1049.
- Jayachandran, L. E., Nitin, B., & Rao, P. S. (2019). Simulation of the stress regime during grain filling in bamboo reinforced concrete silo. *Journal of Stored Products Research*, 83, 123-129.
- Juan, A., Moran, J. M., Guerra, M. I., Couto, A., Ayuga, F., & Aguado, P. J. (2006). Establishing stress state of cylindrical metal silos using finite element method: Comparison with ENV 1993. *Thin-Walled Structures*, 44(11), 1192-1200.
- Kibar H. (2011). *Tombul fındık depolamasında tane özelliklerine bağlı olarak ANSYS programıyla optimum silo tasarımı*. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Kibar, H. (2016). Determining the functional characteristics of wheat and corn grains depending on storage time and temperature. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(4), 749-759.
- Kibar, B., & Kibar, H. (2017). Determination of the nutritional and seed properties of some wild edible plants consumed as vegetable in the Middle Black Sea Region of Turkey. *South African Journal of Botany*, 108, 117-125.
- Kibar, H., & Kibar, B. (2019). Changes in some nutritional, bioactive and morpho-physiological properties of common bean depending on cold storage and seed moisture contents. *Journal of Stored Products Research*, 84, 101531.
- Kovtun, A. P., & Platonov, P. N. (1959). Davlenie zerna na stenki silosov elevatorov [Grain loads on the silo walls]. *Mukomolno Elevatornaia Promyshlennost*, 25(12), 22-24 (Thompson ve ark. 1995'den alıntı).
- Lapko, A. (2010). Pressure of agricultural bulk solids under eccentric discharging of cylindrical concrete silo bin. *International Agrophysics*, 24(1), 51-56.
- Manbeck, H. B., Puri, V. M., & Britton, M. G. (1995). Structural loads in grain storages. *DS Jayas, ND G White, and WE Muir*, 465-526.
- Mark, J., Holst, F. G., Ooi, J. Y., Rotter, J. M., & Rong, G. H. (1999). Numerical modeling of silo filling 1: Continuum analysis. *Journal of Engineering Mechanics*, 125, 94-103.
- Moeini, S. A., & Ahmadian, M. T. (2009). Structural analysis of stiffened fgm thick walled cylinders by application of a new cylindrical super element. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 58, 116-121.
- Nielsen, J. (1984). Pressure measurements in a full-scale fly ash silo. *Particulate Science and Technology*, 2(3), 237-246.
- Negi, S. C., & Jofriet, J. C. (1986). Computer-aided prediction of silo-wall pressures. *Applied Engineering in Agriculture*, 2(2), 148-152.
- Nielsen, J. (1983). *Load distribution in silos influenced by anisotropic grain behaviour*. International Conference on Bulk Materials Storage, Handling and Transportation. Newcastle, Australia.
- Nielsen, J. (1998). The choice of constitutive laws for silo media. In C. J. Brown, & J. Nielsen (Eds.). *Silos. Fundamentals of Theory, Behaviour and Design* (pp. 539-550). Spon press. Newyork, USA: CRC Press.
- Nielsen, J. (2008). *From silo phenomena to load models*. Proceedings of The International Conference on Structures and Granular Solids: From Scientific Principles to Engineering Applications, The Royal Society of Edinburgh, Scotland, UK.
- Reimbert, M. L., & Reimbert, A. M. 1987. *Silos. Theory and practice*. Vertical Silos, Horizontal Silos (Retaining Walls). Lavoisier Publishing.

- Singh, J., Sharma, V. R., & Khullar, N. K. (2008). *Analysis of hopper bottom cylindrical silos subjected to earthquakes*. In The 12th International Conference of International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics, Goa, India.
- Teng, J. G., & Rotter, J. M. (1991). Strength of welded steel silo hoppers under filling and flow pressures. *Journal of Structural Engineering*, 117, 2567-2583.
- Thompson, S. A., Galili, N., & Williams, R. A. (1995). Lateral pressures during filling of a full-scale grain bin. *Transactions of the ASAE*, 38(3), 919-926.
- Vidal, P., Guaita, M., & Ayuga, F. (2004). *Simulation of discharging processes in metallic silos*. In 2004 ASAE Annual Meeting (p. 1), American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Vidal, P., Guaita, M., & Ayuga, F. (2005). Discharge from cylindrical slender steel silos: finite element simulation and comparison with Eurocode 1. *Transactions of the ASAE*, 48(6), 2315-2321.
- Vidal, P., Gallego, E., Guaita, M., & Ayuga, F. (2006). Simulation of the filling pressures of cylindrical steel silos with concentric and eccentric hoppers using 3-dimensional finite element models. *Transactions of the ASABE*, 49(6), 1881-1895.
- Vidal, P., Gallego, E., Guaita, M., & Ayuga, F. (2008). Finite element analysis under different boundary conditions of the filling of cylindrical steel silos having an eccentric hopper. *Journal of Constructional Steel Research*, 64(4), 480-492.
- Walker, D., & Blanchard, M. (1967). Pressures in experimental coal hoppers. *Chemical Engineering Science*, 22(12), 1713-1745.
- Wójcik, M., Enstad, G. G., & Jecmenica, M. (2003). Numerical calculations of wall pressures and stresses in steel cylindrical silos with concentric and eccentric hoppers. *Particulate Science and Technology*, 21(3), 247-258.
- Wójcik, M., Sondej, M., Rejowski, K., & Tejchman, J. (2017). Full-scale experiments on wheat flow in steel silo composed of corrugated walls and columns. *Powder Technology*, 311, 537-555.
- Zheng, Q. J., & Yu, A. B. (2015). Finite element investigation of the flow and stress patterns in conical hopper during discharge. *Chemical Engineering Science*, 129, 49-57.

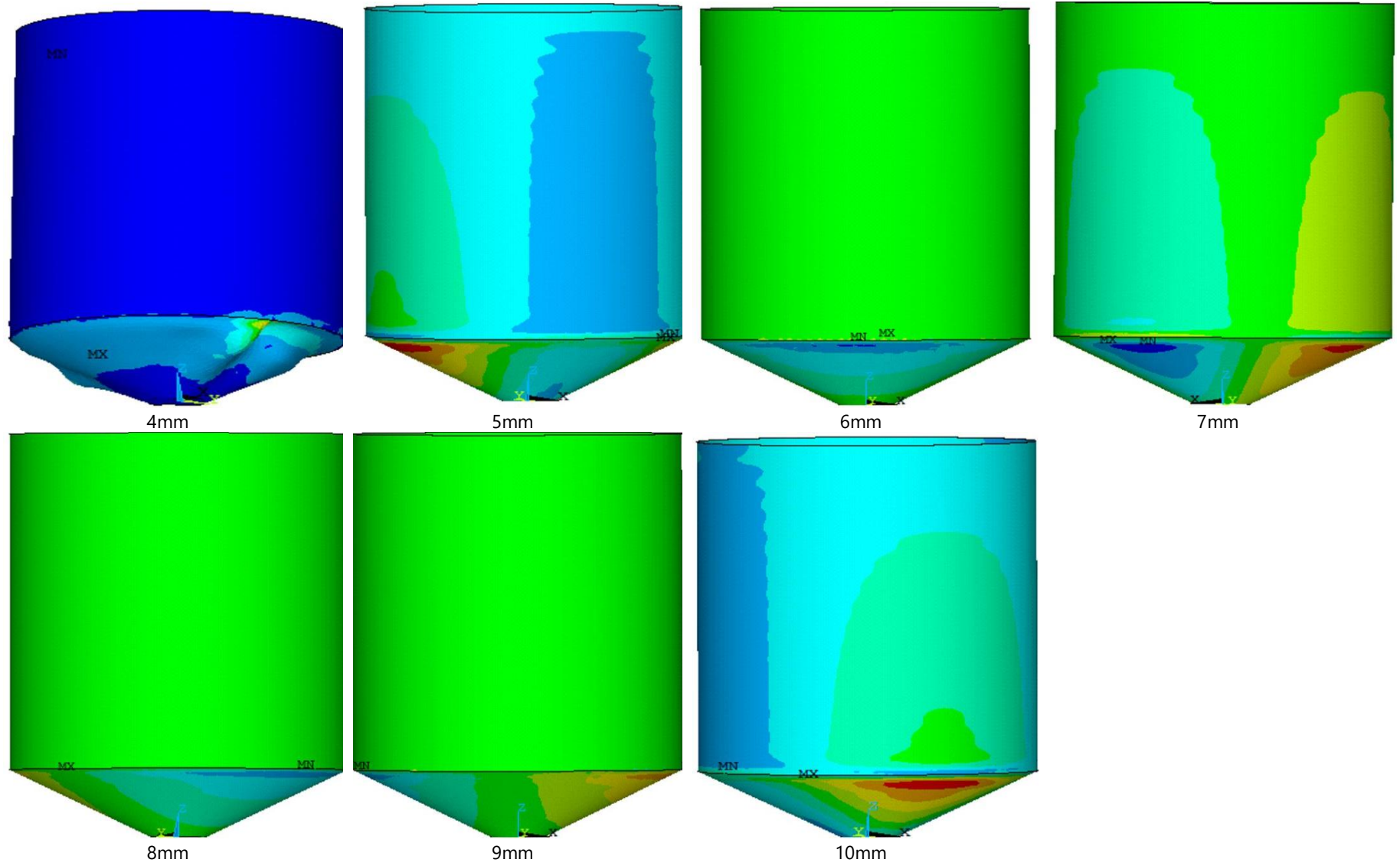
EKLER



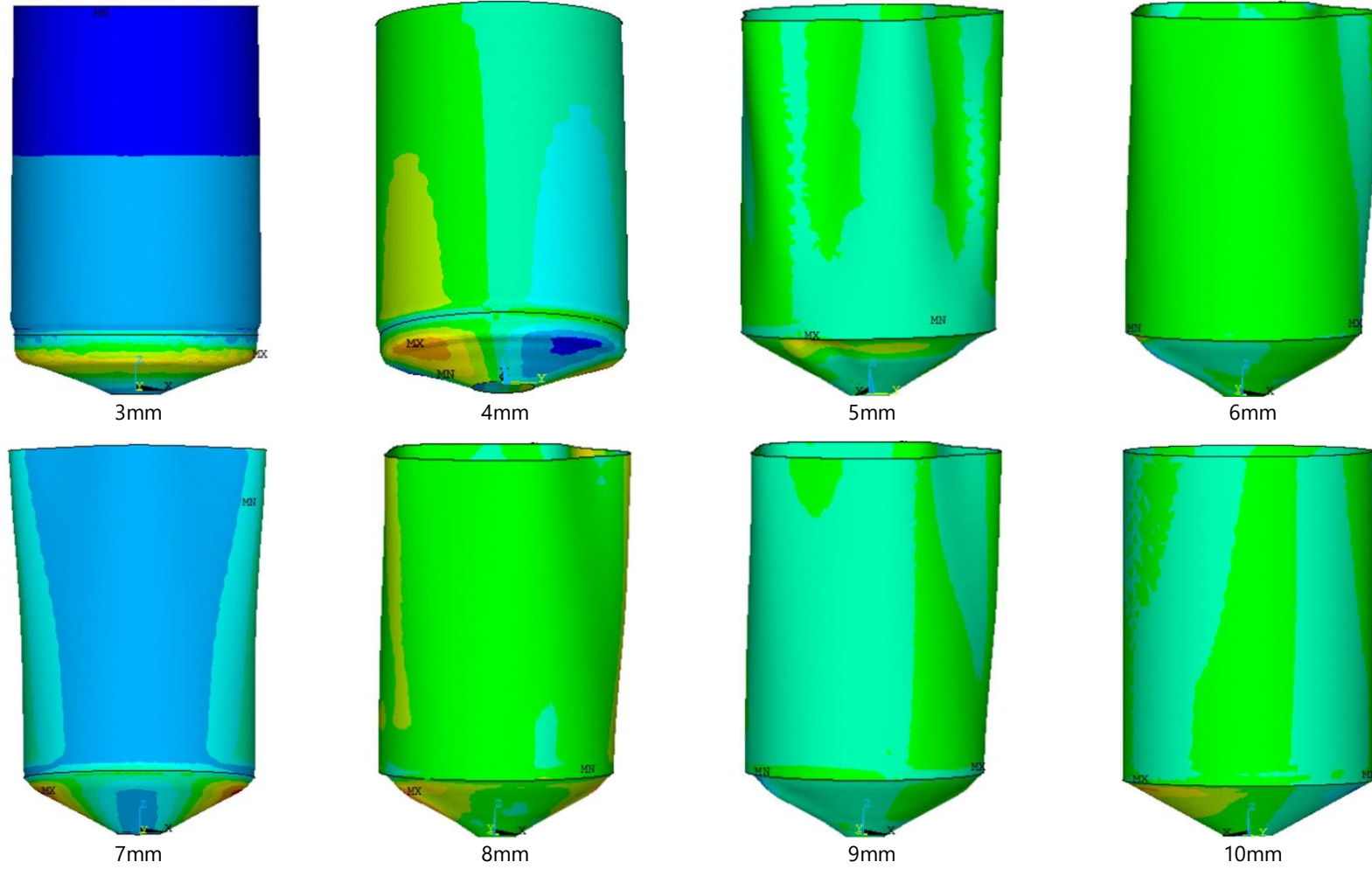
Ek 1. Doldurma koşullarında yatay basınç yükünün Silo 1 cidarı üzerinde oluşturduğu gerilme dağılımı.
Supplementary 1. The stress distribution created by the horizontal pressure load on Silo 1 wall under filling conditions.



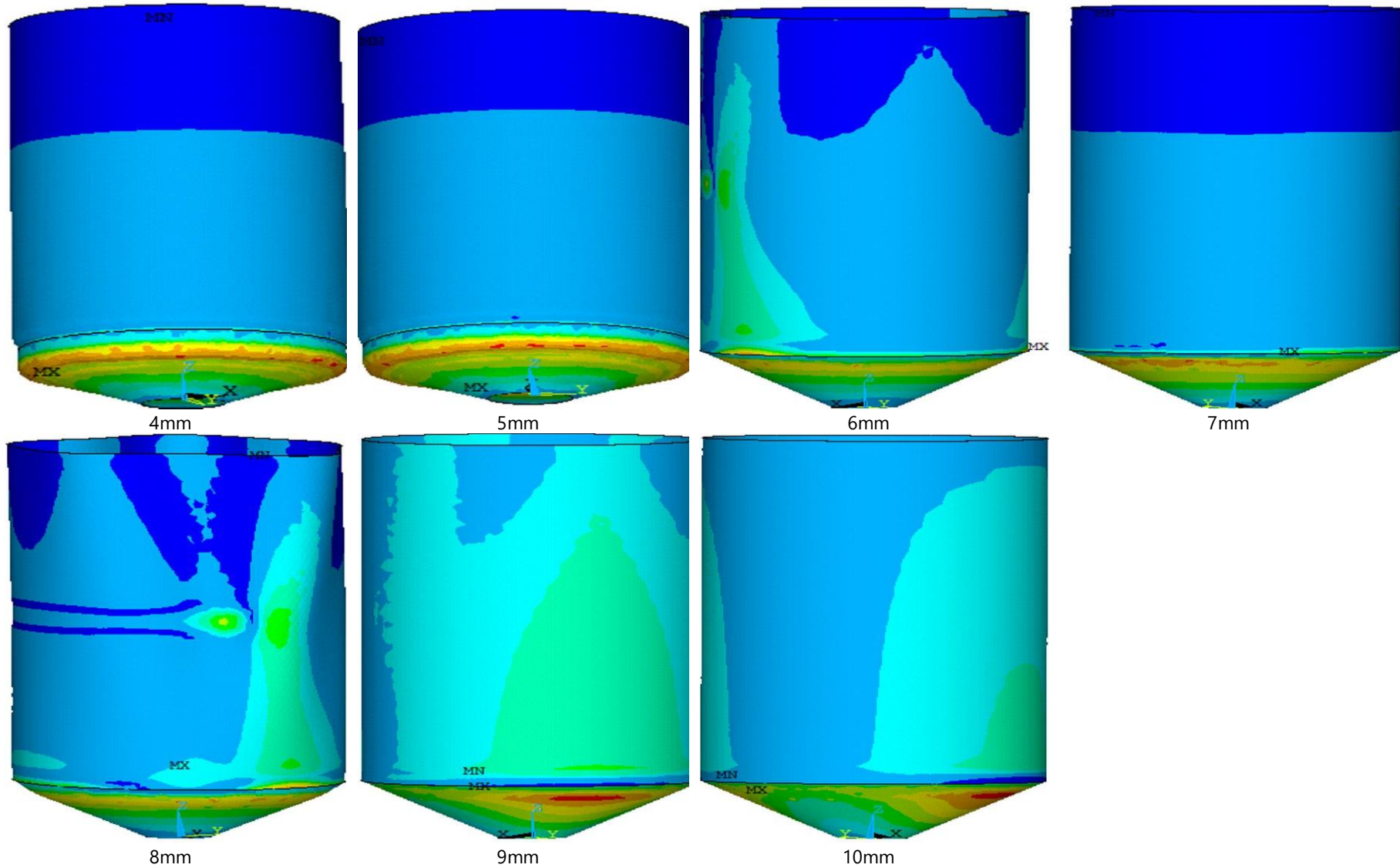
Ek 2. Doldurma koşullarında yatay basınç yükünün Silo 2 cidarı üzerinde oluşturduğu gerilme dağılımı.
Supplementary 2. The stress distribution created by the horizontal pressure load on Silo 2 wall under filling conditions.



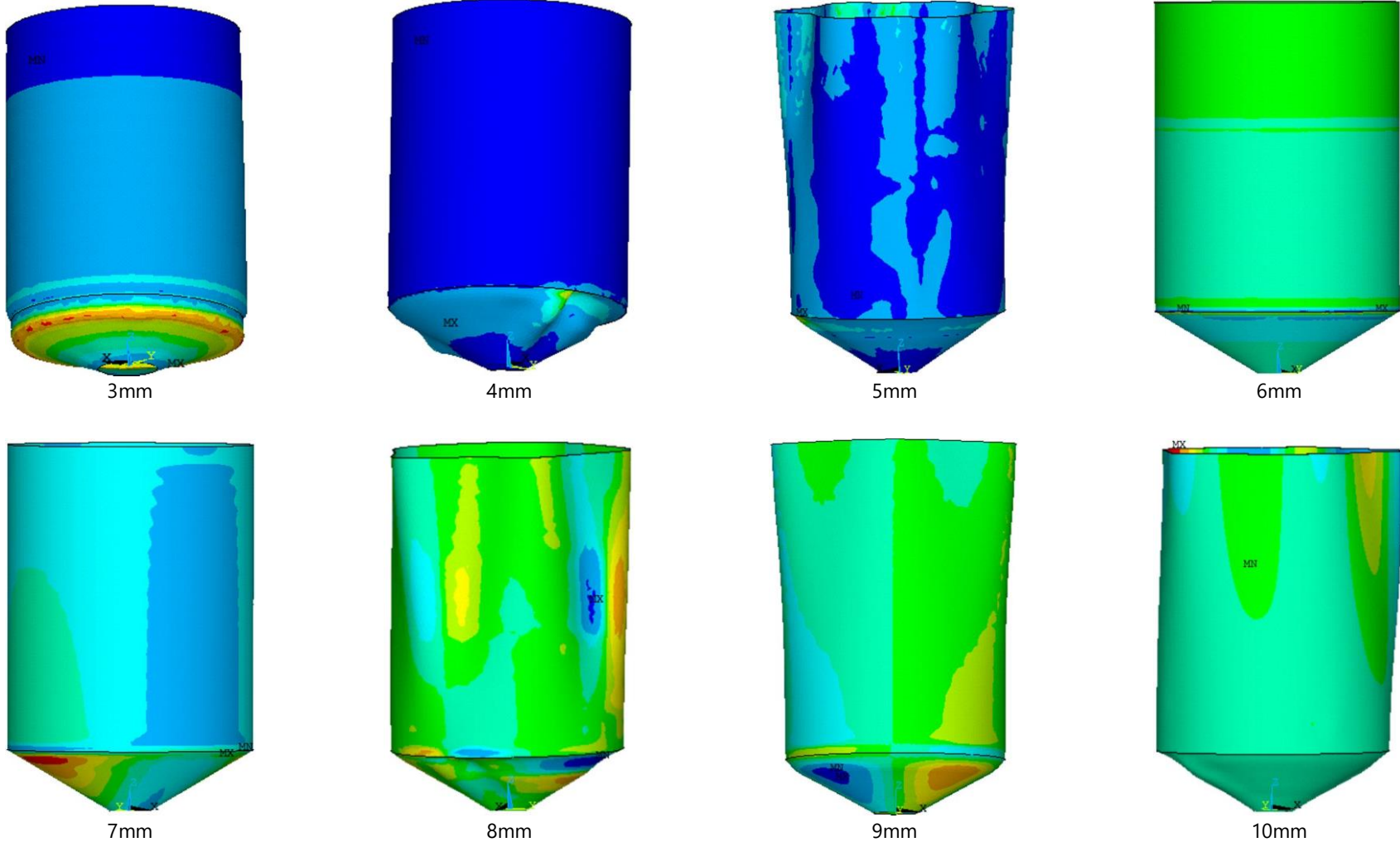
Ek 3. Doldurma koşullarında düşey basınç yükünün Silo 1 cidarı üzerinde oluşturduğu gerilme dağılımı.
Supplementary 3. The stress distribution created by the vertical pressure load on Silo 1 wall under filling conditions.



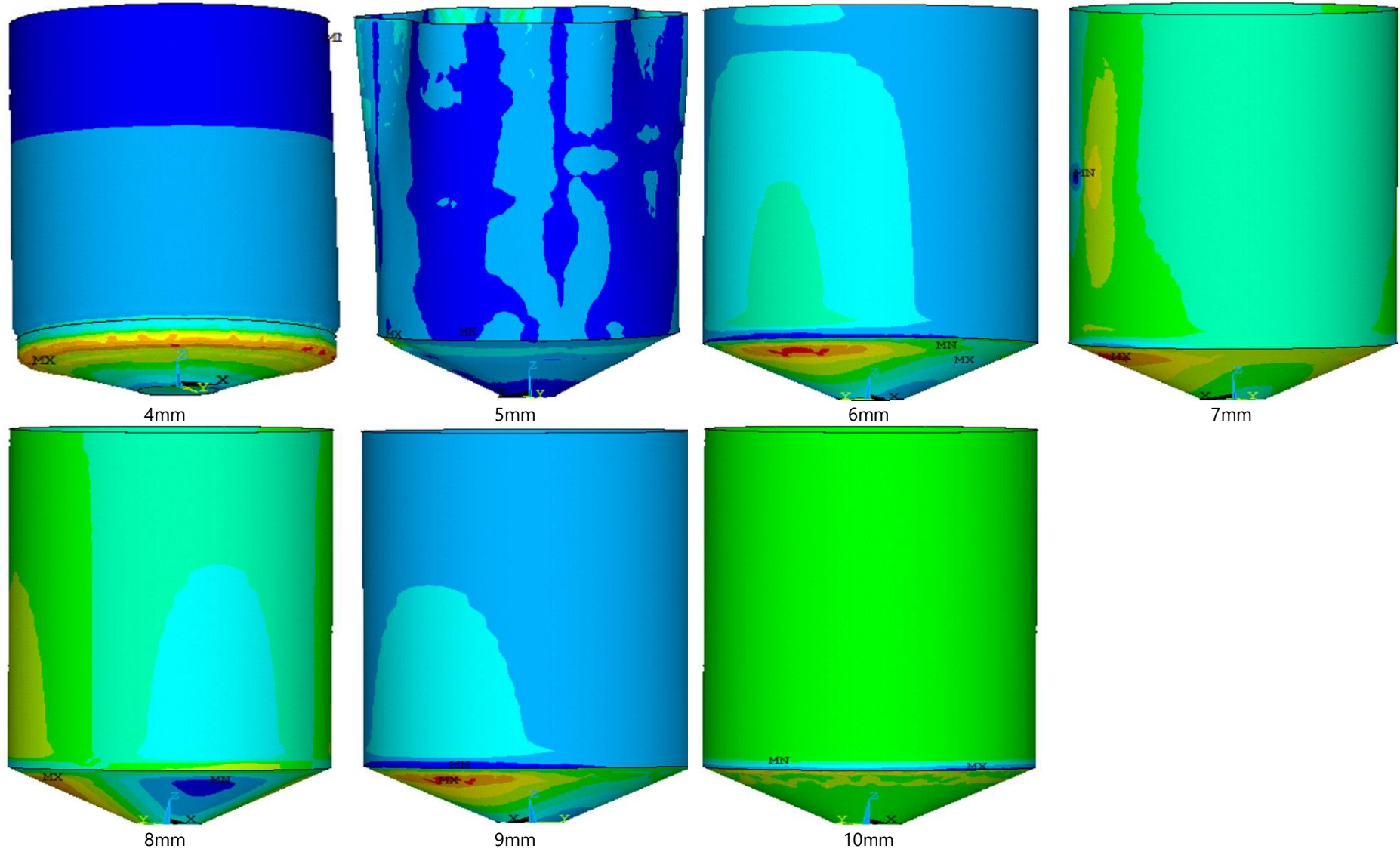
Ek 4. Doldurma koşullarında düşey basınç yükünün Silo 2 cidarı üzerinde oluşturduğu gerilme dağılımı.
Supplementary 4. The stress distribution created by the vertical pressure load on Silo 2 wall under filling conditions.



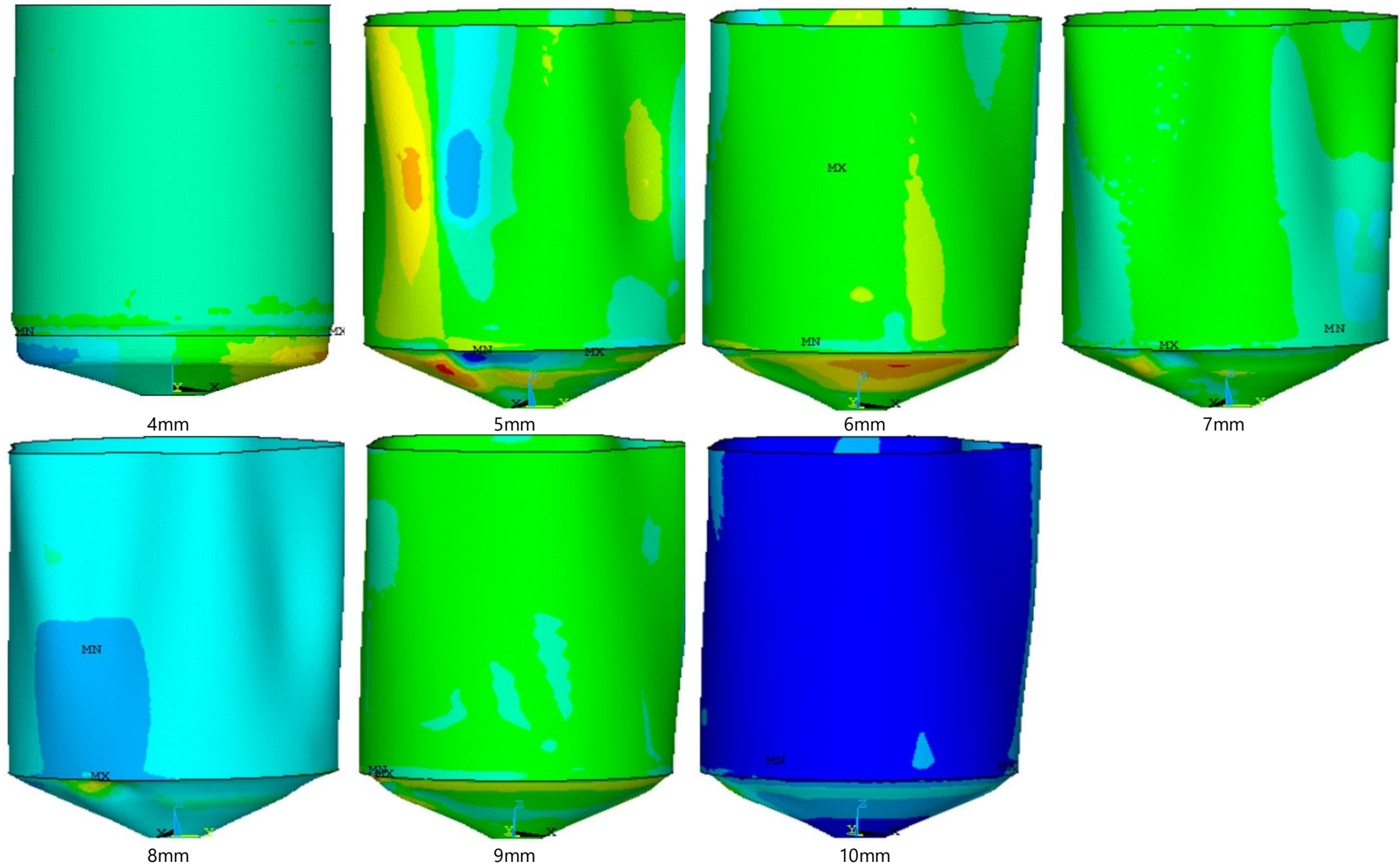
Ek 5. Doldurma koşullarında sürtünme çekmesi basınç yükünün Silo 1 cidarı üzerinde oluşturduğu gerilme dağılımı.
Supplementary 5. The stress distribution created by friction traction pressure load on Silo 1 wall under filling conditions.



Ek 6. Doldurma koşullarında sürtünme çekmesi basınç yükünün Silo 2 cidarı üzerinde oluşturduğu gerilme dağılımı.
Supplementary 6. The stress distribution created by friction traction pressure load on Silo 2 wall under filling conditions.



Ek 7. Boşaltma koşullarında yatay basınç yükünün Silo 1 cidarı üzerinde oluşturduğu gerilme dağılımı.
Supplementary 7. The stress distribution created by the horizontal pressure load on Silo 1 wall under discharge conditions.



Ek 8. Boşaltma koşullarında sürtünme çekmesi yükünün Silo 1 cidarı üzerinde oluşturduğu gerilme dağılımı.
Supplementary 8. The stress distribution caused by friction traction load on Silo 1 wall under discharge conditions.



Araştırma Makalesi

İç Anadolu'da İkinci Ürün Döneminde Yem Bezelyesi ve Bazı Tahıl Karışımlarının Farklı Ekim Sıklığında Yaş Ot Verimi ve Bazı Özellikleri

Onur İleri*, Şule Erkovan, Halil İbrahim Erkovan, Ali Koç

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Eskişehir

Geliş tarihi (Received): 27.04.2020

Kabul tarihi (Accepted): 05.11.2020

Anahtar kelimeler:

İkinci ürün, yem bezelyesi, karışık ekim, ekim sıklığı

Özet. Çalışmada 2018 ve 2019 yıllarında Eskişehir koşullarında buğday hasadını takiben yapılan ikinci ürün yem bezelyesi üretiminde farklı ekim sıklıkları (80, 100 ve 120 tohum m⁻²) ile farklı oranlarda karışıma dahil edilebilen bazı buğdaygil yem bitkilerinin (%25 ve %50 oranlarında yulaf, silajlık mısır ve sudan otu) bitki boyu, yaş ot üretimi, kuru madde oranı ve botanik kompozisyondaki yem bezelyesi oranına etkileri incelenmiştir. Bitki boyu ve baklagil oranı, yıllar ve karışık ekim uygulamaları arasında önemli değişim gösterirken, kuru madde oranı yalnızca karışık ekim uygulamaları arasında önemli değişim göstermiştir. Yaş ot verimi 2018 yılında 2019'a göre daha yüksek olurken, en yüksek yaş ot verimi 100 (2189.84 kg da⁻¹) ve en düşük yaş ot verimi 120 tohum m² (1841.68 kg da) ekim sıklığında tespit edilmiştir. Karışımlar arasında en yüksek yaş ot verimi 3619.02 kg da⁻¹ ile yem bezelyesine %50 azaltılmış silajlık mısır karıştırıldığında elde edilirken yalnız ekimde (850.14 kg da) en düşük olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre ikinci ürün yem bezelyesi üretiminde ekimin 100 tohum m² sıklığı kullanılarak ve %50 oranında azaltılmış silajlık mısır karıştırılarak yapılmasının verimi önemli ölçüde artırdığını ifade etmek mümkündür.

*Sorumlu yazar

oileri@ogu.edu.tr

Fresh Forage Yield and Some Characteristics of Forage Pea-Crop Mix Sowed Using Different Rates in Second Crop Season of Central Anatolia

Keywords:

Second crop, forage pea, intercropping, sowing rate

Abstract. The research was carried out to determine the effects of different sowing rates (80, 100, 120 seeds m²) of forage pea and seed mixtures (oat, silage maize and sudan grass at the rates of 25% and 50%) on plant height of the forage pea, fresh forage yield, dry matter ratio and rate of legume in Eskişehir ecological conditions as second crop production following the wheat harvest during 2018 and 2019. Plant height and rate of legume significantly varied between years and among the sowing rates but dry matter ratio varied only among the seed mixtures significantly. Fresh forage yield that was higher in 2018, had the highest value at the sowing rate of 100 seeds m² (2189.84 kg ha⁻¹) and the lowest at 120 seeds m² (1841.68 kg ha⁻¹). The highest fresh forage yield was recorded in the mixture of 50% silage maize seeds to forage pea (3619.02 kg ha⁻¹) while it was the lowest in conditions of sowing forage pea alone (850.14 kg ha). Results showed that sowing should be carried out using 100 seeds m² of forage pea and a mixture of 50% reduced silage maize to forage pea to increase the yield.

GİRİŞ

Ülkemizde hayvansal üretimdeki en büyük sorunlardan birisi kaliteli kaba yem açığı sebebiyle hayvansal üretimde istenilen verim performansının ortaya konulamamasıdır. Mevcut şartlarda bitkisel üretim deseninde ana ürün olarak üretim alanlarının artırılması söz konusu olmadığı için alternatif çözüm arayışları gündeme gelmiştir (Acar ve ark., 2016). Bu konuda bir diğer çözüm yolu da sulu tarım alanlarında tahıl hasadını takiben tek yıllık yem bitkilerinin yetiştiriciliğidir. Nitekim Eskişehir'de bu konuda yapılan çalışmalarda dekara 2 ton civarında yem bezelyesi yaş otu (Dereli, 2015), ve 9 ton civarında silaj mısır üretiminin (İleri ve ark., 2018) yapılabilir. Ekim nöbetine ikinci ürün olarak dahil edilebilen yem bezelyesi (*Pisum sativum* var. *arvense*) hayvan beslemede önemli bir kaba yem kaynağı olup (Uzun ve ark., 2012; Özköse, 2017; Tan ve Kadioğlu, 2018; Özdemir ve Tamkoç, 2019). baklagil olması nedeniyle de yetiştiriciliğinde yoğun azotlu gübreye ihtiyaç bulunmamaktadır (Açıkgöz, 2001; Acar ve Mülayim, 2014; Dereli, 2015; Gülümser ve ark., 2017). Son yıllarda yem bezelyesine ilgi artmış olup TÜİK (2019) verilerine göre ülkemizde ekim alanı 4 kat artmıştır.

Kaba yem üretimi amacıyla yapılan yem bitkileri yetiştiriciliğinde bitki sıklığı verimi önemli ölçüde etkilemektedir (Toğay ve ark., 2006; Kavut ve ark., 2016). Genel bir ifade ile bitki sıklığı belirli bir orana kadar arttıkça verimde artış eğilimi ortaya çıkmaktadır (Açıkgöz, 2001; Yılmaz, 2008). Ancak sıklığın fazla olduğu durumlarda bitkiler yatmakta ve çevresel kaynaklardan yeterince yararlanamamaktadır. Bunun sonucu olarak da verim ve kalitede azalış ortaya çıkmaktadır (Egli, 1988). Bu nedenle hem yüksek verimli hem de kaliteli kaba yem üretimi için uygun sıklığın ortaya konulması son derece önemlidir.

Yem bezelyesi üretiminde karşılaşılan problemlerden birisi de yatmadır (Tan ve Serin, 1997; Ay ve ark., 2017; Gülümser ve ark., 2017). Uzun boylu ve zayıf saplara sahip olan yem bezelyesinde yatma nedeniyle bitkide hem hasat zorluğu hem de verim ve kalitede önemli düşüşler ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle yem bezelyesinin sülükleri sayesinde tutunarak yatmadan dik gelişim gösterebilmesi için dik gelişen buğdaygiller ile karışık yetiştirilmektedir. Nitekim baklagil türlerinin buğdaygiller ile karışık yetiştirilmesi sonucu yabancı otların baskılandığı, üretimin arttığı, kaba yemin kalitesi ve enerji içeriğinin daha yüksek olduğu birçok araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur (Acar ve ark., 2006; Yıldırım ve Özaslan-Parlak, 2016; Ay ve ark., 2017; Gülümser ve ark., 2017; Yavuz, 2017). Ancak uygulanacak karışım oranlarının sonuçları farklı ekolojik şartlarda değişiklik göstereceği için uygun oranların belirlenmesine ihtiyacı vardır.

Çalışma, İç Anadolu Bölgesi'nin geçit kuşağı iklimini temsil edecek konumda olan Eskişehir'de yürütülmüştür. Farklı sıklıklarda (80, 100, 120 tohum m⁻²) ekilen yem bezelyesine ekim ile birlikte %25 ve %50 oranlarında yulaf (*Avena sativa* L.), silajlık mısır (*Zea mays* L.) ve Sudan otu (*Sorghum sudanense*) karıştırılarak bitki boyu, yaş ot verimi, kuru madde oranı ve baklagil oranına etkileri incelenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Çalışma, İç Anadolu Bölgesi'nin geçit kuşağı iklimini temsil eden özellikte olan Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Deneme Arazisinde 2018 ve 2019 olmak üzere iki yıl süreyle yürütülmüştür.

Deneme alanının 0-20 cm derinliğinden alınan toprak örnekleri Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Laboratuvarında analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre deneme alanı toprakları killi-tın bünye sınıfında, hafif alkali, tuzsuz, potasyumca zengin ve organik madde ile fosfor bakımından fakir olup orta seviyede kireçli yapıda bir özelliğe sahiptir.

Denemenin yürütüldüğü aylara ait ortalama sıcaklık, toplam yağış ve ortalama nem değerleri ile uzun yıllar ortalamaları Çizelge 1'de verilmiştir. Denemenin ilk yılı ikinci yıla göre ikinci ürün yetiştirme döneminde daha fazla yağış almış ve daha sıcak geçmiştir.

Çizelge 1. Denemenin yürütüldüğü 2018 ve 2019 yıllarında ilgili aylara ait iklim verileri.

Table 1. Meteorologic data of the experiment area in the related months of 2018 and 2019.

Aylar	Aylık Toplam Yağış (mm)			Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)			Aylık Ortalama Nispi Nem (%)		
	2018	2019	UYO	2018	2019	UYO	2018	2019	UYO
Temmuz	33.8	17.4	13.03	23.0	21.8	21.9	61.6	55.7	56.0
Ağustos	11.5	2.9	15.77	23.5	22.6	21.8	57.0	55.4	56.7
Eylül	4.6	6.6	12.98	19.1	18.8	18.0	58.8	57.7	59.3
Ekim	29.9	14.6	33.09	14.0	14.2	12.2	69.8	65.0	68.9
Top. Ort.	79.8	41.5	74.87	19.9	19.3	18.4	61.8	58.4	60.26

Buğday hasadını takiben ilk yıl 12 Temmuz, ikinci yıl 22 Temmuz tarihlerinde sulanıp tava getirilen toprak pulluk ile işlenmiş ve kültivatör ile hazırlanan tohum yatağına elle ekim yapılmıştır. Bezelyede sıra arası 30 cm ve 5 m boyundaki parsellere 5 sıra (7.5 m²) ekim yapılmıştır. Yem bezelyesi ekiminde 80, 100 ve 120 bitki m⁻² olacak şekilde ekim sıklığı ayarlanmıştır. Bu ekimin üzerine parsellere yalın ekiminin %25 veya 50'si sıklığında yulaf, silajlık mısır ve Sudan otu ekimi yapılmıştır. Bu amaçla yulafta 18 kg da (Başaran ve ark., 2018), silajlık mısır için 10.000 bitki da⁻¹ (Turgut ve ark., 2005) ve sudan otu için 2 kg da⁻¹ (Açıkgöz, 2001) ekim sıklıkları kullanılarak ekim yapılmıştır. Gübre uygulaması yapılmamış, ekimin ardından yağmurlama sistemi ile çıkış sulaması yapılmıştır. Takip eden sulama uygulamaları bitkilerin su ihtiyacı göz önüne alınarak yapılmıştır.

Hasat zamanı yem bezelyesine göre belirlenmiş ve Uzun ve ark. (2012)'nin belirttiği şekilde alt baklaların şekillendiği dönemde yapılmıştır. Hasat öncesi parsellerde rastgele seçilen 10 yem bezelyesinde toprak seviyesinden boy ölçümü yapılarak ortalama boy uzunluğu belirlenmiştir. Hasat, ilk yıl 15 Ekim ve ikinci yıl 4 Ekim tarihlerinde parselin en dış sıraları ve başlangıç ile sonundan 0.5 metrelik kısım kenar tesiri olarak atıldıktan sonra ortadaki 3 sıra biçilerek yapılmıştır. Biçilen örnekler yaş şekilde tartılarak yaş ot verimleri, sonrasında baklagil ve buğdaygil türleri ayrılarak tartılmak suretiyle ağırlığa göre türlerin kompozisyondaki payları belirlenmiş ve ardından örnekler 70 °C'de sabit ağırlığa gelene kadar (Cook and Stubbendieck, 1986) kurutularak da kuru madde oranları hesaplanmıştır.

Veriler SAS 9.3 programında tesadüf blokları deneme deseninde bölünmüş parseller düzenlemesine göre varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar TUKEY çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır (SAS Institute, 2011). Baklagil oranı ile ilgili varyans analizinde saf ekim bezelye verileri hariç tutulmuştur.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bezelyeye ait ortalama bitki boyu 123.15 cm olmuş ve bitki boyu ile ilgili yıllar ve ekim şekillerinin etkisi istatistiksel olarak önemli ($P \leq 0.01$) bulunmuştur. Yine yıl x ekim sıklığı x karışım oranı interaksyonu da önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Çalışmanın ilk yılında 145.36 cm olan bitki boyu ikinci yıl daha kısa (104.94 cm) ölçülmüştür. Ekim sıklıkları arasındaki boy farkı istatistiksel anlamda önemsiz olurken karışık ekim uygulamaları arasında en uzun boy 140.18 cm ile %50 silajlık mısır uygulamasından elde edilmiştir. Yalın ekilen bezelyeler en kısa boya (114.78 cm) sahip olmuştur. İlk yılda bezelyeye ait bitki boyları %50 silaj mısır karışımı parsellerinde kaydedilen bitki boyuna benzer olurken, ikinci yılda %50 silaj mısır karıştırılan parsellerden elde edilen değerler daha yüksek olmuştur. Yine ilk yılda ekim sıklıklarının bitki boyu üzerinde etkisi olmazken, ikinci yılda genel olarak 80 tohum m⁻² ekimleri daha yüksek boya sahip olmuştur (Şekil 1). Ortaya çıkan bu durum yıl x ekim sıklığı x karışım oranı interaksyonunun önemli çıkmasında etkili olmuştur.

Yaş ot verimi, ele alınan faktörlerin tüm seviyeleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılık ($P \leq 0.01$) göstermiş, ortalama yaş ot verimi 1998.86 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir. Varyans analizi sonucunda 3'lü interaksyon önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Çalışmanın ikinci yılında yaş ot verimi 2714.82 kg da⁻¹ ile ilk yıla göre (1282.91 kg da) oldukça yüksek bulunurken, ekim sıklıkları arasında m²'de 100 tohum uygulamasında en yüksek (2189.84 kg da) yaş ot verimi tespit edilmiştir. Çalışmada ele alınan karışık ekim uygulamalarında elde edilen yaş ot verimi, yalın ekime göre (850.14 kg da⁻¹) daha yüksek bulunurken, karışık ekimler arasında %50 silajlık mısırdan en yüksek (3619.02 kg da) ve %50 yulafta ise en düşük (1262.12 kg da) olarak kaydedilmiştir. Yıllara göre ekim sıklığı ve karışım oranına ait yaş ot verimleri parseller arasında belirgin farklar sergilemiştir (Şekil 2) Ancak her iki yılda da en yüksek verim %50 silaj mısır ile m²'ye 100 bezelye tohumu atılan parsellerde kaydedilmiştir.

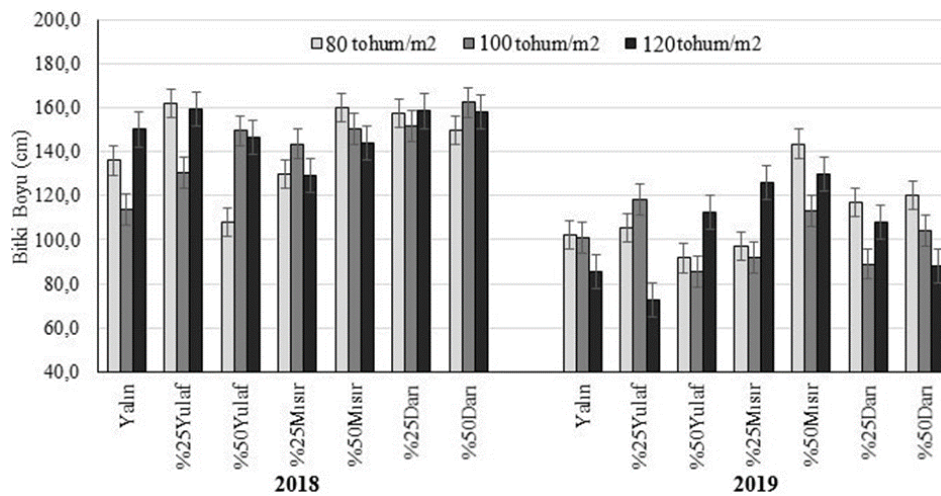
Ortalama %21.85 olan kuru madde oranı üzerine yıllar ile ekim sıklığının etkisi istatistiksel olarak önemli olmazken, ekim şekli ve 3'lü interaksyon önemli olmuştur. En yüksek kuru madde oranı %24.97 ile %50 Sudan otu karışımından elde edilmiş ve bu uygulamayı, %25 Sudan otu karışımından elde edilen kuru madde oranı (%24.51) takip etmiş ancak istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır (Çizelge 2). En düşük kuru madde oranı ise %50 silajlık mısır karışımında (%19.87) belirlenmiştir. Denemenin ilk yılında farklı ekim sıklığı ve karışımlarında m²'ye 100 ve 120 tohum ekilen parsellerde daha yüksek kuru madde oranı kaydedilirken, ikinci yılda fark gözlenmemiştir (Şekil 3). Yıllara göre ekim şekli ve sıklığında kuru madde oranı yönünden görülen farklılıklar 3'lü interaksyonun önemli çıkmasında etkili olmuştur.

Ortalama %58.92 olan bezelye oranı ilk yılda ikinci yıla göre daha yüksek olmuştur ($P \leq 0.01$). Ekim sıklığının bezelye oranı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli olmazken, yulaf parsellerinde diğer karışım parsellerine göre daha yüksek bezelye oranı kaydedilmiştir (Çizelge 2). İlk yılda karışık ekimlerde buğdaygil tür ve sıklığının üretilen otta bezelye oranı üzerine etkisi önemli olmazken, ikinci yılda silaj mısır ve Sudan otu sıklığı arttıkça üretilen otta bezelye oranı azalmıştır (Şekil 4). Bu durum üretilen otta bezelye oranı üzerine yıl x ekim sıklığının etkisinin önemli çıkmasına sebep olmuştur.

Çizelge 2. Ele alınan parametrelere ait ortalamalar ve varyans analizi sonuçları.

Table 2. Means and the results of ANOVA related to investigated parameters.

	Bitki Boyu (cm)	Yaş ot verimi (kg da)	Kuru madde oranı (%)	Baklagil oranı (%)
Yıl (Y)				
2018	145.36 a	1282.91 b	22.07	74.61 a
2019	104.94 b	2714.82 a	21.63	43.24 b
Ekim sıklığı (E)				
80 tohum m ²	127.27	1965.06 b	21.62	55.95
120 tohum m ²	121.84	2189.84 a	21.81	60.89
140 tohum m ²	126.38	1841.68 c	22.05	60.29
Karışımlar (K)				
Yalın Ekim	114.78 c	850.14 f	20.31 b	-
%25 Yulaf	124.87 bc	1567.57 d	21.09 b	64.57 a
%50 Yulaf	115.63 c	1262.12 e	20.96 b	64.48 a
%25 Mısır	119.67 bc	2462.03 b	21.24 b	50.60 b
%50 Mısır	140.18 a	3619.02 a	19.87 b	41.64 b
%25 Sudan otu	130.38 b	2036.36 c	24.51 a	48.56 b
%50 Sudan otu	130.55 b	2194.79 c	24.97 a	42.62 b
Ortalama	125.15	1998.86	21.85	58.92
Y	**	**	öd	**
E	öd	**	öd	öd
K	**	**	**	**
Y x E	öd	**	*	öd
Y x K	*	**	**	**
T x K	**	**	*	öd
Y x E x K	**	**	**	öd

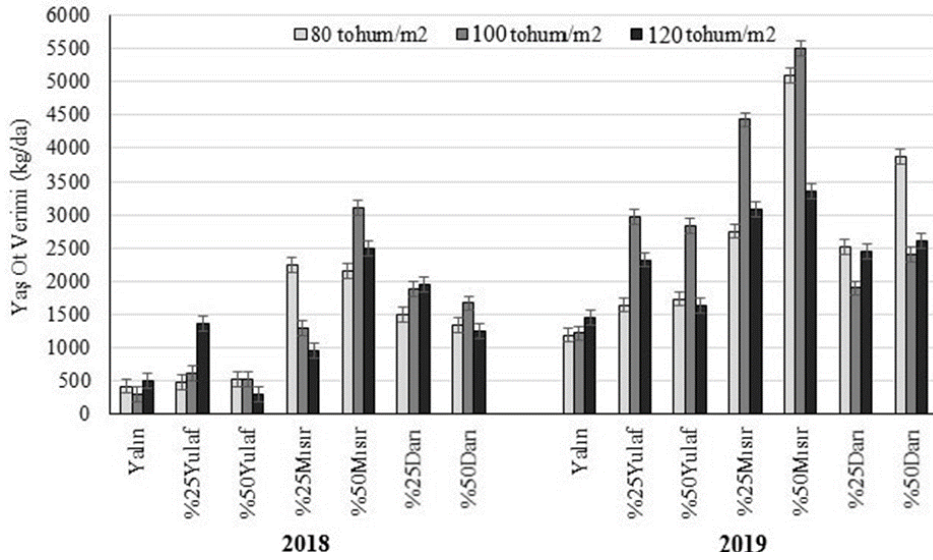


Şekil 1. Yem bezelyesinde bitki boyunun ekim sıklığı, karışım şekli ve yıllara göre değişimi.

Figure 1. Variation in plant height of forage pea in terms of sowing ratio, mix type and years.

Bezelye sınırsız büyüme özelliği olan bir bitkidir (Biddle, 2017) ve en iyi gelişmeyi 15-21 °C sıcaklık aralığında gösterir (Sattell ve ark., 1998). Denemenin ilk yılında serin iklimin hakim olduğu ekim ayında hasadın daha geç yapılmış olması sınırsız büyüme özelliğindeki yem bezelyesinde daha fazla boy uzamasına sebep olmuştur. Bu nedenle ilk yıl bitki boyu daha uzun olmuştur. Işığa rekabet belirli bir sıklığa kadar bitkilerde boy artışına sebep olabilmektedir (Singh ve ark., 2001; Toğay ve ark., 2006). Ancak denemede ele alınan bitki sıklıklarının birbirine yakın olması ışığa rekabeti tetikleyecek yoğunlukta olmaması nedeniyle ekim sıklıkları arasında bitki boyu yönünden farklılık ortaya çıkmamıştır. Benzer sonuçlar Seviş-Demir (2016) ve Ibrahim ve ark. (2019) gibi araştırmacılar tarafından da kaydedilmiştir. Ele alınan karışım şekillerinde %50 silaj mısır ile birlikte ekilen bitkilerde daha uzun boy elde edilmiştir. Bu durum iri habitüslü ve yüksek boylu olan mısır bitkisinin artan sıklığının sonucu bezelyenin ışığa ulaşmak için daha fazla boy uzatması nedeniyle gerçekleşmiş olabilir. Yıllar arasında ekim sıklığı ve karışım şekillerine bağlı olarak ortaya çıkan farklılıklar yıllar arasında iklimin farklı seyretmesinden

kaynaklanmıştır. İklim seyrinin bitkilerde gelişmeyi farklı şekilde etkilediğine vurgu yapan Tan ve Kadioğlu (2018)'nin bulguları da bu ifadeyi desteklemektedir.



Şekil 2. Yaş ot veriminin ekim sıklığı, karışım şekli ve yıllara göre değişimi.

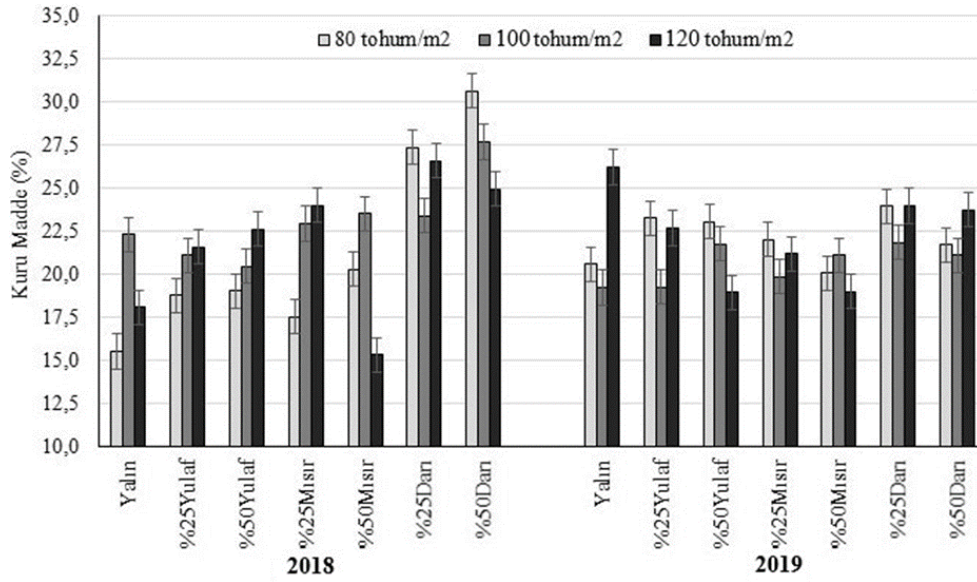
Figure 2. Variation of fresh forage yield in terms of sowing ratio, mix type and years.

Yem bezelyesinin yaş ot verimi çevresel şartlardan önemli şekilde etkilenmekle birlikte serin iklim bitkisi özelliğine sahip olması (Açıkgöz, 2001) nedeniyle özellikle ikinci ürün şartlarında yüksek sıcaklıklarla birlikte veriminde önemli ölçüde düşüş meydana gelmesi beklenmektedir. Çalışmanın yürütüldüğü aylarda sıcaklığın yüksek olması nedeniyle 2018 yılı yaş ot verimleri 2019 yılından oldukça düşük kalmıştır. Nitekim serinleyen havalarla birlikte bitkiler iyi geliştiği ve geç biçildiği için bu yılda bezelyeler daha uzun boylu olmuştur (Çizelge 2).

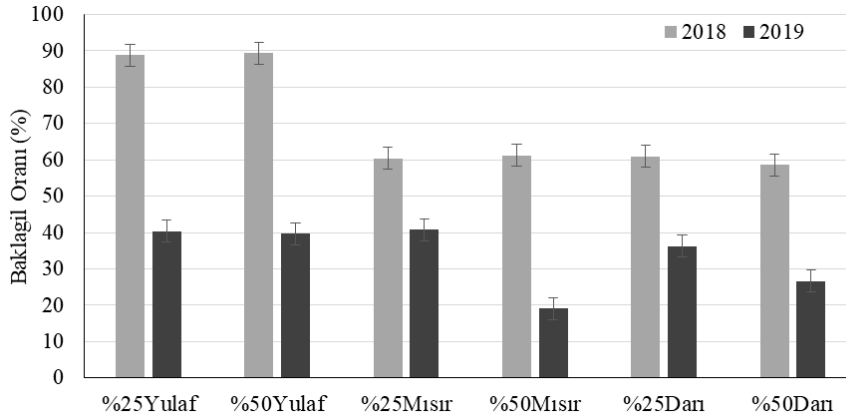
Bitki sıklığındaki artış verimi önemli ölçüde etkilemektedir. Genel olarak sıklıktaki artış belirli bir seviyeye kadar verimi artırmakta ancak sonrasında verimde düşüşe neden olmaktadır (Yılmaz, 2008; Spies ve ark., 2010). Ele alınan ekim sıklıkları içerisinde en yüksek yaş ot verimi Uzun (1997) ve Yavuz (2005)'un kaydettiği gibi 100 tohum m² ekim sıklığından alınmıştır.

Karışık ekimlerde en yüksek toplam yaş ot veriminin %50 silaj mısır karışımından elde edilmesi beklenen bir durumdur. Zira mısır iri habitüslü bir bitki olup birim alanda bol kütle üretme yeteneğine sahiptir. Nitekim mısır ile yapılan karışım çalışmalarında (Erdal ve ark., 2016; Htet and Soomro, 2016) artan mısır sıklığına bağlı olarak birim alandan verimin arttığı rapor edilmiştir. Bir diğer sıcak mevsim bitkisi olan Sudan otu karışımlarında yüksek verimin ortaya çıkmamasında Sudan otundaki allelopatik bileşiklerin (Weston, 1989) bezelyeyi baskı altına almış olmasından kaynaklanabilir. Nitekim Sudan otu karışımlarında baklagil oranının düşük olması bu ifadeyi desteklemektedir. Yıllar arasında iklimin seyrinden kaynaklanan farklılıklara bağlı olarak ekim sıklığı ve karışım şekline göre verim performansı değişse de her iki yılda da en yüksek verim m²'ye 100 bezelye tohumu ve %50 sıklıkta silaj mısır ekilen parsellerden elde edilmiştir.

Kuru madde oranı bitkilerde gelişmenin ilerlemesiyle artmakta ve özellikle kurak ve yarı kurak iklimlerde yağış durumundan önemli ölçüde etkilenmektedir (Gibson, 2009; Yavuz, 2017). Çalışmanın ikinci ürün koşullarında sulu şartlarda yürütülmesi bitkilerde yıllara bağlı olgunlaşma farkı ve dolayısıyla kuru madde oranında önemli bir farklılık ortaya çıkmamasına sebep olmuştur. Ekim sıklıkları arasında da kuru madde oranı bakımından önemli bir fark görülmezken ekim sıklıkları ve karışık ekim uygulamalarının kuru madde oranına etkisi yıllara göre farklılık göstermiştir (Şekil 3). Karışık ekim uygulamaları arasında özellikle Sudan otu ile yem bezelyesi karışımında kuru madde oranının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sudan otunun allelopatik içeriği nedeniyle yem bezelyesini strese sokarak kuru madde oranında artışa sebep olması muhtemeldir. Çünkü allelopatik stres şartları altında bitkilerde verimi azalmakla birlikte kuru madde oranı artış göstermektedir (Khaliq ve ark., 2013; Singh, 2015).



Şekil 3. Kuru madde oranının ekim sıklığı, karışım şekli ve yıllara göre değişimi.
Figure 3. Variation of dry matter ratio in terms of sowing ratio, mix type and years.



Şekil 4. Karışımlara ait baklagil oranının karışım oranı ve yıllara göre değişimi.
Figure 4. Variation of legume ratio in terms of mix type and years.

Üretilen toplam otta baklagil oranı, çalışmanın ikinci yılında belirgin bir düşüş göstermiştir. Bu durum muhtemelen ilk yılda karışıma alınan buğdaygillerin de fide döneminde zarar görmesinden kaynaklanmış olabilir. Zira ilk yılda çıkış döneminde gözlenen yüksek sıcaklıklar fide ölümüne neden olmuştur (Koç, Erkovan, İleri, kişisel gözlem). Denemenin ikinci yılında ise geciken ana ürün hasadı ve ekim yapılan dönemde havaların nispeten kapalı ve serin gitmesi nedeniyle buğdaygil türleri normal sıklıklarını korumuş ve daha iyi gelişme göstererek verime katkıları artmıştır. Nitekim yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunda karışık ekimlerde buğdaygil yoğunluğu arttıkça baklagillerin oranının düştüğü kaydedilmiştir (Yıldırım ve Özaslan-Parlak, 2016; Özaslan-Parlak ve Göçmen, 2017). Benzer sonuçlar bu çalışmanın ikinci yılında da kaydedilmiştir. Karışık ekimlerde sıcak iklim tahıllarının yer aldığı karışımlarda buğdaygil sıklığı arttıkça baklagil oranı azalırken, serin iklim tahılı olan yulafta bu durum ortaya çıkmamıştır (Şekil 4). Yulafın seyrek ekimlerde daha fazla kardeşlenerek birim alandaki sap sayısını artırması ve buna bağlı olarak üretime katkısını artırmasından kaynaklanabilir.

SONUÇ

Sonuç olarak elde edilen veriler bir bütün olarak değerlendirildiğinde; Eskişehir ve benzer ekolojik koşullarda ikinci ürün yem bitkisi yetiştirerek kaba yem açığından kaynaklanan sorunun hafifletilebilmesi mümkündür. Bu amaçla buğday veya arpa hasadını takiben kalan sürede silajlık mısır yetiştirilebileceği gibi (İleri ve ark., 2018) yem bezelyesi ile silaj mısır karışımı da yetiştirilebilir. Tohumluk miktarı bakımından m²'ye 100 yem bezelyesi tohumu ile 5 mısır tohumu gelecek şekilde ekim yapılabilir. Bu sayede sonbahar soğuklarının erken bastırması durumunda silaj mısırın hasat olgunluğuna gelememesi gibi bir risk olduğu için daha güvenli bir kaba yem kaynağı elde edilmiş

olacaktır. Elde edilen sonuçlara göre Sudan otu ve yulaf ile bezelye karışımı yetiştirmek silaj mısır ile yetiştirmeye göre dezavantajlı gözükmektedir. Ekimler normal bezelye sıklığında yapıldıktan sonra üstüne %50 silaj mısır ilave edilerek yapılabilir. Bununla birlikte yörede sürdürülebilir ikinci ürün tarımı açısından tür, çeşit bazında yeni karışım ile sulama ve gübreleme gibi denemelere ihtiyaç bulunmaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

YAZAR KATKISI

Yazarlar makaleye ekip çalışması ile eşit şekilde katkıda bulunmuştur.

TEŞEKKÜR

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi'ne çalışmanın yürütülmesi için gerekli olan arazi ve imkanların sağlanması sebebiyle teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Acar, R., & Mülayim, M. 2014. Konyada bazı yem bitkilerinin doğrudan anıza ekim yöntemiyle ikinci ürün olarak yetiştirilmesi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 1(1-2), 20-25.
- Acar, R., Ozkose, A., Isik, S., & Acar, B. (2016). Yield performance of forage kochia with different stem color under water shortage Konya province of Turkey. *International Journal of Agriculture and Economic Development*, 4(1), 21.
- Acar, Z., Önal, Ö., Ayan, İ., Mut, H., & Başaran, U. (2006). Yem bitkilerinde karışık ekim sistemleri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(3), 379-386.
- Açıkgöz, E. (2001). *Yem Bitkileri (3. Baskı)*. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 182, Bursa.
- Ay, U., Altın, M., & Şen, C. (2017). Kırklareli koşullarında yem bezelyesi (*Pisum arvense* L.)–buğday'ın (*Triticum aestivum* L.) farklı karışım oranları ve biçim zamanlarının ot verimi ve kalitesine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(3), 80-85.
- Başaran, U., Gülümser, E., Mut, H., & Çopur Doğrusöz, M. (2018). Mürdümük + tahıl karışımlarının silaj verimi ve kalitesinin belirlenmesi. *Türk Tarım–Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(9), 1237-1242.
- Biddle, A. J. (2017). *Peas and Beans*. CABI, Publ., Inc., London.
- Cook C. W., & Stubbendieck, J. (1986). *Range Research: Basic Problems and Techniques*. Society for Range Management, Publish number: 632, Colorado.
- Dereli, D. N. (2015). *Eskişehir ekolojisinde bazı baklagil yem bitkilerinin ikinci ürün olarak yetiştirilebilirliği*. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Egli, D. B. (1988). Plant density and soybean yield. *Crop Science*, 28(6), 977-981.
- Erdal, S., Pamukcu, M., Curek, M., Kocaturk, M., & Dogu, O. Y. (2016). Silage yield and quality of row intercropped maize and soybean in a crop rotation following winter wheat. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62(11), 1487-1495.
- Gibson, D. J. (2009). *Grasses and Grassland Ecology*, Oxford University Press.
- Gülümser, E., Mut, H., Doğrusöz, M. Ç., & Başaran, U. (2017). Baklagil yem bitkisi tahıl karışımların ot kalitesi üzerinde tohum oranlarının etkisi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(3), 43-51.
- Htet, M. N. S., & Soomro, R. N. (2016). Effect of different planting structure of maize and soybean intercropping on fodder production and silage quality. *Current Agriculture Research Journal*, 4(2), 125-130.
- Ibrahim, D. M., Mohamed, S. J., & Ahmed, S. M. (2019). Effects of plant density on seed yield and it's components of two pea (*Pisum sativum* L.) cultivars under rainfed condition in Sulaimani province. *Journal of Kerbala for Agricultural Sciences*, 6(1), 36-48.
- İleri, O., Budaklı-Çarpıcı, E., Erbeyi, B., Avcı, S., & Koç, A. (2018). Effect of sowing methods on silage yield and quality of some corn cultivars grown in second crop season under irrigated condition of Central Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Field Crops*, 23(1), 72-79.

- Kavut, Y. T., Çelen, A. E., Çıbık, Ş. E., & Urtekin, M. A. (2016). Ege Bölgesi koşullarında farklı sıra arası mesafelerinde yetiştirilen bazı yem bezelyesi (*Pisum arvense* L.) çeşitlerinin verim ve diğer bazı özellikleri üzerine bir araştırma. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(Özel sayı -2), 225-229.
- Khaliq, A., Matloob, A., Mahmood, S., & Wahid, A. (2013). Seed pre-treatments help improve maize performance under sorghum allelopathic stress. *Journal of Crop Improvement*, 27(5), 586-605.
- Özaslan-Parlak, A. & Göçmen, N. (2017). Yem bezelyesi ile arpa, yulaf ve tritikale karışım oranlarının belirlenmesi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(1), 119-124.
- Özdemir, B., & Tamkoç, A. (2019). İkinci ürün için uygun olan yem bezelyesi hatlarının belirlenmesi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 8(2), 299-305.
- Özköse, A. (2017). Farklı ekim derinliklerinin yem bezelyesinin verim ve bazı verim özellikleri üzerine etkileri. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(6), 1188-1200.
- SAS Institute Inc. (2011). Base SAS 9.3 Procedures Guide, NC.
- Sattell, R. D., Hemphill, D., & McGrath, D. (1998). *Field pea (Pisum sativum L. or Pisum sativum L. ssp. arvense (L.) poir.)*. Oregon State University Extension Service, EM 8698, Oregon.
- Seviş Demir, R. (2016). *Bazı bezelye (Pisum sativum L.) çeşitlerinde farklı bitki sıklıklarının ve gübreleme uygulamasının verim ve verim unsurlarına etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Singh, K., Saini, S. S., Yadav, S. K., Singh, H., & Kumar, A. (2001). Effect of irrigation and row spacing on growth and yield of fieldpeas. *Agriculture Science Digest*, 21(2), 127-128.
- Singh, N. B. (2015). Alleviation of allelopathic stress of benzoic acid by indole acetic acid in *Solanum lycopersicum*. *Scientia Horticulturae*, 192, 211-217.
- Spies, J. M., Warkentin, T., & Shirtliffe, S. (2010). Basal branching in field pea cultivars and yield-density relationships. *Canadian Journal of Plant Science*, 90(5), 679-690.
- Tan, M., & Serin, Y. (1997). Kaba yem olarak kullanılan tahılların besleme değerine yaklaşımlar. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28, 130-137.
- Tan, M. ve Kadioğlu, S. (2018). Erzurum şartlarında farklı tarihlerde kışlık ekilen yem bezelyesi çeşitlerinin verim ve bazı özellikleri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 27(1), 25-32.
- Toğay, N., Togay, Y., Erman, M., & Yıldırım, B. (2006). Kışlık iki bezelye hattı (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.)'nda farklı bitki sıklıklarının bazı tarımsal özellikler üzerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 16(2), 97-103.
- TÜİK. (2019). Bitkisel üretim istatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111>. Erişim tarihi: 6 Aralık 2020.
- Turgut, I., Duman, A., Bilgili, U., & Acikgoz, E. (2005). Alternate row spacing and plant density effects on forage and dry matter yield of corn hybrids (*Zea mays* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 191(2), 146-151.
- Uzun, A. (1997). *Değişik yaprak formlarına sahip yem bezelyesi çeşitlerinde ekim zamanı ve ekim sıklığının verim ve verim öğelerine etkileri*. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Uzun, A., Gün, H., & Açıkgöz, E. (2012). Farklı gelişme dönemlerinde biçilen bazı yem bezelyesi (*Pisum sativum* L.) çeşitlerinin ot, tohum ve ham protein verimlerinin belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26 (1), 27-38.
- Weston, L. A., Harmon, R., & Mueller, S. (1989). Allelopathic potential of sorghum-sudangrass hybrid (sudex). *Journal of Chemical Ecology*, 15(6), 1855-1865.
- Yavuz, M. (2005). *Üç farklı ekim sıklığında ekilen yem bezelyesi ve adi fiğde yatmanın ot ve tohum verimi ile kalitesine etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Yavuz, T. (2017). Farklı biçim zamanlarının yem bezelyesi (*Pisum sativum* L.) ve yulaf (*Avena sativa* L.) karışımlarında ot verim ve kalitesi üzerine etkileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26(1), 67-74.
- Yıldırım, S., & Özaslan-Parlak, A. (2016). Tritikale ile bezelye, bakla ve fiğ karışım oranlarının belirlenerek yem verimi ve kalitesine etkileri. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(1), 77-83.
- Yılmaz, Ş. (2008). Effects of increased phosphorus rates and plant densities on yield and yield-related traits of narbon vetch lines. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32(1), 49-56.



Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (International Journal of Agriculture and Wildlife Science)

<http://dergipark.org.tr/ijaws>



Araştırma Makalesi

Farklı Lokasyonların Lavandin (*Lavandula × intermedia* Emeric ex Loisel.)'de Uçucu Yağ Oranı ve Kimyasal Kompozisyonu Üzerine Etkisi

Duran Katar^{1*}, Mustafa Can², Nimet Katar²

¹Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Eskişehir

²Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir

Geliş tarihi (Received): 30.04.2020

Kabul tarihi (Accepted): 15.07.2020

Anahtar kelimeler:

Melez lavanta, *Lavandula × intermedia*, farklı lokasyonlar, uçucu yağ oranı ve bileşenleri

Özet. Bu araştırmanın amacı lavandin (*Lavandula × intermedia*) bitkisinde farklı (Afyon, Eskişehir, Isparta ve Uşak) lokasyonların uçucu yağ oranı ve uçucu yağın kimyasal kompozisyonu üzerine etkisini belirlemektir. Bitkiler 4 farklı lokasyonda yetiştirilmiştir. 48 saat boyunca 35 °C'de kurutulmuş olan çiçek örnekleri, 210 dakika süreyle hidro-distilasyona tabi tutularak uçucu yağ oranları belirlenmiştir. Örneklerin uçucu yağ bileşenleri GC/MS cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. Farklı lokasyonlardan elde edilen uçucu yağ oranları sırasıyla: %5.93 (Afyon), %5.63 (Eskişehir), %7.80 (Isparta) ve %6.57 (Uşak)'dır. GC/MS cihazında yapılan analiz sonuçlarına göre, uçucu yağ örneklerinde 40 farklı bileşen tespit edilmiştir. Analiz edilen uçucu yağ örneklerinin ana bileşenleri linalool (%41.34-53.10), linalil asetat (%1.83-23.54), kafur (%4.48-7.60) ve 1,8-sineol (%1.95-6.27)'dur. Sonuçlar; farklı lokasyonların melez lavantanın (*Lavandula × intermedia*) uçucu yağ oranı ve kimyasal kompozisyonu üzerinde etkili olduğunu göstermiştir.

*Sorumlu yazar

durankatar6060@gmail.com

Effect of Different Locations on Essential Oil Content and Chemical Composition in Lavandin (*Lavandula × intermedia* Emeric ex Loisel.)

Keywords:

Lavandin, *Lavandula × intermedia*, different locations, content and composition of essential oil

Abstract. The purpose of this research was to determine the effect of different locations (Afyon, Eskişehir, Isparta and Uşak) on the essential oil content and the chemical composition of the essential oil in lavandin (*Lavandula × intermedia*) plant. The plants were cultivated in 4 different locations. Flower samples dried at 35 °C for 48 hours were subjected to hydro-distillation for 210 minutes to determine essential oil contents. The essential oil compositions of the samples were identified with GC/MS. The contents of essential oil in different locations were 5.93% (Afyon), 5.63% (Eskişehir), 7.80% (Isparta) and 6.57% (Uşak), respectively. According to the results of analysis with GC/MS, 40 different compounds were detected in essential oil samples. The main components of the analyzed essential oil samples were linalool (41.34-53.10%), linalyl acetate (1.83-23.54%), camphor (4.48-7.60%) and 1,8-cineole (1.95-6.27%). Results showed that different locations were effective on essential oil content and chemical composition of essential oil in lavandin (*Lavandula × intermedia*) plant.

GİRİŞ

Lavanta bitkisi, Lamiaceae/Labiatae familyasına ait önemli bir uçucu yağ bitkisidir (Beus, 2006; Baydar, 2013, Erbaş ve ark., 2017). Lamiaceae familyası ülkemizde 46 cins ve 571 tür ile temsil edilmektedir (Kara ve ark., 2014). Lavanta bitkisi Akdeniz havzasının kayalık ve kireçli bölgelerinde doğal olarak yayılış göstermekle birlikte Kuzey Afrika, Avrupa ve Batı Hindistan'da da doğal olarak yetişmektedir (Erbaş ve ark., 2017). *Lavandula* cinsinin dünyanın farklı bölgelerinde doğal olarak yayılış gösteren 48 türü bulunmaktadır. Bu türler, uçucu yağlarının kimyasal kompozisyonu ve gelişme formları bakımından farklılık gösteren yüzlerce genotipe sahiptir (Beus, 2006). Fransa, Bulgaristan, İtalya, Yunanistan, İngiltere, ABD, Avusturya, Rusya ve Kuzey Afrika'nın birçok ülkesinde yoğun olarak kültürü/yetiştiriciliği yapılmaktadır. Ülkemizde ise yaklaşık 3200 da alanda lavanta (*Lavandula hybrida*) tarımı yapılmaktadır (Erbaş ve ark., 2017).

Lamiaceae familyasına ait olan lavanta bitkisinin dünyada kültürü yapılan 5 önemli türü bulunmaktadır (Beus, 2006). Bunlardan biri olan Lavandin (*Lavandula hybrida*), Akdeniz kuşağında özellikle kalkerli alanlarda yayılış göstermekte, 70-80 cm kadar boylanabilen çalimsı bir form oluşturmaktadır. Bu tür, İngiliz lavantasına (*Lavandula angustifolia*) göre uçucu yağı daha düşük kalitede, ancak yüksek oranda uçucu yağ içermektedir. Lavanta ayrıca oluşturduğu taç yapısı ve yaydığı güzel koku nedeniyle önemli bir süs ve çit bitkisidir (Whiriskey ve McCarthy, 2006; Karık ve ark., 2017). Özellikle *Lavandula dentata* ve *Lavandula stoechas* türleri süs ve çit bitkisi olarak kullanılmaktadır (Beus, 2006; Karık ve ark., 2017).

Lavanta uçucu yağında bulunan en önemli iki bileşen linalil asetat (%20-60) ve linalool (%20-35)'dir (Hui ve ark., 2010). Özellikle linalil asetat, lavanta yağının kalitesini belirleyen en önemli bileşendir. Çünkü lavanta uçucu yağına karakteristik özelliğini kazandıran linalil asetat olup, bu bileşenin uçucu yağın içerisindeki oranının yüksek olması yağa kozmetik ve özellikle parfümeri endüstrisinde kullanımı açısından değer kazandırmaktadır (Başer, 1993; Sönmez ve ark., 2018). Kafur ve 1,8-sineol bakımından zengin lavanta yağları ise ilaç ve insektisit endüstrisi için değerlidir (Baydar, 2013). 1,8-sineol oranı yüksek olan lavanta yağları genelde uyarıcı ve balgam söktürücü olarak kullanılırken, kafur oranı yüksek olan lavanta yağları ise özellikle böcek kovucu/kaçırıcı olarak kullanılmaktadır (Baydar, 2010). İlaç endüstrisinde veya halk hekimliğinde linalool oranı yüksek olan lavanta uçucu yağları ise daha çok sinirleri yatıştırıcı, uykusuzluk ve yorgunluk giderici (doğal sakinleştirici) olarak kullanılmaktadır (Sönmez ve ark., 2018). Dünyada ticari anlamda en fazla üretilen lavanta yağı, melez bir tür olan *Lavandula hybrida* (*L. angustifolia* x *L. latifolia*)'dan elde edilen lavandin yağıdır (Beus, 2006; Karık ve ark., 2017). Avrupa farmakopesine göre parfüm üretiminde kullanılacak lavanta uçucu yağının linalil asetat oranı en az %35 olması ve kafurun üst sınırının %1.2 olması istenmektedir. Lavender yağının, lavandin yağından ayıran temel özellik ise lavender yağında kafur bulunmaması veya belirtilen sınırların altında olmasıdır (Karık ve ark., 2017). Yine, ISO 3515:2002 standardına göre lavanta yağında linalool ve linalil asetatın %25'in üzerinde olması, kafur ve limonen'in %0.5'in altında olması, terpinen 4-ol'un %2-6 arasında olması ve α -terpinen'in ise %1'den az olması istenmektedir (Kara ve Baydar, 2014). Lavandin bitkisi üzerinde yürütülen birçok çalışma uçucu yağ oranı ve yağın kompozisyonu üzerinde üretimde kullanılan materyallerin genetik yapısının, üretimin yapıldığı bölgelerin ekolojik koşullarının ve yetiştiricilik uygulamalarının etkili olduğunu ortaya koymuştur (Biesiada ve ark., 2008; Kara ve Baydar, 2014; Karık ve ark., 2017; Erbaş ve ark., 2017; Sönmez ve ark., 2018). Lavandin bitkisi kullanılarak farklı lokasyonlarda yürütülen çalışmalar lokasyonların elde edilen kuru çiçeklerdeki uçucu yağ oranı ve uçucu yağın kompozisyonu üzerinde önemli değişikliklere neden olduğunu göstermiştir (Kara ve Baydar, 2014; Karık ve ark., 2017; Gülşen, 2017, Erbaş ve ark., 2017).

Çalışmanın amacı Afyon, Eskişehir, Isparta ve Uşak lokasyonlarının lavandin bitkisinin uçucu yağ oranı ve uçucu yağ kompozisyonu üzerindeki etkisini tespit etmektir.

MATERYAL VE METOT

Araştırmada bitki materyali olarak Isparta'nın Keçiborlu İlçesi/Kuyucak Köyünden temin edilen lavandin (*Lavandula x intermedia* cv. Super) çeşidine ait fideler kullanılmıştır. Çalışmanın yürütüldüğü Afyon (rakım:1010 m), Eskişehir (rakım 792 m), Isparta (rakım 1049 m) ve Uşak (rakım 907 m) illerinin uzun yıllar ve 2019 yılına ait iklim verileri Çizelge 1'de verilmiştir. Çiçek hasadının yapıldığı 2019 yılına ait toplam yıllık yağışlar sırasıyla 402.3, 426.8, 453.5 ve 414.3 mm olarak tespit edilirken, uzun yıllara ait değerler ise 443.5, 374.2, 570.2 ve 557.6 mm olarak tespit edilmiştir. Buradan da görüldüğü gibi 2019 yılı için en düşük yağış alan ilimiz Afyon ile en yüksek yağış alan ilimiz olan Isparta arasında %12.73 yağış farkı tespit edilmiştir. Eskişehir ile Uşak ili yağışlarının diğer illere kıyasla birbirine daha yakın olduğu görülmüştür. Uzun yılların toplam yağış miktarları dikkate alındığında ise Afyon (443.5 mm) ve Eskişehir (374.2 mm) lokasyonlarının değerleri birbirine daha yakın iken Isparta (570.2 mm)

ve Uşak (557.6 mm) lokasyonlarının değerlerinin birbirine daha yakın olduğu belirlenmiştir. Çalışmanın yürütüldüğü illerin tümü genel olarak yarı kurak iklim bölgesinde yer almaktadır. 2019 yılı için illerin sırasıyla ortalama sıcaklıkları ise 12.7, 12.8, 13.3 ve 13.6 °C olarak tespit edilmiştir. Ortalama yıllık sıcaklıklar dikkate alındığında Afyon ve Eskişehir illeri birbirine daha yakınken diğer taraftan Isparta ve Uşak illerinin birbirine daha yakın olduğu görülmektedir. Uzun yılların ortalama sıcaklıkları dikkate alındığında ise Afyon (11.2 °C) ve Eskişehir (11.2 °C) lokasyonlarının değerleri birbirine daha yakın iken Isparta (12.2 °C) ve Uşak (12.4 °C) lokasyonlarının değerlerinin birbirlerine daha yakın olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 1. Deneme lokasyonlarına ait iklim verileri.

Table 1. Meteorological data of the experiment locations.

Aylar	Toplam Yağış (mm)								Ortalama Sıcaklık (°C)							
	2019 Yılı				Uzun Yıllar				2019 Yılı				Uzun Yıllar			
	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
Ocak	58.9	40.3	97.0	87.9	44.6	41.4	81.0	73.4	1.6	1.7	2.5	1.6	0.2	-0.0	1.7	2.2
Şubat	36.9	51.5	55.4	17.3	39.6	35.8	67.6	66.7	4.0	4.1	4.4	5.4	1.7	1.6	2.9	3.2
Mart	11.1	13.3	40.3	20.8	44.7	36.9	59.0	58.0	6.8	7.3	7.4	7.8	5.2	5.3	5.9	6.1
Nisan	56.3	38.6	50.8	40.1	45.8	37.2	52.4	50.9	9.5	10.2	9.9	10.5	10.3	10.6	10.7	10.8
Mayıs	44.1	30.3	34.2	36.9	54.9	45.4	56.6	48.0	16.7	17.4	16.8	16.7	15.0	15.4	15.4	15.5
Haziran	78.4	57.5	53.3	37.3	40.6	36.0	34.2	27.2	20.5	21.1	20.7	20.9	18.9	19.2	19.8	19.9
Temmuz	29.1	17.4	9.5	8.9	22.4	14.6	16.1	16.5	21.9	21.8	23.3	22.8	22.1	21.8	23.3	23.3
Ağustos	4.5	2.9	2.7	0.4	13.5	7.9	14.1	12.6	22.8	22.7	24.4	24.4	22.0	21.8	23.2	23.4
Eylül	2.7	6.6	26.5	22.1	21.5	15.3	18.7	18.6	19.4	18.8	20.0	19.4	17.7	17.7	18.8	19.1
Ekim	11.1	69.9	9.9	6.4	35.2	25.2	38.3	42.2	15.4	15.2	15.7	16.6	12.4	12.3	13.3	13.6
Kasım	11.7	22.4	28.6	47.9	33.6	30.4	45.0	58.9	10.1	9.9	9.7	11.6	6.9	7.0	7.8	8.2
Aralık	57.5	76.1	45.3	88.3	47.1	48.1	87.2	84.6	3.5	3.3	4.6	5.5	2.3	2.2	3.5	4.1
Toplam	402.3	426.8	453.5	414.3	443.5	374.2	570.2	557.6	-	-	-	-	-	-	-	-
Ortalama	-	-	-	-	-	-	-	-	12.7	12.8	13.3	13.6	11.2	11.2	12.2	12.4

Kaynak: Meteoroloji Genel Müdürlüğü (L1:Afyon, L2: Eskişehir, L3: Isparta, L4:Uşak).

Çalışma lokasyonlarına ait toprakların özelliklerini belirlemek amacıyla alınan örnekler üzerinde yapılan analizlerin sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Tüm lokasyonların topraklarının tekstür sınıfı killi-tınlıdır. Lokasyonların toprak pH değerleri 7.55-8.01 arasında değişmiş olup, lokasyon toprakları hafif alkali bir durum göstermiştir. Organik madde içerikleri ise %1.01-4.18 arasında değişmektedir. Uşak ilinin toprak örneğinin organik madde içeriği diğer illere kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Diğer illerin organik madde içeriği ise yetersiz düzeydedir. Yararlanılabilir potasyum ve fosfor düzeyleri sırasıyla 241-289 kg da⁻¹ ve 3.3-4.8 kg da⁻¹ arasında değişmiştir. Kireç oranları %19.02-24.03 arasında değişim göstermiştir. Toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerleri (0.019-0.030 dS m⁻¹) dikkate alındığında ise toprakların tuzluluk probleminin olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 2. Deneme lokasyonlarına ait toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Table 2. Physical and chemical characteristics of soil in experiment locations.

Lokasyon	Tekstür	Toplam Kireç (%)	EC (dS m ⁻¹)	Azot (%)	Fosfor (kg da ⁻¹)	Potasyum (kg da ⁻¹)	pH	Organik Madde (%)
Afyon	Killi-Tınlı	19.54	0.019	0.12	3.3	241	7.68	1.01
Eskişehir	Killi-Tınlı	20.76	0.022	0.22	3.7	258	7.55	1.67
Isparta	Killi-Tınlı	24.03	0.030	0.19	3.5	275	8.01	1.51
Uşak	Killi-Tınlı	19.02	0.020	0.21	4.8	289	7.73	4.18

Toprak analizleri Eskişehir Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü laboratuvarında yapılmıştır.

Deneme Isparta’nın Keçiborlu İlçesi/Kuyucak Köyünden temin edilen lavandin (*Lavandula x intermedia*) bitkisine ait fideler kullanılarak Afyonkarahisar Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Merkezi, Eskişehir Orman Fidanlık Müdürlüğü, Isparta’nın Keçiborlu İlçesi/Kuyucak Köyü ve Uşak Ulubey ilçesi İnay köyü arazilerinde sırasıyla 11.05.2016, 14.05.2016, 18.05.2016 ve 20.05.2016 tarihlerinde kurulmuştur. Plantasyon oluşturmak için fideler 1.5 m sıra arası ve 1 m sıra üzeri olacak şekilde dikilmiştir (Kara ve Baydar, 2014). Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her parselde 4 sıra bitki bulunmakta olup, 6 x 5 m= 30 m² alana sahiptir. Parsellerin yabancı ot mücadelesi mekanik yöntemlerle yapılmıştır. Parsellere ilave bir sulama yapılmamıştır. Her parselden kenardaki birer sıra ve sıra uçlarından birer bitki kenar tesiri olarak bırakılmıştır. Dört yaşındaki parsellerden Eskişehir ve Uşak lokasyonlarında 08.07.2019 tarihinde Afyon ve Isparta lokasyonlarında ise 15.07.2019 tarihinde bitkilerin %50’sinin çiçek açtığı dönemde ve gün içerisinde saat 15:00’de hasat edilmiş

olan taze saplı çiçekler araştırmada materyal olarak kullanılmıştır. Hasat edilmiş olan çiçekli sap örnekleri 48 saat süreyle etüvde 35 °C sıcaklıkta kurutulmuştur. Kurutulmuş olan bu çiçekli sap örneklerinde çiçekler uçucu yağ distilasyonu için saplarından ayrılmıştır. Kurutulmuş ve saplarından ayrılmış olan çiçek örneklerinin uçucu yağ oranları Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü tıbbi bitkiler laboratuvarında su distilasyonu yöntemiyle belirlenmiştir. Uçucu yağların distilasyonu için ayıklanmış ve kurutulmuş 100 g kuru çiçek örnekleri 2000 ml'lik balonlara yerleştirildikten sonra 1000 ml saf su eklenerek 3.5 saat boyunca distilasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Distilasyon işlemi tamamlandıktan sonra clevenger aparatının dereceli kısmından yağ miktarı okunarak % olarak belirlenmiştir. Clevenger cihazından alınan uçucu yağlar bileşenlere bakılacağı zamana kadar 3-4°C sıcaklıktaki buzdolabında saklanmıştır.

Uçucu yağların bileşenleri çalışma koşulları aşağıda verilen GC/MS cihazıyla Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü/Tıbbi Araştırmalar Merkezi Laboratuvar'ında belirlenmiştir. Örnekler analiz edilmek üzere 1:100 oranında hekzan ile seyreltilmiştir. Örneklerin uçucu yağ bileşen analizi GC/GC-MS (Gaz kromatografisi (Agilent 7890A)-kütle detektör (Agilent 5975C) cihazı ile kapiler kolon (HP InnowaxCapillary; 60.0 m x 0.25 mm x 0.25 µm) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizde taşıyıcı gaz olarak 0.8 ml/dk akış hızında helyum kullanılmış. örnekler cihaza 1 µl olarak 40:1 split oranı ile enjekte edilmiştir. Enjektör sıcaklığı 250°C'de tutulmuş. kolon sıcaklık programı 60°C (10 dakika). 60°C'den 250°C'ye 20°C/dakika ve 250°C (10.5 dakika) olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu sıcaklık programı doğrultusunda toplam analiz süresi 30 dakika olmuştur. Kütle detektörü için tarama aralığı (m/z) 35-450 atomik kütle ünitesi ve elektron bombardımanı iyonizasyonu 70 eV kullanılmıştır. Uçucu yağın bileşenlerinin teşhisinde ise WILEY ve OIL ADAMS kütüphanelerinin verileri esas alınmıştır. Sonuçların bileşen yüzdeleri FID dedektör kullanılarak bileşenlerin teşhisi ise MS dedektör kullanılarak yapılmıştır.

Uçucu yağ oranlarına ait veriler SPSS paket programı kullanılarak tesadüf blokları deneme desenine göre varyans analizine tabi tutularak incelenen özelliklerin önemlilik düzeyleri belirlenmiştir. Önemli çıkan ortalama değerler arasındaki farklar Tukey (Tukey's Honest Significant Difference test) testi ile karşılaştırılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bilindiği gibi aromatik bitkilerde ürünün kalitesini belirleyen en önemli kriter drog olarak kullanılacak bitki kısmının içerdiği uçucu yağ oranıdır (Baydar ve ark., 2013; Dudas ve ark., 2013). Hatta bitkilerin hangi organlarının ürün olarak değerlendirileceğine karar verilirken dikkate alınan en önemli kriter de yine farklı organların içerdiği uçucu yağ oranları olmaktadır (Telci ve ark., 2006; Baydar ve ark., 2013). Aromatik bitkilerin farmakopelerde drog olarak kabul edilmesi ve ilaç olarak kullanılabilmesi için ise içereceği asgari uçucu yağ oranları belirtilmekte ve bu oranların altında uçucu yağ içeren drogların ilaç olarak kullanılmasına izin verilmemektedir (Telci, 2005; Baydar, 2013). Aynı şekilde ürünün ekonomik değerinin belirlenmesinde de içerdiği uçucu yağın oranı önemli bir faktör olarak göz önünde tutulmaktadır (Mammadov, 2014; Karık ve ark., 2017). Bu da aromatik bitkilerin üreticisine kazandıracığı gelirin belirlenmesinde ürünün uçucu yağ içeriğinin önemini göstermektedir. Tüm bunlar dikkate alındığında aromatik bitkilerin içerdiği uçucu yağın oranında değişikliğe neden olan faktörlerin çok iyi bilinmesinin ve bu faktörlerin uçucu yağın oranını pozitif yönde etkileyecek şekilde yönetilmesinin ne kadar büyük öneme sahip olduğu görülmektedir (Katar ve ark., 2018; Tursun ve Telci, 2020). Yürütülen çalışmalar, aromatik bitkilerin uçucu yağ oranları üzerinde üretimde kullanılan bitki materyalinin sahip olduğu kalıtsal yapının, üretimin yapıldığı bölgenin ekolojik koşullarının ve kullanılan üretim tekniklerinin etkili olduğunu ortaya koymuştur (Mumivand ve ark., 2011; Kevseroğlu, 2014; Katar ve ark., 2019; Katar ve Aytaç, 2019; Tursun ve Telci, 2020).

Dört farklı lokasyonda yetiştirilen lavandin (*Lavandula x intermedia*) çiçeklerinin uçucu yağ oranları lokasyonlardan önemli ($p < 0.01$) düzeyde etkilenmiştir. Lokasyonların ortalaması olarak lavandinde uçucu yağ oranı %6.48 olarak tespit edilmiştir. Çalışmanın yürütüldüğü lokasyonlara bağlı olarak uçucu yağ oranları %5.63-7.80 arasında değişmiş olup bu da lokasyonların uçucu yağ oranı üzerinde %38.54 oranında bir değişime neden olduğunu göstermiştir. En yüksek uçucu yağ oranı değeri Isparta/Keçiborlu/Kuyucak lokasyonunda tespit edilirken, en düşük değer ise Eskişehir lokasyonundan elde edilmiştir. Afyon, Eskişehir ve Uşak/Ulubey/Inay lokasyonları uçucu yağ oranları bakımından önemli bir farklılık göstermemiş olup, bu lokasyonların değerleri aynı grupta yer almıştır (Çizelge 3). Bu durum da bize bu üç lokasyonun ekolojik koşullarının birbirlerinden çok farklı olmadığını göstermektedir. Aksine Isparta/Keçiborlu/Kuyucak lokasyonunun diğer lokasyonlardan hem iklim ve hem de toprak koşulları bakımından farklı olduğu görülmektedir. En yüksek uçucu yağ değerinin elde edildiği Isparta ilinde bitki hasadının yapıldığı temmuz ayında yağış miktarının düşük olmasına karşılık sıcaklığın yüksek olması yüksek uçucu yağ oranının elde edilmesinde etkili olmuştur. Aynı şekilde toprak koşullarının da diğer illere

kıyasla Isparta ilinde daha olumsuz olması özellikle kireç ve tuz oranının yüksekliği ve organik madde içeriği bakımından da yetersiz olması uçucu yağ oranının yükselmesinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 3. Farklı lokasyonlara göre *Lavandula x intermedia* türüne ait uçucu yağ oranları (%).

Table 3. The effect of different location factor on average values of essential oil content of lavandin (%).

Lokasyon	Uçucu yağ oranı (%)
Afyon	5.93 b
Eskişehir	5.63 b
Isparta	7.80 a
Uşak	6.57 b
Ortalama	6.48
F değeri (lokasyon)	24.46**
CV (%)	14.32

*p<0.05; **p<0.01; öd önemli değil.

Bilindiği gibi ekolojik koşulları oluşturan iklim ve toprak koşulları lokasyonlara bağlı olarak değişiklik göstermektedir. İklimin en önemli unsurları olan sıcaklık, yağış, hava nispi nemi, ışıklenme süresi, ışık yoğunluğu ve gece gündüz sıcaklık farkları lokasyonla birlikte değişim göstermektedir (Kevseroğlu, 2014). Aynı şekilde değişen lokasyona bağlı olarak toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde de değişim ortaya çıkmaktadır (Saeb ve Gholamrezaee, 2012). Bu çalışmada elde edilen uçucu yağ oranlarında lokasyonlara bağlı olarak ortaya çıkan farklılıklar lokasyonlara bağlı olarak değişen ekolojik farklılıklarla açıklanabilir (Turhan, 2006).

Çalışmada tespit edilen uçucu yağ oranları (%5.63-7.80) benzer çalışmalarda aynı şekilde sapsız kuru çiçeklerde belirlenen uçucu yağ değerleri (%5-6) ile paralellik göstermektedir (Erbaş ve Baydar 2008; Baydar, 2010). Uçucu yağ oranı olarak daha düşük değer belirten çalışmalarda (%1.0-2.5) ise ya taze çiçekler ya da saplı kuru çiçeklerin kullanılmış olduğu görülmektedir (Kara ve Baydar, 2014; Karık ve ark., 2017; Erbaş ve Baydar 2008; Erbaş ve ark., 2017).

Aromatik bitkilerde üretilen uçucu yağların kullanım alanlarının belirlenmesinde ve dolayısıyla ürünün fiyatının belirlenmesinde uçucu yağın kimyasal içeriği büyük öneme sahiptir. Uçucu yağ ürün olarak piyasaya arz etmeyi planlayan üreticiler üretimlerinde kuru materyalin uçucu yağ oranına dikkat etmeleri gerektiği gibi uçucu yağın kimyasal kompozisyonunda da pazarın talebini dikkate almak zorundadır. Aksi takdirde üretilen ürünün ticari değerini yitireceğini bilmeleri gerekmektedir. Lavandin bitkisinden farklı şekillerde yararlanılmaktadır. Kullanım alanlarından en önemlisi ise elde edilen uçucu yağın parfüm endüstrisinde değerlendirilmesidir. Fakat üretilen uçucu yağların bu sektörde uygun fiyatla değerlendirilmesi için Avrupa farmakopesinde belirtildiği gibi uçucu yağın linalil asetat oranı en az %35 ve kafur oranının da en fazla %1.2 olması istenmektedir (Karık ve ark., 2017). Ayrıca, ISO 3515:2002 standardına göre lavanta uçucu yağında linalool ve linalil asetatın %25'in üzerinde olması, kafur ve limonenin %0.5'in altında olması, terpinen 4-ol'un %2-6 arasında olması ve α -terpinen'in ise %1'den az olması istenmektedir (Kara ve Baydar, 2014).

Çalışmada dört farklı lokasyondan elde edilen uçucu yağ örneklerinin kimyasal kompozisyonları Çizelge 4'te verilmiştir. Uçucu yağ örneklerinde yapılan analizlerde örneklerin 40 farklı bileşeni içerdiği tespit edilmiştir. Farklı lokasyonlara ait uçucu yağ örneklerinde linalool oranı %41.34-53.10 arasında değişim göstermiştir. En yüksek linalool oranı Eskişehir lokasyonunda tespit edilirken, en düşük linalool oranı ise Uşak lokasyonunda tespit edilmiştir. Afyon ve Isparta lokasyonlarının örneklerinde ise linalool oranları sırasıyla %51.10 ve %48.84 olarak belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen değerlere göre linalool oranının lokasyonlara bağlı olarak %11.69 oranında bir değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Lavanta uçucu yağının bir diğer önemli bileşeni olan linalil asetat oranı ise lokasyonlara bağlı olarak %1.83-23.54 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. En yüksek linalil asetat oranı Isparta lokasyonundan elde edilirken, en düşük oran ise Eskişehir lokasyonundan elde edilmiştir. Linalil asetat oranı bakımından diğer iki lokasyon incelendiğinde Uşak lokasyonu %21.58 değeri ile Isparta lokasyonuna daha yakın iken, Afyon lokasyonu ise %3.14 değeri ile Eskişehir lokasyonuna daha yakın durum sergilemiştir. Linalil asetat ve linalool oranlarının toplamı %54.24-72.38 arasında değişim göstermiştir. İki bileşenin toplamı olarak en yüksek değer Isparta lokasyonunda tespit edilirken, en düşük değer ise Afyon lokasyonundan elde edilmiştir. Linalil asetat ve linalool oranlarının toplamı Eskişehir lokasyonunda %54.93 iken, Uşak lokasyonunda ise %62.92 olarak belirlenmiştir.

Isparta ve Uşak lokasyonlarının uçucu yağ örneklerinde terpinen 4-ol tespit edilemezken, Afyon lokasyonu örneklerinde %9.84 ve Eskişehir lokasyonu örneklerinde ise %12.09 oranlarında tespit edilmiştir. Lokasyonların uçucu yağ örneklerinde ise kafur oranları %4.48-7.60 arasında değişmiştir. En yüksek kafur oranı Afyon örneğinden elde edilirken, en düşük oran ise Isparta örneğinden elde edilmiştir. Eskişehir ve Uşak örneklerinde ise kafur oranları %6.22 ve %6.65 olarak belirlenmiştir. Kalite açısından bir diğer önemli bileşen olan limonen bakımından

lokasyonlar incelendiğinde %0.53-1.13 arasında değiştiği görülmüştür. En yüksek limonen Afyon örneğinde belirlenirken, en düşük değer ise Isparta örneğinde belirlenmiştir.

Çizelge 4. Farklı lokasyonlara göre *Lavandula x intermedia* türüne ait uçucu yağ bileşenleri (%).

Table 4. The effect of different location factor on essential oil composition of lavandin (%).

Sıra No	R.Time	Uçucu Yağ Bileşenleri	Afyon	Eskişehir	Isparta	Uşak
1	11.15	α-Pinene	0.49	0.47	-	-
2	12.82	Campene	0.39	0.35	-	0.27
3	16.90	β-Myrcene	0.54	0.37	0.82	0.81
4	18.54	Limonene	1.13	0.96	0.53	0.80
5	19.03	1,8-Cineole	4.94	3.17	1.95	6.27
6	20.01	cis-Ocimene	2.72	1.24	1.06	0.85
7	20.53	γ-Terpinene	0.23	0.21	-	-
8	20.76	β-Ocimene	0.51	0.53	2.44	1.21
9	21.05	3-Octanone	-	0.24	0.71	0.73
10	21.66	o-Cymene	0.14	0.15	-	-
11	21.68	n-Hexyl acetate	0.26	0.48	0.74	0.62
12	22.09	α-Terpinolene	0.29	0.23	0.27	0.25
13	24.53	Hexyl isobutyrate	0.29	-	-	0.56
14	24.78	n-Hexanol	0.36	0.54	-	-
15	27.30	Hexyl butanoate	0.76	0.97	1.27	-
16	27.74	Hexyl 2-methylbutanoate	0.45	0.34	-	-
17	29.07	Trans-Sabinene hydrate	0.35	0.44	-	-
18	29.34	Linalool oxide	-	0.33	-	-
19	31.16	Camphor	7.60	6.22	4.48	6.65
20	31.68	Linalool	51.10	53.10	48.84	41.34
21	31.92	cis-sabinene hydrate	0.45	0.59	-	-
22	32.06	Linalyl acetate	3.14	1.83	23.54	21.58
23	33.55	Lavandulyl acetate	-	-	-	2.47
24	33.62	β-Caryophyllene	-	-	2.04	-
25	33.67	Terpinene-4-ol	9.85	12.09	-	-
26	33.79	Hexyl hexanoate	0.21	0.27	-	-
27	34.17	Hexyl tiglitate	0.19	-	0.27	-
28	35.37	(Z)-β-Farnesene	1.78	1.01	0.44	0.30
29	35.64	Lavandulol	1.11	1.30	-	-
30	36.19	Cryptone	0.33	-	-	0.41
31	36.44	α-Terpineol	0.48	0.45	2.96	3.30
32	36.56	Borneol	7.22	9.41	1.79	3.35
33	37.04	Germacrene D	0.25	-	-	-
34	38.07	Neryl acetate	-	0.33	0.70	0.71
35	38.07	Geranyl acetate	0.49	-	1.25	1.28
36	39.14	Nerol	-	-	0.60	0.84
37	40.35	Geraniol	0.23	0.20	1.63	1.78
38	44.57	Caryophyllene oxide	-	-	-	0.27
39	49.32	Carvacrol	0.30	0.85	0.86	1.92
40	49.62	α-Bisabolol	0.48	0.34	0.85	1.08
		Tanımlanamayan	0.93	0.99	-	0.35

Borneol oranı ise lokasyonlara bağlı olarak %1.79-9.41 arasında değişmiştir. En yüksek borneol değeri Eskişehir örneğinde en düşük borneol değeri ise Isparta örneğinde belirlenmiştir. 1,8-Sineol değişimi lokasyonlara bağlı

olarak %1.95-6.27 arasında olmuştur. En düşük değer Isparta örneğinde tespit edilirken, en yüksek değer ise Uşak örneğinde tespit edilmiştir. α -terpineol içerikleri bakımından lokasyon örnekleri incelendiğinde değerlerin %0.45-3.30 arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek değer Uşak örneğinde, en düşük değer ise Eskişehir örneğinde belirlenmiştir. Lokasyonlara ait örneklerde β -caryophyllen (%2.04) sadece Isparta lokasyonunda tespit edilmiştir. Bunların dışında, Isparta örneğinin uçucu yağında geraniol asetat (%1.25), geraniol (%1.63), hexyl butanoat (%1.27), cis-Ocimen (%1.06) ve β -Ocimene (%2.44) tespit edilmiştir.

Çalışmada incelenen lokasyonların uçucu yağ kompozisyonu üzerinde etkili olduğu elde edilen değerlerden anlaşılmıştır. Bu durum bize uçucu yağ kompozisyonu üzerinde lokasyonlara bağlı olarak değişen ekolojik koşulların etkisini göstermektedir. Değişen sıcaklık, yağış miktarı, hava nispi nemi, ışıklandırma durumu ve rakım uçucu yağın kimyasal kompozisyonunda varyasyona neden olmuştur (Biesiada ve ark., 2008; Kara ve Baydar, 2014; Mammadov, 2014, Karık ve ark., 2017; Erbaş ve ark., 2017; Sönmez ve ark., 2018). Uçucu yağ örneklerinde belirlenmiş olan ana bileşenler bakımından değerlerimiz Baydar (2010), Erbaş ve Baydar (2008) ve Woronuk ve ark. (2011) bildirdikleri değerlerle paralellik göstermiştir.

SONUÇ

Bu çalışma kapsamında, değişen lokasyonlara bağlı olarak incelenen uçucu yağ oranları ve uçucu yağların kimyasal kompozisyonu birlikte değerlendirildiğinde hem uçucu yağ oranı hem de uçucu yağ kompozisyonu bakımından lavandin yağı üretimi için en uygun lokasyonun Isparta olduğu görülmüştür. Çünkü Isparta lokasyonunda bir taraftan en yüksek uçucu yağ oranına sahip kuru çiçekler üretilirken, diğer taraftan da yüksek linalool ve linalil asetata sahip uçucu yağ üretilmiştir. Ayrıca lavanta yağı kalitesi açısından önemli olan kafur ve limonen oranını da en düşük düzeyde içeren yağlar Isparta örneğinden elde edilmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması mevcut değildir.

YAZAR KATKISI

Duran Katar: Arazi ve laboratuvar çalışmalarının yürütülmesi, makalenin yazılması.

Mustafa Can: Arazi ve laboratuvar çalışmalarının gerçekleştirilmesi, istatistik analizinin yapılması.

Nimet Katar: Arazi ve laboratuvar çalışmalarının gerçekleştirilmesi.

KAYNAKLAR

- Baser, K. H. C. (1993). Essential oils of anatolian lamiaceae: a profile. *Acta Horticulture*, 333, 217-238.
- Baydar, H. (2010). Beyoğlu'na lavanta Isparta'dan gitmelidir. *Tarım Aktüel Dergisi*, 15, 62-63.
- Baydar, H., Kazaz, S., & Erbaş, S. (2013). Yağ gülü (*Rosa damascena* Mill.)'nde morfogenetik, ontogenetik ve diurnal varyabiliteler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(1), 1-11.
- Baydar, H. (2013). *Tıbbi, Aromatik ve Keyf Bitkileri Bilimi ve Teknolojisi*. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, Yayın No:51, Isparta.
- Beus, C. (2006). *Growing and Marketing Lavender*. Washington State University, 28p, Washington.
- Biesiada, A., Sokół-Łętowska, A., & Kucharska, A. (2008). The effect of nitrogen fertilization on yielding and antioxidant activity of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.). *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 7(2), 33-40.
- Dudas, S., Segon, P., Erhatic, R., & Kovacevic, V. (2013). *Influence of drying temperatures on essential oil content in savory *Satureja montana* L. (Lamiaceae)*. 2nd Scientific Conference with International Participation 24th-25th, Biotechnical Centre Naklo, Strahinj 99, Naklo, Slovenia.
- Erbaş, S. & Baydar, H. (2008). Effect of harvest time and drying temperature on essential oil content and composition in lavandin (*Lavandula × intermedia* Emeric ex Loisel.). *Turkish Journal of Field Crops*, 13(1): 24-31.
- Erbaş, S., Kucukyumuk, Z., Baydar, H., Erdal, İ., & Şanlı, A. (2017). Effects of different phosphorus doses on nutrient concentrations as well as yield and quality characteristics of lavandin (*Lavandula × intermedia* Emeric ex Loisel. var. Super). *Turkish Journal of Field Crops*, 22(1), 32-38.

- Gülşen, O. (2017). *Yozgat İli Çayyurulan İlçesinde Lavanta Yetiştiriciliğini Geliştirme Projesi Sonuç Raporu*. Orta Anadolu Kalkınma Ajansı, S: 31, Kayseri.
- Hui, L., He, L., Huan, L., XiaoLan, L., & Aiguo, Z. (2010). Chemical composition of lavender essential oil and its antioxidant activity and inhibition against rhinitis related bacteria. *African Journal Microbiology Research*, 4(4), 309-313.
- Kara, M. Ş., Özkutlu, F., Açıkgöz, M. A., & Batı, E. (2014). *Essential macro nutrient profiles of selected medicinal and aromatic plants from the family of lamiaceae*. Proceedings of the Eighth Conference on Medicinal and Aromatic Plants of Southeast European Countries (8th CMAPSEEC), Durrës, Albania.
- Kara, N. & Baydar, H. (2014). Kuruma yöntemleri, depolama koşulları ve sürelerinin lavanta (*lavandula* spp.)'nın uçucu yağ oranı ve bileşenlerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24(2), 185-192.
- Karık, Ü., Çiçek, F., & Çınar, O. (2017). Menemen ekolojik koşullarında lavanta (*lavandula* spp.) tür ve çeşitlerinin morfolojik, verim kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 27(1), 17-28.
- Katar, N., Katar, D., Aydın, D., & Olgun, M. (2018). Tıbbi adaçayı (*salvia officinalis* L.)'nda uçucu yağ oranı ve kompozisyonu üzerine ontogenetik varyabilitenin etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 4(2), 231-236.
- Katar, N., Katar, D., Temel, R., Karakurt, S., Bolatkıran, İ., Yıldız, E., & Soltanbeigi, A. (2019). The effect of different harvest dates on the yield and quality properties of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) plant. *Biological Diversity and Conservation*, 12(3), 7-13.
- Katar, N. & Aytaç, Z. (2019). Sater (*Satureja hortensis* L.) genotiplerinin farklı lokasyonlarda agronomik ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(2), 253-269.
- Kevseroğlu, K. (2014). *Bitki Ekolojisi*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 31, Samsun.
- Mammadov, R. (2014). *Tohumlu Bitkilerde Sekonder Metabolitler*. Nobel Akademik Yayıncılık, Yayın No: 841, Ankara.
- Mumivand, H., Babalar, M., Hadian, J., & Fakhr-Tabatabaei, M. (2011). Plant growth and essential oil content and composition of *Satureja hortensis* L. cv. Saturn in response to calcium carbonate and nitrogen application rates. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(10), 1859-1866.
- Saeb, K., & Gholamrezaee, S. (2012). Variation of essential oil composition of *Melissa officinalis* L. leaves during different stages of plant growth. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(2), 547-549.
- Sönmez, Ç., Şimşek Soysal, A. Ö., Okkaoğlu, H., Karık, Ü., Taghiloofar, A. H., & Bayram, E. (2018). Determination of some yield and quality characteristics among individual plants of lavender (*Lavandula angustifolia* mill.) populations grown under mediterranean conditions in Turkey. *Pakistan Journal of Botany*, 50(6): 2285-2290.
- Telci, İ. (2005). Reyhan (*Ocimum basilicum* L.) genotiplerinde uygun biçim yüksekliklerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2), 77-83.
- Telci, İ., Bayram, E., Yılmaz, G., & Avcı, B. (2006). Variability in essential oil composition of turkish basils (*Ocimum basilicum* L.). *Biochemical Systematics and Ecology*, 34, 489-497.
- Turhan, H. (2006). *Handbook of Herbs and Spices (Vol. 3). Lemon Balm (Chapter 23)*. Woodhead Publishing, England.
- Tursun, A. O., & Telci, İ. (2020). The effects of carbon dioxide and temperature on essential oil composition of purple basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 22(2), 255-265.
- Whiriskey, J., & McCarthy, P. (2006). Lavender production. <https://www.teagasc.ie/LavenderProduction.pdf>. Access date : April 24, 2020.
- Woronuk, G., Demissie, Z., Rheault, M., & Mahmoud, S. (2011). Biosynthesis and therapeutic properties of *lavandula* essential oil constituents. *Planta Medica*, 77(1), 7-15.



Araştırma Makalesi

Doğu Anadolu'nun Kuru Şartlarında Farklı Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Çeşitlerinin Kaba Yem Üretimlerinin Belirlenmesi

Mustafa Tan^{1*}, Süleyman Temel²

¹Trakya Üniversitesi Havsa Meslek Yüksekokulu Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, Edirne

²Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Iğdır

Geliş tarihi (Received): 22.05.2020

Kabul tarihi (Accepted): 01.07.2020

Anahtar kelimeler:

Chenopodium quinoa, kinoa, lokasyon, morfolojik özellikler, ot verimi, ham protein verimi

Özet. Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) yüksek rakımlarda, kurak ve tuzlu topraklar gibi ekstrem şartlarda başarı ile yetiştirilebilen bir alternatif bitkidir. Bu araştırma Doğu Anadolu Bölgesinin Erzurum ve Iğdır gibi iki farklı lokasyonunda 10 farklı kinoa çeşidinin kuru şartlardaki kaba yem üretim potansiyelini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Araştırma 2015 ve 2016 yıllarında şansa bağlı tam bloklar deneme planında 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her bir lokasyonda çeşitlerin kuru madde verimi, çiçeklenmeye kadar geçen süre, bitki boyu, yaprak alan indeksi, sap kalınlığı ve ham protein verimleri incelenmiştir. İki yıllık araştırma sonuçlarına göre Erzurum kuru şartlarında kinoa çeşitlerinin verimleri oldukça düşük (213.5-337.8 kg da⁻¹) bulunmuştur. Buna karşılık Iğdır şartlarında bütün çeşitler yeterli verim vermişlerdir (585.4-999.0 kg da⁻¹). Mint Vanilla, Oro de Valle, Sandoval Mix, Red Head, Cherry Vanilla, French Vanilla ve Rainbow çeşitleri yüksek kuru madde ve ham protein verimine sahip olmuşlardır. Bu sonuçlara göre Erzurum kuru şartlarında kinoa yetiştiriciliğinin uygun olmadığı, Iğdır şartlarında ise başta Mint Vanilla, Oro de Valle ve Sandoval Mix çeşitleri olmak üzere rahatlıkla yetiştirilebileceği belirlenmiştir.

*Sorumlu yazar

mustafatan@trakya.edu.tr

Determination of Roughage Production of Different Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Varieties in Dry Conditions of Eastern Anatolia

Keywords:

Chenopodium quinoa, quinoa, location, morphological properties, hay yield, crude protein yield

Abstract. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) is an alternative plant that can be successfully grown at high altitudes, in extreme conditions such as arid and saline soils. This research was carried out to determine the potential of 10 different quinoa varieties in two different locations of East Anatolia Region such as Erzurum and Iğdır in dry conditions. The research was established in 2015 and 2016 in the randomized complete blocks design with four replications. In each location, dry matter yield, time to flowering, plant height, leaf area, stem thickness, and crude protein yields of the varieties were examined. According to the results of two years of research, the yield of quinoa varieties was quite low (213.5-337.8 kg da⁻¹) in Erzurum dry conditions. In contrast, all varieties gave sufficient yield under Iğdır conditions (585.4-999.0 kg da⁻¹). Mint Vanilla, Oro de Valle, Sandoval Mix, Red Head, Cherry Vanilla, French Vanilla, and Rainbow varieties had a high dry matter and crude protein yields. According to these results, it was determined that quinoa cultivation was not suitable in Erzurum dry conditions and that it could be grown easily under the conditions of Iğdır, especially Mint Vanilla, Oro de Valle and Sandoval Mix varieties.

GİRİŞ

Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) son yıllarda ülkemizde tarımı yaygınlaşan alternatif ürünlerden birisidir. Ekstrem şartlara uyum sağlaması ve tohumlarının yüksek besleme değerine sahip olması gibi özellikleri ile ön plana çıkmaktadır (Tan ve Temel, 2019). Tohumları bulgur ve pirinç gibi insan beslenmesinde kullanılmaktadır. Tohumu gluten içermediği için glutene duyarlılığı olan çölyak hastaları için güvenli bir besindir (Jacobsen, 1993). Buğday, mısır ve pirinçten daha fazla protein içerir (Cardozo ve Tapia, 1979). Bu bitkinin tohumlarında ham protein içeriği ortalama %13 civarında olup, çeşitlere bağlı olarak %7.5 ile %22.1 arasında değişmektedir (Cardozo ve Tapia 1979; Kır ve Temel, 2016). Bu yüzden kinoanın çok iyi bir protein kaynağı olduğu kabul edilmektedir. Ayrıca; mineral, lif, A, B, C ve E vitaminlerince iyi bir kaynaktır. Tahıllardan yaklaşık 2 kat daha fazla lif içeren kinoa, beslenme uzmanları tarafından ısrarla önerilen bir gıda maddesidir (Tan ve Yöndem, 2013).

Bu bitkinin tarımı Güney Amerika'da 4200 m rakıma kadar çıkabilmektedir (FAO, 2011). Ancak anavatanında 4000 m'nin üzerinde yetişiyor olması dünyanın diğer bölgelerinde de aynı yükseklikte yetişeceği anlamına gelmez. Çünkü bitkilerin adaptasyonunda çok sayıda çevresel faktör birlikte etkili olmaktadır. Kazık kök sistemine sahip olan kinoa kurak şartlarda iyi bir kök sistemi geliştirerek kurağa dayanıklılık gösterir (Gonzales ve ark., 2009). Yüksek su kullanım etkinliğine sahip olduğundan 100-200 mm yağış alan yerlerde bile yetiştirildiği ifade edilmektedir (Garcia ve ark., 2003; Bertero ve ark., 2004). Derin ve yoğun kök sisteminin yanında dinamik stoma yapısı, kalın çeperli hücre duvarları ve özel kabarcıklı bezeler gibi su kaybını engelleyen mekanizmalara sahiptir (Garcia ve ark., 2015). Kinoa büyüme mevsimi süresince 250-400 mm su tüketir, ihtiyaç duyduğu su miktarı %50 seviyesine kadar kısıtlandığında veriminde önemli bir azalma olmaz (Akçay, 2017). Kır ve Temel (2016) Iğdır kuru koşullarında kinoadan 210 kg da⁻¹'a kadar tane verimi alınabildiğini belirlemişlerdir.

Kinoa daha çok insan beslenmesinde kullanılmak üzere tane üretimi için yetiştirilen bir bitkidir. Ancak bu bitki tuzlu ve kurak topraklarda kaba yem bitkisi olarak da yetiştirilebilmektedir. Kinoa otu ve samanı Güney Amerika'da sığır, koyun, at ve domuzların beslenmesinde yüzyıllardır kullanılmaktadır (FAO, 1994). Uygun genotiplerin kullanılmasıyla yüksek miktarda ot verimi alınabilmektedir. Doğru çeşit seçilerek iyi bakım yapılan tarlalarda kuru ot verimi kuru şartlarda 1 ton da⁻¹, sulu şartlarda ise 2 ton da⁻¹'in üzerine çıkabilmektedir (Kaoutar ve ark., 2017; Tan ve Temel, 2017 ve 2018; Temel ve Keskin, 2019a; Temel ve Şurgun, 2019; Temel ve Yolcu, 2020). Kinoa otu çeşit, ekim ve hasat zamanlarına bağlı olarak %13-22 oranında ham protein içermekte olup, sindirilme oranı %63-74'tür (Van Schooten ve Pinxterhuis, 2003; Üke ve ark., 2017; Temel ve Keskin, 2019b; Temel ve Yolcu, 2020). Kinoadan üretilen ot yeşil olarak veya silaj yapılarak hayvanlara yedirilmektedir.

Kinoa sahip olduğu binlerce çeşit, popülasyon ve yabani formuyla çok geniş bir genetik çeşitliliğe sahiptir. Bu zenginlik çevresel stres faktörlerine dayanıklılık sağlamakta ve bunun sonucunda sorunlu alanlar da dahil çok farklı ekolojilerde yetiştiriciliğini mümkün kılmaktadır. Bu nedenle farklı ekolojilerde farklı amaçlar için yapılacak üretimler için uygun çeşitlerin belirlenmesi gereklidir. Bu araştırma Doğu Anadolu'nun farklı özelliklere sahip Erzurum ve Iğdır illerinde değişik kinoa çeşitlerinin kuru şartlarda ot üretimini belirlemek amacıyla planlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Araştırma Doğu Anadolu Bölgesinin iki farklı lokasyonu olan Erzurum ve Iğdır illerinde 2015 ve 2016 yıllarında yürütülmüştür. Erzurum'daki denemeler Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Iğdır'daki denemeler ise Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanlarında kuru şartlarda yürütülmüştür. İki farklı lokasyonda 10 kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) çeşidi ot verimi ve bazı özellikler yönünden incelenmişlerdir. İncelemeye alınan çeşitler Peru, ABD, İngiltere ve Danimarka orijinli materyallerdir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan kinoa çeşitleri ve orijinleri.

Table 1. *Quinoa varieties and their origins used in the research.*

Çeşitler	Orijin	Çeşitler	Orijin
Titicaca	Danimarka	French Vanilla	USA
Qhaslala Blanca	Peru	Mint Vanilla	USA
Moqu-Arochilla	Peru	Oro de Valle	USA
Sandoval Mix	İngiltere	Rainbow	USA
Cherry Vanilla	USA	Red Head	USA

Araştırma her iki lokasyonda da şansa bağlı tam bloklar deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak ekilmiştir. Ekimler Iğdır'da 29 Mart 2015 ve 6 Nisan 2016; Erzurum'da ise 5 Mayıs 2015 ve 10 Mayıs 2016 tarihlerinde yapılmıştır. Sıra aralığı 35 cm, ekim normu ise 250-300 g da⁻¹ olacak şekilde ayarlanmıştır (Tan ve Yöndem, 2013;

Geren ve ark., 2015). Toprak tahlilleri göz önüne alınarak $12.5 \text{ kg N da}^{-1}$ dozunda azotlu ve $8 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ da}^{-1}$ dozunda fosforlu gübre uygulanmıştır (Tan ve Yöndem, 2013; Geren, 2015; Şurgun ve Temel, 2019). Denemelere su verilmemiş, sadece çapalama ve koparma şeklinde yabancı ot mücadelesi yapılmıştır.

Bitkiler çiçeklenme başlangıcı dönemine ulaştığı zaman kök boğazından biçilerek hasat edilmişlerdir (Tan ve Yöndem, 2013). Hasat edilen bitkiler torbalara doldurularak önce açık havada, daha sonra $65 \text{ }^\circ\text{C}$ 'lik kurutma fırınında sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutularak kuru madde verimleri hesaplanmıştır. Çiçeklenme süresi; ekimden çiçeklenmeye kadar geçen gün sayısı olarak kaydedilmiştir. Hasat esnasında parsellerden rastgele alınan 10 bitkide kök boğazı ile salkımın en uç noktası ölçülerek bitki boyu belirlenmiştir. Bu bitkilerde yapraklar ayrılarak yaprak alan ölçer yardımıyla önce toplam yaprak alanları ve daha sonra basit bir eşitlik yardımıyla yaprak alan indeksleri (m^2) bulunmuştur. Saplar alttan itibaren 2. ve 3. yaprak arasındaki noktasından kumpas yardımı ile ölçülerek sap kalınlıkları belirlenmiştir. Her parselden alınan kurutulmuş bitkiler öğütülerek Mikro Kjeldahl metoduyla önce toplam % N içeriği ve sonra 6.25 katsayısıyla çarpılarak ham protein oranları belirlenmiştir (AOAC, 1997). Daha sonra bu oranlar kuru madde verimleri ile çarpılarak ham protein verimleri (kg da^{-1}) hesaplanmıştır. Elde edilen iki yıllık ortalama veriler MSTAT-C paket programı yardımıyla varyans analizine tabi tutulmuş, ortalamalar arasındaki farklılıklar 0.05 ihtimal seviyesinde LSD çoklu karşılaştırma testi ile harflendirilmiştir.

Araştırmanın yürütüldüğü Erzurum ve Iğdır illerinin her ikisi de Doğu Anadolu coğrafi bölgesinde yer almasına rağmen birbirlerinden çok farklı ekolojik özelliklere sahiptirler. Erzurum bölgenin en yüksek rakımlı ili olup, denizden yüksekliği 1860 m'dir. Genel olarak kış ayları soğuk ve kar yağışlı, yaz ayları ise nispeten serin ve kurak geçmektedir. İlin en önemli tarımsal özelliklerinden birisi bitki yetiştirme sezonunun kısa olmasıdır. Iğdır ili ise Doğu Anadolu Bölgesi içerisinde mikroklima özelliğe sahip ve Erzurum'dan çok farklı bir ildir. Bitki yetiştirme sezonu uzundur. Rakımı 876 m olan Iğdır'ın yaz ayları sıcak ve kurak olup, buharlaşma oranı yüksektir. Erzurum ve Iğdır lokasyonlarına ait deneme aylarındaki sıcaklık ve yağış değerleri Çizelge 2'de verilmiştir (MGM, 2017). Araştırmanın 2015 yılında hem Erzurum'da hem de Iğdır'da sıcaklık 2016 yılı ve uzun yıllar ortalamasından daha yüksek gerçekleşmiştir. Buna karşılık 2016 yılı her iki lokasyonda da 2015'e göre daha yağışlı seyretmiştir. Iğdır ili 2015 yılı belirgin olarak kurak bir yıl olarak kaydedilmiştir (75.4 mm).

Çizelge 2. Erzurum ve Iğdır illerinin 2015 ve 2016 yılları ile uzun yıllar ortalaması (UYO) deneme aylarına ait sıcaklık ve yağış değerleri.

Table 2. Temperature and precipitation values of Erzurum and Iğdır provinces for the years of 2015 and 2016 and their long-term average (LTA) trial months.

Aylar	Sıcaklık ($^\circ\text{C}$)						Yağış (mm)					
	Erzurum			Iğdır			Erzurum			Iğdır		
	UYO	2015	2016	UYO	2015	2016	UYO	2015	2016	UYO	2015	2016
Nisan	5.5	5.3	7.1	13.3	16.4	14.7	51.4	88.6	39.4	34.5	44.1	20.1
Mayıs	10.6	10.6	10.5	17.8	21.3	18.7	70.3	81.5	64.8	47.1	41.5	23.5
Haziran	14.9	17.0	14.8	22.1	28.5	23.0	46.3	28.5	88.6	33.0	27.8	26.9
Temmuz	19.3	21.2	19.0	25.9	31.8	26.2	26.0	5.8	17.8	13.8	2.0	32.0
Top./Ort.	12.6	13.5	12.9	20.0	24.5	20.7	194.0	204.4	210.6	128.4	75.4	102.5

UYO: Uzun yıllar ortalaması (1990-2014)

Tarla çalışmalarının yürütüldüğü topraklar her iki lokasyonda da killi-tınlı tekstür sınıfına dahildir. Fakat Iğdır lokasyonu toprak özellikleri Erzurum lokasyonuna göre belirgin bir şekilde yüksek elektriksel iletkenlik, pH ve kireç oranına sahiptir. Her iki lokasyonda da topraklar düşük organik madde oranına sahiptir (Çizelge 3) (Kacar, 2012).

Çizelge 3. Deneme alanları topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Table 3. Some physical and chemical properties of the study area soils.

Toprak Özellikleri	Erzurum	Iğdır
Tekstür sınıfı	Killi-tınlı	Killi-tınlı
EC (ms cm^{-1})	0.48	2.00
pH	7.1	7.9
Kireç ($\%\text{CaCO}_3$)	2.5	6.5
Potasyum ($\text{kg K}_2\text{O da}^{-1}$)	138	343
Fosfor ($\text{kg P}_2\text{O}_5 \text{ da}^{-1}$)	7.4	8.0
Organik madde (%)	1.4	1.6

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kinoada çiçeklenmeye kadar geçen süre lokasyonlara ve çeşitlere göre önemli seviyede farklılık göstermiştir (Çizelge 4). Erzurum şartlarında 71.9 gün olan çiçeklenmeye kadar geçen süre İğdir şartlarında 80.2 gün olarak gerçekleşmiştir. Erzurum iklim şartlarının daha serin ve nemli (Çizelge 2) olmasına rağmen bitkiler daha erken çiçeklenmişlerdir. Bu durum ekimlerin geç yapılmış olmasından kaynaklanmaktadır. Kinoa kısa gün bitkisi olup, yaz aylarında günlerin kısalması ile birlikte çiçeklenmeye başlamaktadır. Bu nedenle Erzurum şartlarında çiçeklenme daha erken gerçekleşmiştir. Kaya ve Kızıl Aydemir (2020) kinoanın Bilecik şartlarında ortalama 69 günde, Geren ve Güre (2017) İzmir şartlarında 73 günde çiçeklendiğini belirlemişlerdir. Çiçeklenmeye başlama süresi genotiplere göre büyük değişim göstermektedir. Çeşitlerin çiçeklenmesi lokasyonlara göre de farklılık gösterdiği için çeşit x lokasyon interaksyonu önemli bulunmuştur. Titicaca çeşidi her iki lokasyonda da en erken çiçeklenen materyaldir (68.8 ve 71.8 gün). Moqu Arrochilla çeşidi de erkencilik özelliği göstermiş, Erzurum'da 71.3 günde çiçeklenirken, İğdir şartlarında 73.5 günde çiçeklenmeye ulaşmıştır. Diğer taraftan Erzurum'da erkenci özellik gösteren Rainbow (70.3 gün) İğdir şartlarında en son çiçeklenen materyallerden bir olmuştur (86.8 gün). Araştırmada en geç çiçeklenen çeşit Qhaslala Blanca'dır. Bu çeşit Erzurum'da 81.3 gün, İğdir'de 94.3 günde çiçeklenebilmiştir (Çizelge 4). Kinoada çiçeklenme süresinin materyalin kökenine göre değişim gösterdiği Christiansen ve ark. (2010) tarafından da ortaya konulmuştur.

Çizelge 4. Kinoa çeşitlerinin iki yıllık ortalama çiçeklenme süresi ve bitki boyları¹.

Table 4. Two-year average flowering period and plant height of quinoa varieties¹.

Çeşitler	Çiçeklenme süresi (gün)		Bitki boyu (cm)	
	Erzurum	İğdir	Erzurum	İğdir
Titicaca	68.8 e	71.8 de	49.2 fg	83.0 bcd
Rainbow	70.3 de	86.8 b	75.1 de	96.1 ab
Red Head	71.3 de	78.3 c	74.0 de	98.4 a
Sandoval Mix	69.3 de	78.8 c	62.0 ef	89.9 abc
Cherry Vanilla	70.8 de	79.0 c	52.3 fg	97.5 a
French Vanilla	70.8 de	78.4 c	54.1 fg	96.4 a
Mint Vanilla	73.3 d	81.3 c	60.4 f	98.8 a
Oro de Valle	72.0 de	80.1 c	52.3 fg	100.6 a
Qhaslala Blanca	81.3 c	94.3 a	45.9 g	95.8 ab
Moqu Arrochilla	71.3 de	73.5 d	53.5 fg	77.6 cd
Ortalama	71.9 B	80.2 A	57.9 B	93.4 A
Önemlilik (LSD _{0.05})	Çeşit: *		Çeşit: *	
	Lokasyon: *		Lokasyon: *	
	Ç x L: * (LSD _{0.05} : 4.4)		Ç x L: * (LSD _{0.05} : 13.2)	

*: 0.05 ihtimal sınırlarında önemlilik gösterir.

¹: Değişik harfle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak farklıdır.

Kinoada bitki boyu, hem çeşitlere ve hem de lokasyonlara göre değişiklikler göstermiş, bunlara ait interaksyon da önemli bulunmuştur (Çizelge 4). Kinoa saplarının ucunda çiçek açan determinant (sınırlı büyüme yapan) bir bitkidir. Bu nedenle boy uzaması çiçeklenme dönemine kadar gerçekleşmekte, çiçeklenmeden sonra uzama sadece salkımların uzaması şeklinde devam etmektedir. İğdir şartlarında daha uzun süre gelişme şansı bulan bitkiler daha uzun boylu olmuşlardır. Genel olarak incelendiğinde Rainbow ve Red Head çeşitlerinin uzun, Titicaca ve Moqu Arrochilla çeşitlerinin kısa boylu olduğu söylenebilir. Ancak çeşitler lokasyonlara göre farklı performanslar ortaya koymuşlar, bu da çeşit x lokasyon interaksyonunun önemli çıkmasına sebep olmuştur. Araştırmadaki en kısa bitki boyu (45.9 cm) Erzurum şartlarında Qhaslala Blanca çeşidinde belirlenmiştir. Bunu yine Erzurum lokasyonunda Titicaca çeşidi (49.2 cm) takip etmiştir. En uzun bitkiler ise sırasıyla İğdir lokasyonunda yetiştirilen Oro de Valle (100.6 cm), Mint Vanilla (98.8 cm) ve Red Head (98.4 cm) çeşitlerinde tespit edilmiştir. Genel olarak; daha geçici olan çeşitlerin gelişme süresi uzun olan İğdir lokasyonunda daha uzun boylu oldukları görülmektedir. Farklı lokasyonlarda farklı kinoa genotiplerini inceleyen Pulvento ve ark. (2010) da benzer sonuçlar belirlemişlerdir.

Yaprak alanı indeksi ot kalitesi ve verim için önemli bir parametredir. Yaprak alanı indeksi yüksek olan bitkilerin ot kalitelerinin ve verimlerinin de yüksek olması beklenmektedir. İğdir şartlarında yetiştirilen bitkiler daha fazla yaprak alan indeksine sahip olmuşlardır (Çizelge 5). Erzurum şartlarında kinoa çeşitleri ortalama 1.63 m² yaprak alanı indeksi oluştururken, İğdir şartlarında 5.64 m² alan üretmişlerdir. İğdir şartlarında bitkilerin daha uzun gelişme süresine sahip olması ve daha uzun boylu olmaları (Çizelge 4) bu sonucu ortaya çıkarmıştır. Çeşitler

arasında Erzurum şartlarında Sandoval Mix (2.26 m²) ve Rainbow (1.95 m²), Iğdır şartlarında Mint Vanilla (7.22 m²), Red Head (6.32 m²) ve Oro de Valle (6.31 m²) yüksek yaprak alan indeksine sahip olmuşlardır. Bilalis ve ark. (2012) yapılan uygulamalara bağlı olarak kinoada yaprak alan indeksinin 4.47-5.03 m² arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Ruiz ve Bertero (2008) da yıllara (iklim şartları) ve genotiplere göre kinoanın yaprak alan indeksinin değiştiğini bulmuşlardır.

Çizelge 5. Kinoa çeşitlerinin iki yıllık ortalama yaprak alanı indeksi ve sap kalınlıkları¹.

Table 5. Two-year average leaf area index and stem thickness of quinoa varieties¹.

Çeşitler	Yaprak alan indeksi (m ²)		Sap kalınlığı (mm)	
	Erzurum	Iğdır	Erzurum	Iğdır
Titicaca	1.71 de	4.83 abc	7.3 cd	9.5 abc
Rainbow	1.95 cde	6.06 a	9.9 abc	10.9 abc
Red Head	1.59 e	6.32 a	10.1 abc	10.6 abc
Sandoval Mix	2.26 b-e	6.03 a	7.9 abc	11.0 abc
Cherry Vanilla	1.54 e	4.69 abc	7.8 bcd	11.0 abc
French Vanilla	1.43 e	5.19 ab	7.3 cd	10.6 abc
Mint Vanilla	1.45 e	7.22 a	8.3 abc	10.8 abc
Oro de Valle	1.45 e	6.31 a	8.9 abc	11.4 ab
Qhaslala Blanca	1.60 de	5.21 a	5.6 d	11.8 a
Moqu Arrochilla	1.27 e	4.54 a-d	7.5 bcd	9.9 abc
Ortalama	1.63 B	5.64 A	8.1 B	10.8 A
Önemlilik (LSD _{0.05})	Çeşit: *		Çeşit: *	
	Lokasyon: *		Lokasyon: *	
	Ç x L: * (LSD _{0.05} : 2.94)		Ç x L: * (LSD _{0.05} : 3.9)	

*: 0.05 ihtimal sınırlarında önemlilik gösterir.

¹: Değişik harfle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak farklıdır.

Iğdır şartlarında yetişen bitkiler Erzurum lokasyonundakilere göre daha kalın saplı olmuşlardır (Çizelge 5). Daha geçici ve daha uzun boylu olan bitkilerde sapların daha kalın olması beklenen bir durumdur. Bunun yanında farklı özellikleri olan çeşitlerin de sap kalınlıkları farklılık göstermiştir. Qhaslala Blanca çeşidi Erzurum şartlarında 5.6 mm ile en ince saplı çeşit olurken, Iğdır şartlarında yine aynı çeşit 11.8 mm ile en kalın saplı materyal olmuştur. Bu durum çeşitlerin lokasyonlara göre farklı performans gösterdiklerinin en güzel örneğidir. Red Head çeşidi ise Erzurum'da 10.1 mm ve Iğdır'da 10.6 mm ile birbirlerine çok yakın değerlere sahip olmuştur. Kinoada sap kalınlığının genotiplere göre değiştiğini Curti ve ark. (2012) ve Spehar ve de Barros Santos (2005) gibi araştırmacılar da teyit etmişlerdir.

Çizelge 6. Kinoa çeşitlerinin iki yıllık ortalama kuru madde ve ham protein verimleri¹.

Table 6. Two-year average dry matter and crude protein yields of quinoa varieties¹.

Çeşitler	Kuru madde verimi (kg da ⁻¹)		Ham protein verimi (kg da ⁻¹)	
	Erzurum	Iğdır	Erzurum	Iğdır
Titicaca	255.7 bc	667.4 ab	44.9 efg	113.6 abc
Rainbow	337.8 bc	831.8 a	56.8 def	108.9 a-d
Red Head	257.3 bc	863.4 a	46.6 efg	122.0 abc
Sandoval Mix	283.3 bc	888.5 a	51.3 efg	146.4 ab
Cherry Vanilla	243.9 c	857.0 a	41.7 fg	143.0 abc
French Vanilla	253.5 bc	846.8 a	47.2 efg	140.2 abc
Mint Vanilla	240.5 c	999.0 a	42.2 fg	158.6 a
Oro de Valle	249.8 bc	917.5 a	44.9 efg	144.1 abc
Qhaslala Blanca	213.5 c	585.4 abc	36.7 g	93.2 c-f
Moqu Arrochilla	233.7 c	592.6 abc	38.9 g	97.5 b-e
Ortalama	256.9 B	804.9 A	45.1 B	126.8 A
Önemlilik (LSD _{0.05})	Çeşit: *		Çeşit: *	
	Lokasyon: *		Lokasyon: *	
	Ç x L: * (LSD _{0.05} : 421.2)		Ç x L: * (LSD _{0.05} : 52.8)	

*: 0.05 ihtimal sınırlarında önemlilik gösterir.

¹: Değişik harfle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak farklıdır.

Araştırmada kinoanın kuru madde verimleri Iğdır şartlarında (804.9 kg da⁻¹) Erzurum şartlarına (256.9 kg da⁻¹) göre belirgin olarak daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 6). Bu sonuçlar Erzurum ekolojisinin kuru şartlarında kinoa

yetiştiriciliğine uygun olmadığını ortaya koymaktadır. Çünkü yeterli çimlenmenin sağlanması için ekimler Mayıs ayı içerisinde yapılmakta, yaz sıcakları başlayınca bitkiler yeterince gelişmeden çiçeklenmektedirler. Bu nedenle kuru şartlarda yapılan yetiştiricilikte yeterli ürün alınmamaktadır. İğdir ekolojisinde ekimler erken yapıldığı için Nisan ve Mayıs aylarında bitkiler yeterli gelişme göstermekte ve verimler yükselmektedir. Ayrıca bölge topraklarının hafif tuzlu olması da kinoanın daha iyi performans göstermesine katkı yapmış olabilir (Jacobsen, 2003). Bu lokasyonda çeşitlerin kuru madde verimleri 585.4 kg da⁻¹ ile 999.0 kg da⁻¹ arasında değişmiş ve materyallerin tamamı araştırmadaki en yüksek verimli gruba dahil olmuşlardır. En verimli çeşitler Mint Vanilla, Oro de Valle ve Sandoval Mix olarak belirlenmiştir. Farklı bölgelerde yapılan çalışmalar kinoa çeşitlerinin farklı kuru madde verimi performansları gösterdiğini ortaya koymuştur (Spehar ve Barros Santos, 2005; Üke ve ark., 2017; Kaya ve Kızıl Aydemir, 2020).

İğdir şartlarında kuru madde verimlerinin yüksek olması ham protein verimlerine yansımış ve İğdir'da ortalama 126.8 kg da⁻¹ ham protein verimi elde edilmiştir. Buna karşılık Erzurum lokasyonunda ortalama ham protein verimi 45.1 kg da⁻¹'dir. Erzurum şartlarında en yüksek ham protein verimi 56.8 kg da⁻¹ (Rainbow) olarak belirlenirken İğdir şartlarında ham protein verimleri 93.2 kg da⁻¹ ile 158.6 kg da⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek değerler Mint Vanilla, Sandoval Mix, Oro de Valle, Cherry Vanilla ve French Vanilla çeşitlerinde belirlenmiştir. Ham protein verimi ham protein oranı ve kuru madde verimlerinden hesaplandığı için, bu parametreleri etkileyen bütün faktörler ham protein verimine yansımaktadır. Ama özellikle kuru madde veriminin ham protein veriminde çok etkili olduğu görülmektedir. Çeşitler arasındaki farklılığı Kaya ve Kızıl Aydemir (2020) de belirlemişlerdir.

SONUÇ

Araştırmadan elde edilen iki yıllık sonuçlar kinoanın Doğu Anadolu kuru şartlarında lokasyonlara göre farklı sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur. Erzurum'da kuru şartlarda kinoa yetiştiriciliğinin uygun olmadığı görülmektedir. Çünkü ekimlerin yapılabilmesi için toprak sıcaklığının 7-8 °C'ye ulaşması beklenmektedir. Bu da Mayıs ayı içerisinde mümkün olmaktadır. Haziran ayı itibarı ile hava sıcaklığının yükselmesi ve günlerin kısalmaya başlaması ile birlikte bitkiler yeterli büyüme gerçekleştirilmeden çiçeklenmekte ve verimleri düşük kalmaktadır. Buna karşılık İğdir koşullarında ekimlerin erken yapılması nedeniyle kuru şartlarda da olsa kinoa yüksek verimlere ulaşabilmektedir. İğdir şartlarında bütün çeşitler yeterli üretim yapmışlardır. Ancak Mint Vanilla (999.0 kg da⁻¹), Oro de Valle (917.5 kg da⁻¹) ve Sandoval Mix (888.5 kg da⁻¹) çeşitleri daha yüksek verimli olmuşlardır. Bu çeşitler aynı zamanda ham protein verimi yönünden de ilk üç sırayı almışlardır. Red Head (863.4 kg da⁻¹), Cherry Vanilla (857.0 kg da⁻¹), French Vanilla (846.8 kg da⁻¹) ve Rainbow (831.8 kg da⁻¹) çeşitleri de yüksek verimli bulunmuşlardır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Makale yazarları arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKISI

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamışlardır.

TEŞEKKÜR

Bu makale TÜBİTAK tarafından desteklenen TOVAG-214O232 numaralı projenin sonuçlarından üretilmiştir.

KAYNAKLAR

- Akçay, E. (2017). *Farklı tuzluluk ve sulama seviyelerinin bazı kinoa (Chenopodium quinoa Willd.) genotiplerinde kök ve sürgün gelişmesine etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Erzurum.
- AOAC. 1997. *Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists*. 16. ed. 3. revision. Arlington, VA, USA.
- Bertero, H. D., De la Vega, A. J., Correa, G., Jacobsen, S. E., & Mujica, A. (2004). Genotype and genotype-by-environment interaction effects for grain yield and grain size of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as revealed by pattern analysis of multi-environment trials. *Field Crop Research*, 89, 299-318.
- Bilalis, D., Kakabouki, I., Karkanis, A., Travlos, I., Triantafyllidis, V., & Hela, D. (2012). Seed and saponin production of organic quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) for different tillage and fertilization. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici*, 40, 42-46.

- Cardozo, A., & Tapia, M. (1979). Valor Nutritivo. In M. Tapia, H. Gandarillos, S. Alandia, A. Cardozo & A. Mujica (Eds.), *Quinoa Y Kaniwa, Cultivos Andinos* (pp. 149-192). Bogota CIID, Oficina Regional para la America Latina.
- Christiansen, J., Jacobsen, S. E., & Jorgensen, S. E., 2010. Photoperiodic effect on flowering and seed development in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Acta Agriculturae Scandinavica Section B Soil and Plant Science*, 60, 539-544.
- Curti, R. N., Andrade, A. J., Bramardi, S., Velasquez, B., & Bertero, H. D. (2012). Ecogeographic structure of phenotypic diversity in cultivated populations of quinoa from northwest Argentina. *Annals of Applied Biology*, 160, 114-125.
- FAO (1994). Plant Production and Protection Series. In J. E. Hernandez & J. Leon (Eds.), *Neglected Crops 1492 from a Different Perspective*. No. 26, Available at <http://www.fao.org/docrep/T0646E/T0646E00.htm> (Access date: March 01, 2014).
- FAO (2011). *Quinoa: An Ancient Crop to Contribute to World Food Security*. FAO Regional Office For Latin America and the Caribbean. http://www.fao.org/alc/file/media/pubs/2011/cultivo_quinoa_en.pdf. Access date: 04 May 2017.
- Garcia, M., Condori, B. & Del Castillo, C. (2015). *Agroecological and Agronomic Cultural Practices of Quinoa in South America*. In K. Murphy & J. Matanguihan (Eds.), *Quinoa: Improvement and Sustainable Production, First Edition* (p: 25-46). John Wiley & Sons, Inc.
- Garcia, M., Raes, D., & Jacobsen, S. E. (2003). Evapotranspiration analysis and irrigation requirements of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in the Bolivian highlands. *Agricultural Water Management*, 60, 119-134.
- Geren, H. (2015). Effect of different nitrogen levels on the grain yield and some yield components of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) under Mediterranean climatic conditions. *Turkish Journal of Field Crops*, 20, 59-64.
- Geren, H., & Güre, E. (2017). Farklı azot ve fosfor seviyelerinin kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'da tane verimi ve bazı verim unsurlarına etkisi üzerinde bir ön araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54, 1-8.
- Geren, H., Kavut, Y. T., & Altınbaş, M. (2015). Bornova ekolojik koşullarında farklı sıra arası uzaklıkların kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'da tane verimi ve bazı verim özellikleri üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52, 69-78.
- Gonzalez, J. A., Gallardo, M., Hilal, M., Rosa, M., & Prado, F. E. (2009). Physiological responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to drought and waterlogging stresses: Dry matter partitioning. *Botanical Studies*, 50, 35-42.
- Jacobsen, S. E. 2003. The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Review International*, 19, 167-177.
- Jacobsen, S. E. (1993). *Quinoa: Chenopodium quinoa Willd: A Novel Crop for European Agriculture*. Department of Agricultural Science. The Royal Veterinary and Agricultural University, Denmark, 145 p.
- Kacar, B. (2012). *Toprak Analizleri*. Nobel Akademik Yayıncılık, Yayın No: 484, Ankara.
- Kaoutar, F., Abdelaziz, H., Ouafae, B., Redouane, C., & Ragab, R. (2017). Yield and dry matter simulation using the saltmed model for five quinoa (*Chenopodium quinoa*) accessions under deficit irrigation in South Morocco. *Irrigation and Drainage*, 66(3), 340-350.
- Kaya, E., & Kızıl Aydemir, S. (2020). Determining the forage yield, quality and nutritional element contents of quinoa cultivars and correlation analysis on these parameters. *Pakistan Journal of Agricultural Science*, 57, 311-317.
- Kır, A. E., & Temel, S. (2016). İğdir ovası kuru koşullarında farklı kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) çeşit ve popülasyonlarının tohum verimi ile bazı tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *İğdir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4, 145-154.
- MGM. (2017). *Başbakanlık DMİ Genel Müdürlüğü Meteoroloji Bültenleri*, Ankara.
- Pulvento, C., Riccardi, M., Lavini, A., D'Andria, R., Lafelice, G., & Marconi, E. (2010). Field trial evaluation of two *Chenopodium quinoa* genotypes grown under rain-fed conditions in a typical Mediterranean environment in South Italy. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 196, 407-411.
- Ruiz, R. A., & Bertero, H. D. (2008). Light interception and radiation use efficiency in temperate quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. *European Journal of Agronomy* 29, 144-152.
- Spehar, C. S., & de Barros Santos, R. L. (2005). Agronomic performance of quinoa selected in the Brazilian Savannah. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 40, 609-612.
- Tan, M., & Temel, S. (2017). Erzurum ve İğdir şartlarında yetiştirilen farklı kinoa genotiplerinin kuru madde verimi ve bazı özelliklerinin belirlenmesi. *İğdir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7, 257-263.
- Tan, M., & Temel, S. (2019). *Her Yöneye Kinoa, Önemi, Kullanılması ve Yetiştiriciliği*. Iksad Publishing House, Ankara.
- Tan, M., & Yöndem, Z. (2013). İnsan ve hayvan beslenmesinde yeni bir bitki: Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Alnteri*, 25, 62-66.
- Tan, M., & Temel, S. (2018). Performance of some quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes grown in different climate conditions. *Turkish Journal of Field Crops*, 23(2): 180-186.

-
- Temel, I., & Keskin, B. (2019a). Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'nın ot verimi ve bazı verim unsurlarına farklı sıra üzeri ve sıra arası mesafelerin etkileri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 522-532.
- Temel, I., & Keskin, B. (2019b). Farklı sıra arası ve sıra üzeri mesafelerinin kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'nın besin içeriğine etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5(1), 110-116.
- Temel, S., & Şurgun, N. (2019). Farklı dozlarda uygulanan azot ve fosforlu gübrelemenin kinoanın ot verimi ve kalitesine etkisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(3), 1785-1796.
- Temel, S., & Yolcu, S. (2020). The effect of different sowing time and harvesting stages on the herbage yield and quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Turkish Journal of Field Crops*, 25(1), (Basımda).
- Üke, Ö., Kale, H., Kaplan, M., & Kamalak, A. (2017). Olgunlaşma döneminin kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'da ot verimi ve kalitesi ile gaz ve metan üretimine etkisi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 20(1), 42-46.
- Van Schooten, H. A., & Pinxterhuis, J. B. (2003). Quinoa as an alternative forage crop in organic dairy farming. *Optimal forage systems for animal production and the environment grassland science in Europe*, Pleven, Bulgaria.



Araştırma Makalesi

NaCl Stresinin Yem Bezelyesinin Klorofil ve Mineral İçeriğine Etkisi**

Hatice Zambı, Özlem Önal Aşçı*

Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ordu

Geliş tarihi (Received): 08.07.2020

Kabul tarihi (Accepted): 05.11.2020

Anahtar kelimeler:

Tuz, çeşit, tolerans

Özet. Araştırma bazı yem bezelyesi genotiplerinde tuz konsantrasyonlarının (0, 25, 50, 75, 100, 125 ve 150 mM) bitkinin klorofil ve mineral madde içeriğine etkisini belirlemek amacıyla, saksı denemesi olarak yürütülmüştür. Deneme tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Araştırmada yaprağın SPAD değeri, toprak üstü aksamın Na, Ca, K, P konsantrasyonu, K Na⁻¹ ve CaNa⁻¹ oranı belirlenmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda, P konsantrasyonu hariç incelenen diğer özellikler bakımından genotip x tuz dozu interaksyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Tuz stresi karşısında bitkilerin klorofil, fosfor, potasyum içeriği ile K Na⁻¹ oranı azalırken, Ca ve Na konsantrasyonu artmıştır. Araştırmada incelenen genotiplerin tamamında artan tuz dozları ile birlikte, bitkinin toprak üstü aksamında biriken Na miktarı da artmış, ancak artış hızı bütün genotiplerde aynı olmamıştır.

*Sorumlu yazar

onalozlem@hotmail.com

Effect of NaCl Stress on Chlorophyll and Mineral Content of Forage Pea

Keywords:

Salt, cultivar, tolerance

Abstract. The research was carried out as a pot experiment in order to determine the effect of salt concentrations (0, 25, 50, 75, 100, 125 and 150 mM) on the chlorophyll and mineral content of some forage pea genotypes. The experiment was established in randomized plots according to factorial design with 3 replications. In the research, the SPAD value of the leaf, Na, Ca, K, P concentration, K Na⁻¹ and CaNa ratio of the aboveground components were determined. As a result of the analysis of variance, genotype x salt dose interaction was found to be statistically significant in terms of other properties except P concentration. In the face of salt stress, chlorophyll, phosphorus, potassium content and K Na⁻¹ ratio of plants decreased while Ca and Na concentration increased. In all of the genotypes studied, the amount of Na accumulated in the above-ground parts of the plant increased with increasing salt doses, but the rate of increase was not the same in all genotypes.

**Çalışma Farklı NaCl konsantrasyonlarının bazı bezelye (*Pisum sativum*) çeşit ve genotiplerinin bitki gelişimine etkisi başlıklı tezden üretilmiştir.

ORCID ID (Yazar sırasına göre/By author order)

0000-0003-3196-5772 0000-0002-9487-9444

GİRİŞ

Ülkemizde 2000'li yıllardan bu yana uygulanan desteklemelerle yem bitkileri ekim oranı %8'e kadar ulaşmasına rağmen kaliteli kaba yem açığını karşılamaktan çok uzaktır. Birçok yem bitkisi türünün rahatlıkla yetiştirilebileceği ülkemizde genellikle tek yıllık türler tercih edilmektedir. Yem bezelyesi hem kaba hem de kesif yem olarak kullanılabilen tek yıllık serin mevsim baklagil yem bitkisidir. Özellikle son zamanlarda soyanın GDO'lu olma tehlikesi nedeni ile bezelye tohumları rasyonlarda soya yerine kullanılabilir değerli bir protein kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır (Uzun ve ark., 2012). Bu nedenlerle ülkemizde giderek üretiminin yaygınlaştığını ve bilimsel çalışmaların da arttığını görmekteyiz.

Tuzluluk ülkemiz topraklarında karşılaşılan en önemli sorunlardan biridir. Yağış oranının az ve buharlaşmanın fazla olduğu, kurak ve yarı kurak bölgelerde tuzluluk doğal olarak bulunmakta, sulanan alanlarda ise aşırı sulamayla oluşmaktadır (Keser ve ark., 2009). Ülkemizde kıyı bölgelerde yer alan tarım alanlarında ise sulama suyu olarak taban suyu ya da yer altı suyu kullanılması ile tuzluluk problemi artmaktadır. Örneğin Bafra ovasında yaklaşık 2000 ha'lık alanda tuzluluk probleminin yaşandığı bildirilmiştir (Arslan ve ark., 2008; Cemek ve ark., 2006).

Doğada birçok tuz formu bulunmakla birlikte, en çok NaCl bulunduğundan (Kuşvuran, 2010) tuzluluk denildiğinde ilk olarak akla NaCl gelmektedir. Tuz stresi bitkilerde stomaların kapanması, klorofilin yapısının değişmesi ve fotosentetik mekanizmasının bozulmasına neden olarak fotosentetik aktiviteyi olumsuz etkilemektedir (Çulha ve Çakırlar, 2011). Yanısıra Cl⁻ ve Na⁺ iyonları bitkilerin topraktan NO₃⁻, K⁺ ve Ca⁺ alımını azaltırlar (Kacar ve ark., 2009). Bunun sonucunda bitkide besin elementi eksikliği, mineraller arası dengenin bozulması yaşanır. Yıldırım ve ark., (2008) 75 mM NaCl uygulandığında bezelyenin hem köklerinde hem de gövdesinde Ca içeriğinin kontrol bitkilerine göre arttığını belirlemişlerdir. Shahid ve ark. (2011) farklı bezelye genotiplerinde NaCl stresinin bitkilerin klorofil içeriklerini azaltırken, Na birikimini arttırdığını ve Na:K oranını değiştirdiğini belirlemişlerdir. Ayrıca yapraklarında daha az Na, daha fazla P ve K konsantrasyonuna sahip genotiplerin tuza daha toleranslı olduklarını bildirmişlerdir. Kaymak ve Acar (2020), orman üçgülü ile yürüttükleri çalışmalarında, topraktaki tuz yoğunluğu arttıkça yapraklardaki klorofil a, klorofil b ve karotenoid miktarının azaldığını belirlemişlerdir.

Bu çalışma; bazı yem bezelyesi çeşit ve genotiplerinde farklı NaCl konsantrasyonlarının bitkinin klorofil ve mineral içeriğine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL VE METOT

Çalışma Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi serasında 2014 yılında saksı denemesi olarak yürütülmüştür. Araştırmada yem bezelyesinin Töre, Gölyazı, Özkaynak, Ürünlü çeşitleri ile yemlik kullanıma uygun 2 yerel popülasyona (Çaybaşı ve Turnasuyu) ait tohumlar kullanılmıştır.

Tesadüf Parsellerinde Faktöriyel Deneme Desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kurulan denemede, çeşitlere 0, 25, 50, 75, 100, 125 ve 150 mM NaCl uygulanmıştır. Elenmiş 2.5 kg toprakla doldurulan saksılara, 15 Kasım 2014 tarihinde her saksıda 8 adet tohum olacak şekilde ekim yapılmıştır. Ekimle beraber her saksıya 50 ppm N, 100 ppm P ve 125 ppm K (Korkmaz, 2014) temel besin maddesi olarak verilmiştir. Çimlenmeden sonra her saksıda 4 bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmış, bitkilerin 4. gerçek yaprakları çıktığında ise tuz uygulaması yapılmıştır (Yıldırım ve ark., 2008). Yüksek tuz dozlarının bitkide şok etkisini yaratmasını önlemek amacıyla tuz dozları tek seferde uygulanmamıştır. İlk tuz uygulamasında kontrol hariç tüm saksılara 25 mM NaCl verilmiş, diğer tuz uygulamaları ikişer gün arayla kademeli olarak tamamlanmıştır. Tuz dozlarının bitkiler üzerindeki etkileri görülmeye başlandığında deneme sonlandırılmıştır.

Araştırmada gövde üzerindeki ilk iki yaprakta (Yıldırım ve ark., 2008) SPAD metre ile ölçüm yapılarak bitkinin klorofil içeriği SPAD cinsinden belirlenmiştir. Ayrıca toprak üstü aksamın Na, Ca, K ve P içerikleri belirlenmiştir. Mineral analizinin yapılabilmesi için öncelikle kurutulup öğütülen bitki örneklerinden alınan 200 mg materyal kül fırınında 550 °C'de yakılmıştır. Yakma işlemi sonrasında geriye kalan kül üzerine 2 ml 1/3'lük HCl asit çözeltisi + 18 ml saf su ilave edilmiştir. Elde edilen karışım filtre kağıdından süzildükten sonra mineral madde analizi için örnekler hazır hale gelmiştir. Örneklerinin Na ve K içeriği Flame metrede, Ca içerikleri Atomik absorpsiyon spektrofotometrede, P içerikleri ise spektrofotometrede belirlenmiştir. Belirlenen Na, K ve Ca değerleri ile toprak üstü aksamda K Na⁻¹ ve Ca Na⁻¹ oranları hesaplanmıştır. Söz konusu oranların hesaplanmasında mEq değeri kullanılmamıştır.

Verilerin normal dağılım kontrolü Kolmogorov-Smirnov testi, alt grupların varyanslarının homojenlik kontrolü Levene testi ile yapıldıktan sonra, elde edilen veriler tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre

analiz edilmiştir. Farklı ortalamaların belirlenmesinde Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Hesaplamalarda ve yorumlamalarda %5 önem düzeyi kullanılmıştır. Tüm hesaplamalar Minitab 17 istatistik paket programı ile yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

SPAD değeri bitkinin klorofil içeriği hakkında bilgi vermektedir. Tuz stresinin bitkilerde kloroplastların sayısını azalttığı, yapısını değiştirdiği ve klorofillerin parçalanmasına sebep olduğu bildirilmiştir (Yılmaz ve ark., 2011). Araştırmada elde edilen SPAD değerlerine yapılan varyans analizi sonucunda çeşit x tuz dozu interaksyonu istatistiki olarak önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Çizelge 1. incelendiğinde görüleceği üzere, Töre ve Ürünlü çeşitlerinde 150 mM tuzu uygulaması, klorofil içeriğini önemli derecede azaltırken, tuz dozları Gölyazı çeşidi ile Çaybaşı popülasyonunda SPAD değerini istatistiki olarak etkilememiştir. Turnasuyu popülasyonunda ise kontrol ile 100 mM arasındaki tuz uygulamalarında belirlenen SPAD değerleri istatistiki olarak aynı grupta yer almışken, tuz dozu 100 mM'den 125 mM'e çıkınca SPAD değeri önemli derecede azalmıştır. Bu durum araştırmada incelenen genotiplerin kontrol şartlarında sahip oldukları klorofil miktarlarının farklı olması yanında farklı tuz dozlarında tepkilerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Nitekim kontrol grubunda en düşük SPAD değeri Çaybaşı popülasyonunda belirlenirken, 150 mM dozunda ise Ürünlü çeşidinde belirlenmiştir. Çalışmamızla benzer olarak Acar ve ark. (2011), 0-100 mM NaCl dozlarının bezelyede klorofil içeriğini etkilemediğini, Najafi ve ark. (2006) 100 ve 150 mm NaCl uygulamasının bezelyede klorofil içeriğini kontrole göre önemli derecede azalttığını ve bahsedilen dozların klorofil içeriği üzerine etkisinin benzer olduğunu, Ozturk ve ark., (2012) bezelyenin klorofil içeriğinin tuz dozu arttıkça azaldığını bildirmişlerdir.

Çizelge 1. Farklı tuz dozlarında bazı yem bezelyesi genotiplerinde belirlenen SPAD değerleri.

Table 1. SPAD value of some forage pea genotypes at different salt doses.

Genotip	Tuz Dozu (mM)						
	0	25	50	75	100	125	150
Töre	52.30 Aab	47.87 ABab	52.77 Aa	50.47 Aa	50.47 Aa	48.17 Aab	34.37 Bb
Gölyazı	53.63 Aa	48.13 Aab	50.50 Aa	50.57 Aa	45.03 Aa	46.97 Aab	52.90 Aa
Özkaynak	52.97 Aab	52.37 Aa	52.57 Aa	48.90 Aa	48.20 Aa	47.70 Aab	44.10 Aab
Ürünlü	43.73 Aab	44.67 Aab	45.67 Aa	43.33 Aab	46.53 Aa	51.10 Aa	2.50 Bc
Çaybaşı	40.00 Ab	38.13 Ab	40.10 Aa	35.43 Ab	31.53 Ab	37.00 Abc	40.30 Aab
Turnasuyu	47.70 Aab	50.87 Aab	43.27 ABa	47.13 Aab	49.80 Aa	31.07 Bc	45.60 Aab

Aynı çeşitte ortak büyük harfi olmayan doz ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Aynı dozda ortak küçük harfi olmayan çeşit ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Bitkiler tuz stresinden kaçınarak veya tuzlu şartlara adapte olarak hayatta kalmayı başarırlar. Bunu Na ve Cl iyonlarını bünyelerine almayarak, toprak üstü aksamlarına özellikle yapraklarına iletimini azaltarak veya hücre vakuollerinde biriktirerek (Özen ve Onay, 2007) gerçekleştirirler. Bünyesinde daha az Na biriktiren genotiplerin tuza toleransının daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Kuşvuran ve ark., 2007; Eker ve ark., 2006). Bu nedenle tuz stresi çalışmalarında bitkilerin kök ve toprak üstü aksamlarında Na konsantrasyonu belirlenmektedir. Araştırmada toprak üstü aksamda belirlenen Na konsantrasyonu değerlerine yapılan varyans analizi sonucunda çeşit x tuz dozu interaksyonu istatistiki olarak önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Araştırmada incelenen genotiplerin ortama tuz ilave edilmesiyle birlikte toprak üstü aksamlarında Na iyonu biriktirmeye başladığı ve artan tuz dozlarına bağlı olarak biriktirilen Na'un da genellikle arttığı belirlenmiştir (Çizelge 2.). Bu durum araştırmada incelenen bezelye genotiplerinin fazla tuzu toprak üstü aksamda biriktirme eğiliminde olduğunu göstermektedir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında Töre çeşidinde ve Turnasuyu popülasyonunda ilk önemli artış 150 mM dozunda gerçekleşirken, Gölyazı, Ürünlü, Özkaynak çeşitleri ile Çaybaşı popülasyonunda ise sırasıyla 75, 100, 125 mM tuz dozlarında gerçekleşmiştir. Nitekim hasattan hemen önce yapılan gözlemlerde bitkilerin genel durumu incelendiğinde Töre çeşidinde 150 mM tuz dozunda, Özkaynak çeşidinde 125 mM, diğer genotiplerde ise 100 mM dozundan itibaren alt yapraklarda kurumalar belirlenmiştir. Bu durum tuz toksiditesinin bir göstergesi olup toprak üstü aksamda belirlenen Na konsantrasyonu ile uyum içerisindedir. Bununla birlikte yüksek (125 ve 150 mM) tuz dozlarında genotiplerin Na konsantrasyonu bakımından farklılık olmadığı anlaşılmaktadır (Çizelge 2.). Bilgili ve ark., (2011) tuz uygulamasının bezelyede toprak üstü aksamında Na oranını arttırdığını, Shahid ve ark., (2011) da tuz dozu arttıkça bezelyenin yapraklarında Na birikiminin arttığını bildirmişlerdir.

Çizelge 2. Farklı tuz dozlarında bazı yem bezelyesi genotiplerinde toprak üstü aksamda belirlenen Na oranı (%).
Table 2. Na ratio (%) determined in aboveground parts of some forage pea genotypes at different salt doses.

Genotip	Tuz Dozu (mM)						
	0	25	50	75	100	125	150
Töre	0.17 Ba	0.37 ABa	0.47 ABa	0.15 ABb	1.01 ABb	2.62 ABa	3.21 Aa
Gölyazı	0.16 Ca	0.60 BCa	1.06 BCa	3.05 ABa	3.96 Aa	2.69 ABCa	1.74 ABCa
Özkaynak	0.12 Ba	1.00 ABa	1.52 ABa	1.09 ABab	2.15 ABab	2.81 Aa	3.67 Aa
Ürünlü	0.13 Ca	0.56 ABCa	1.11 ABCa	2.72 ABCab	3.52 Aab	3.45 Aa	3.02 ABa
Çaybaşı	0.29 Ba	0.41 Ba	1.29 ABa	1.57 ABab	2.01 ABab	3.39 Aa	3.28 Aa
Turnasuyu	0.08 Ba	0.68 ABa	2.22 ABa	1.74 ABab	2.39 ABa	2.39 ABa	3.82 Aa

Ortak büyük harfi olmayan doz ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Ortak küçük harfi olmayan çeşit ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Araştırmada toprak üstü aksamda belirlenen Ca konsantrasyonu değerlerine yapılan varyans analizi sonucunda çeşit x tuz dozu interaksyonu istatistiki olarak önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Çizelge 3. incelendiğinde, Gölyazı çeşidi hariç artan tuz dozlarında genellikle toprak üstü aksamın Ca konsantrasyonlarının arttığı görülmektedir. Gölyazı çeşidinde ise 75 mM dozuna kadar toprak üstü aksamın Ca konsantrasyonu artmasına rağmen bu dozdan sonra azalmaya başlamıştır. Bununla birlikte 100 mM ve üzeri dozlarda belirlenen Ca oranı kontrol bitkilerinden düşük fakat istatistiki olarak farksızdır. Ortamda bulunan fazla Na'un bitkinin Ca alımını azalttığı bildirilmektedir (Kacar ve ark., 2009; Yılmaz ve ark., 2011; Çulha ve Çakırlar, 2011). Töre çeşidinde 150 mM tuz dozunda Ca konsantrasyonu kontrole göre önemli düzeyde artmıştır. Ancak Töre çeşidi hariç diğer genotiplerde toprak üstü aksamın Ca konsantrasyonu bakımından kontrol grubu ile tuz dozları arasında istatistiki olarak fark bulunmadığı belirlenmiştir. Yıldırım ve ark. (2008) tuz uygulamasının bezelyede toprak üstü aksamında Ca oranını arttırdığını bildirirken, Bilgili ve ark. (2011) ise azaldığını ancak bu azalışın önemsiz olduğunu belirlemişlerdir. Eker ve ark. (2006) mısırdaki yaptıkları çalışmalarında NaCl uygulamasının toprak üstü aksamın Ca konsantrasyonunu azalttığını belirlemişlerdir. Yanısıra araştırmada incelenen genotiplerin aynı tuz dozunda toprak üstü aksamın Ca oranı bakımından da farklılıklar olduğu görülmektedir. Kontrol, 25, 50 ve 75 mM dozlarında en yüksek Ca oranına Gölyazı çeşidi sahipken, diğer tuz dozlarında tüm genotipler Ca oranı bakımından istatistiki olarak farksız bulunmuştur.

Çizelge 3. Farklı tuz dozlarında bazı yem bezelyesi genotiplerinde toprak üstü aksamda belirlenen Ca oranı (%).
Table 3. Ca ratio (%) determined in aboveground parts of some forage pea genotypes at different salt doses.

Genotip	Tuz Dozu (mM)						
	0	25	50	75	100	125	150
Töre	1.41 Bab	1.95 Bb	2.24 Bb	2.45 ABab	2.54 ABa	2.82 ABa	4.30 Aa
Gölyazı	2.97 ABa	3.83 Aa	3.93 Aa	4.13 Aa	2.46 ABa	1.83 Ba	2.86 ABa
Özkaynak	1.24 Ab	2.09 Ab	2.22 Ab	2.28 Ab	2.23 Aa	2.57 Aa	2.75 Aa
Ürünlü	2.21 Aab	2.75 Aab	2.77 Aab	2.90 Aab	3.02 Aa	2.98 Aa	2.90 Aa
Çaybaşı	1.93 Aab	2.38 Aab	2.76 Aab	2.68 Aab	3.01 Aa	3.27 Aa	2.72 Aa
Turnasuyu	2.36 Aab	2.74 Aab	2.91 Aab	1.70 Ab	2.86 Aa	3.04 Aa	2.65 Aa

Ortak büyük harfi olmayan doz ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Ortak küçük harfi olmayan çeşit ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Araştırmada genotiplerin farklı tuz dozlarına verdikleri tepkiler farklı olduğundan, yapılan varyans analizi sonucunda toprak üstü aksamın K oranı bakımından çeşit x tuz dozu interaksyonu istatistiki olarak önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Tüm çeşitlerde tuz uygulaması bitkilerin K oranını azaltmakla birlikte Töre ve Gölyazı çeşitleri hariç diğerlerinde tuz dozu arttıkça K oranı azalmıştır. Töre ve Gölyazı çeşitlerinde ise artış ve azalışlar gerçekleşmiştir. Bununla birlikte Töre çeşidinde ilk önemli azalış 50 mM dozunda, Ürünlü çeşidi ve Turnasuyu popülasyonunda 75 mM, Özkaynak çeşidinde 100 mM dozunda gerçekleşmiştir. Araştırmada incelenen diğer çeşitlerde ise toprak üstü aksamın K oranı bakımından tuz dozları arasındaki farklılık istatistiki olarak önemsiz olmuştur. Yanısıra, kontrol grubunda çeşitlerin K oranı bakımından fark yokken, 25, 50 ve 75 mM dozlarında en düşük K oranına Töre çeşidi sahip olmuştur (Çizelge 4.). Kacar ve ark. (2009), NaCl stresinin bitkilerin topraktan K alımını azalttığını bildirmişlerdir. Shahid ve ark. (2011, 2012) bezelyeye uygulanan tuz dozu arttıkça yaprakların K konsantrasyonunun giderek azaldığını belirlemişlerdir. Eker ve ark. (2006) ise NaCl uygulamasının mısırdaki toprak üstü aksamın K konsantrasyonunu azalttığını ve azalışın çeşitlere göre değiştiğini belirlemişlerdir.

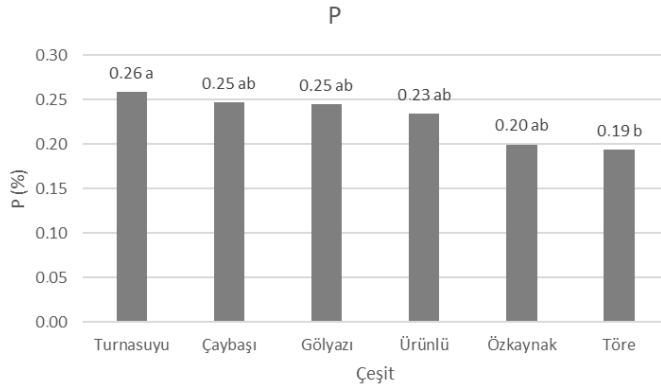
Çizelge 4. Farklı tuz dozlarında bazı yem bezelyesi genotiplerinde toprak üstü aksamda belirlenen K oranı (%).
Table 4. K ratio (%) determined in aboveground parts of some forage pea genotypes at different salt doses.

Genotip	Tuz Dozu (mM)						
	0	25	50	75	100	125	150
Töre	1.64 Aa	1.12 Ab	0.07 Bb	0.11 Bb	1.00 ABa	1.26 Aa	1.42 Aa
Gölyazı	1.78 Aa	1.55 Aab	1.53 Aa	1.04 Aab	1.36 Aa	1.08 Aa	1.17 Aa
Özkaynak	2.23 Aa	2.32 Aa	1.37 ABa	1.46 ABa	1.21 Ba	1.18 Ba	1.00 Ba
Ürünü	2.41 Aa	1.89 ABab	1.32 ABa	1.16 Ba	1.18 Ba	1.28 Ba	1.16 Ba
Çaybaşı	1.80 Aa	1.60 Aab	1.32 Aa	1.33 Aa	1.11 Aa	1.22 Aa	0.91 Aa
Turnasuyu	2.26 Aa	1.84 ABab	1.61 ABa	1.12 Ba	1.31 ABa	1.14 Ba	1.30 ABa

Ortak büyük harfi olmayan doz ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Ortak küçük harfi olmayan çeşit ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

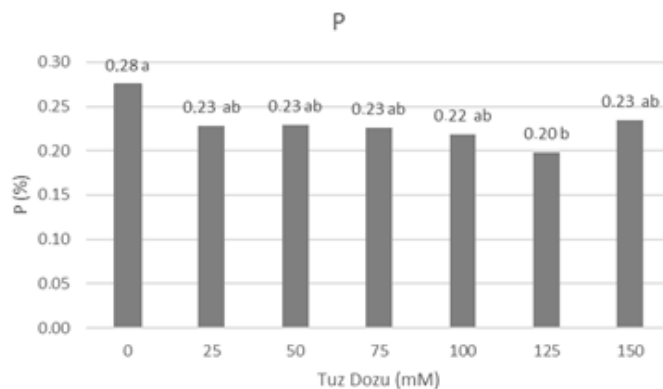
Yapılan varyans analizi sonucunda toprak üstü aksamın P oranı bakımından çeşitler ($p < 0.01$) ve tuz dozları ($p < 0.05$) arasındaki farklılık istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Tuz dozlarının ortalaması olarak toprak üstü aksamda en yüksek P oranına Turnasuyu popülasyonu sahip olurken, Töre çeşidi dışında kalan diğer genotipler ile arasında istatistiki olarak farklılık bulunmamıştır (Şekil 1.). Bununla birlikte bitkilerin toprak üstü aksamındaki P oranı toprağa uygulanan tuz miktarı arttıkça giderek azalmış ancak en büyük azalış 125 mM dozunda gerçekleşmiştir (Şekil 2.). Shahid ve ark (2011, 2012) tuz stresinin bezelyede yaprağın P oranını azalttığını bildirmişlerdir. Kıpçak ve ark. (2019), 25 ve 50 mm NaCl uygulamasının fasulyede bazı genotiplerde P oranını arttırırken, bazı genotiplerde ise azalttığını belirlemişlerdir.



Şekil 1. Bazı bezelye genotiplerinde toprak üstü aksamın P oranı (%).

Figure 1. P ratio (%) of aboveground components in some pea genotypes.

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark yoktur ($p < 0.05$).



Şekil 2. Farklı tuz dozlarında bezelye bitkisinin toprak üstü aksamında belirlenen P oranı (%).

Figure 2. P ratio (%) determined in the above-ground parts of pea plant at different salt doses.

Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark yoktur ($p < 0.05$).

Yapılan varyans analizi sonucunda toprak üstü aksamın K Na⁻¹ oranı bakımından çeşit x tuz dozu interaksiyonu istatistiki olarak önemli ($p < 0.001$) bulunmuştur. Araştırmada incelenen bütün genotiplerde tuz stresi K Na⁻¹ oranını azaltmış, ancak bu azalış tuz dozundaki artışa paralel gerçekleşmemiştir (Çizelge 5.). Bu durum muhtemelen çeşitlerin tuzlu koşullarda topraktan K ve Na almaları ile toprak üstü aksama Na

iletmelerindeki farklılıktan kaynaklanmıştır. Bitkiler tuzlu koşullarda yetiştirildiklerinde bünyelerine Na iyonu yerine K iyonu alıp $K Na^{-1}$ oranını yüksek tutarak (Dölek, 2009) veya topraktan aldıkları Na'u toprak üstü aksamlarına iletmeyerek tuzlu şartlara dayanıklı olmayı başarırlar. Çalışmamızla benzer olarak Yağmur ve ark. (2006) arpada, Kuşvuran ve ark. (2008) *Cucumis* sp.'de yaptıkları çalışmada, tuz stresinin bitkinin yeşil aksamında $K Na^{-1}$ oranını azalttığını belirlemiştir. Bununla birlikte araştırmada incelenen genotiplerin kontrol şartlarında bünyelerine aldıkları K ve Na oranı da farklı olduğundan, kontrol grubunda genotiplerde belirlenen $K Na^{-1}$ oranı arasındaki farklılık istatistiki olarak önemli olmuştur. Bitki türleri ve çeşitleri arasında topraktan K ve Na alımı bakımından farklılık olduğu bildirilmiştir (Kacar ve ark., 2009).

Çizelge 5. Farklı tuz dozlarında bazı yem bezelyesi genotiplerinde toprak üstü aksamda belirlenen $K Na^{-1}$.

Table 5. $K Na^{-1}$ determined in aboveground parts of some forage pea genotypes at different salt doses.

Genotip	Tuz Dozu (mM)						
	0	25	50	75	100	125	150
Töre	10.05 Ac	4.31 ABa	0.34 Ba	0.74 Ba	0.95 Ba	0.49 Ba	0.56 Ba
Gölyazı	11.52 Ac	3.67 Ba	1.98 Ba	0.35 Ba	0.35 Ba	0.50 Ba	0.70 Ba
Özkaynak	18.28 Ab	2.88 Ba	1.28 Ba	1.72 Ba	0.67 Ba	0.46 Ba	0.27 Ba
Ürünlü	18.35 Ab	5.18 Ba	1.76 Ba	0.44 Ba	0.34 Ba	0.37 Ba	0.39 Ba
Çaybaşı	6.30 Ac	4.01 Aa	2.00 Aa	1.03 Aa	0.61 Aa	0.38 Aa	0.28 Aa
Turnasuyu	29.72 Aa	5.94 Ba	0.77 Ba	0.40 Ba	0.76 Ba	0.48 Ba	0.37 Ba

Ortak büyük harfi olmayan doz ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Ortak küçük harfi olmayan çeşit ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Yapılan varyans analizi sonucunda toprak üstü aksamın $Ca Na^{-1}$ oranı bakımından çeşit x tuz dozu interaksyonu istatistiki olarak önemli ($p < 0.001$) bulunmuştur. Araştırmada tuz stresi $Ca Na^{-1}$ oranını genellikle azaltmıştır (Çizelge 6). Yanısıra Töre çeşidi hariç diğer genotiplerde en yüksek $Ca Na^{-1}$ oranı kontrol grubunda yer alan bitkilerde belirlenmiştir. Bu durum araştırmada incelenen genotiplerin tuz dozlarına bağlı olarak bünyelerine aldıkları Na ve Ca miktarının değişmesinden (Çizelge 2 ve 3) kaynaklanmaktadır. Araştırma sonuçlarımızla benzer olarak Çağırğan (2015) karpuz genotiplerinde tuz uygulamasının $Ca Na^{-1}$ oranını azalttığını belirlemiştir.

Çizelge 6. Farklı tuz dozlarında bazı yem bezelyesi genotiplerinde toprak üstü aksamda belirlenen $Ca Na^{-1}$.

Table 6. $Ca Na^{-1}$ determined in aboveground parts of some forage pea genotypes at different salt doses.

Genotip	Tuz Dozu (mM)						
	0	25	50	75	100	125	150
Töre	8.55 Bc	6.0 Ba	8.53 Ba	16.54 Aa	7.46 Ba	1.10 Ba	1.94 Ba
Gölyazı	19.39 Ab	9.28 ABa	4.65 Ba	1.41 Bb	0.61 Ba	0.86 Ba	1.70 Ba
Özkaynak	10.18 Ac	2.48 Aa	1.75 Aa	2.56 Aa	1.21 Aa	1.02 Aa	0.74 Aa
Ürünlü	16.69 Ac	7.36 ABa	3.54 Ba	1.07 Bb	0.86 Ba	0.86 Ba	1.00 Ba
Çaybaşı	6.65 Ac	5.90 Aa	3.71 Aa	1.98 Ab	1.70 Aa	1.01 Aa	0.90 Aa
Turnasuyu	31.06 Ac	7.77 Ba	1.37 Ba	0.98 Bb	1.64 Ba	1.28 Ba	0.74 Ba

Ortak büyük harfi olmayan doz ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Ortak küçük harfi olmayan çeşit ortalamaları arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0.05$).

SONUÇ

Araştırma sonucunda tuz stresinin yem bezelyesinin SPAD değeri ile Na, Ca, P, K içeriği, $K Na^{-1}$ ve $Ca Na^{-1}$ oranını önemli düzeyde etkilediği belirlenmiştir. Tuz stresi karşısında bitkilerin klorofil, fosfor, potasyum içeriği ile $K Na^{-1}$ ve $Ca Na^{-1}$ oranı azalırken, Ca ve Na içerikleri artmıştır. Bitkide Na içeriğinde ilk önemli artış Töre çeşidinde ve Turnasuyu popülasyonunda 150 mM dozunda, Gölyazı çeşidinde 75 mM, Ürünlü çeşidinde 100 mM, Özkaynak çeşidi ile Çaybaşı popülasyonunda ise 125 mM tuz dozlarında gerçekleşmiştir. Ayrıca Töre çeşidi 150 mM dozunda en yüksek K oranına sahip olmuştur. Tüm bu nedenlerle Töre çeşidinin tuz toleransının araştırmada incelenen diğer genotiplere göre daha yüksek olduğu düşünülmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

YAZAR KATKI BEYANI

Hatice Zambi ve Özlem Önal Aşçı tez çalışması çerçevesinde birlikte katkı sağlamıştır.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinasyon Birimi tarafından TF 1462 nolu proje olarak desteklenmiştir. Ayrıca makalede sunulan verilerin bir kısmı Hatice Zambi'nin yüksek lisans tezi olarak sunulmuştur.

KAYNAKLAR

- Arslan, H., Hacıömeroğlu, G., & Bahadır, M. (2008). *Bafra ovasında sulama suyu tuzluluğu üzerine etkisinin ve tuzluluğun yıllık değişiminin coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak belirlenmesi*. Sulama ve Tuzlanma Konferansı, Şanlıurfa.
- Bilgili, U., Carpici, E.B., Aşık, B. B., & Celik, N. (2011). Root and shoot response of common vetch (*Vicia sativa* L.), forage pea (*Pisum sativum* L.) and canola (*Brassica napus* L.) to salt stress during early seedling growth stages. *Turkish Journal of Field Crops*, 16(1), 33-38.
- Cemek, B., Güler, M., & Arslan, H. (2006). Bafra ovası sağ sahil sulama alanındaki tuzluluk dağılımının coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(1), 63-72.
- Çağırğan, Ç. (2015). *Yerel karpuz genotiplerinin tuz stresine toleranslarının belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Çulha, Ş., & Çakırlar, H. (2011). Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11, 11-34.
- Dölek, M. N. (2009). *Değişik karpuz genotiplerinin tuz stresine tolerans düzeylerinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Eker, S., Cömertpay, G., Konuşkan, Ö., Ülger, A.C., Öztürk, L., & Çakmak, İ. (2006). Effect of salinity stress on dry matter production and ion accumulation in hybrid maize varieties. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30, 365-373.
- Kacar, B., Katkat, V., & Öztürk, Ş. (2009). *Bitki Fizyolojisi*. Nobel Yayınları, Yayın No: 848, Ankara.
- Kaymak, G., & Acar, A. (2020). Orman üçgülü (*Bituminaria bituminosa* L.) genotiplerinin tuzluluğa dayanıklılık düzeylerinin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35(1), 51-58.
- Keser, Ö., Çolak, G., & Caner, N. (2009). Tuza toleransı farklı iki kültür bitkisinde bazı fizyolojik ve makromorfolojik parametreler üzerine Na₂CO₃ tipi tuz stresi etkileri. *Balikesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(2), 64-80.
- Kıpçak, S., Ekincialp, A., Erdinç, Ç., Kabay, T., & Şensoy, S. (2019). Tuz stresinin farklı fasulye genotiplerinde bazı besin elementi içeriği ile toplam antioksidan ve toplam fenol içeriğine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(1), 136-144.
- Korkmaz, K., 2014. *Sözlü görüşme*. Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü.
- Kuşvuran, Ş., Ellialtıoğlu, Ş., Abak, K., & Yaşar, F. (2007). Bazı kavun (*Cucumis* sp.) genotiplerinin tuz stresine tepkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 13(4), 395-404.
- Kuşvuran, Ş., Yaşar, F., Abak, K., & Ellialtıoğlu, Ş. (2008). Tuz stresi altında yetiştirilen tuza tolerant ve duyarlı *Cucumis* sp.'nin bazı genotiplerinde lipid peroksidasyonu, klorofil ve iyon miktarlarında meydana gelen değişimler. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi*, 18(1), 13-20.
- Kuşvuran, Ş. (2010). *Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar*. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Minitab. (2010). Minitab 17. State College, Pennsylvania.
- Najafi, F., Khavari-Nejad, R. A., Rastgar-Jazii, F., & Sticklen, M. (2006). Physiological changes in pea (*Pisum sativum* L. cv. Green Arrow) under NaCl salinity. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9(5), 974-978.
- Ozturk, L., Demir, Y., Unlukara, A., Karatas, I., Kurunc, A., & Duzdemir, O. (2012). Effects of long term salt stress on antioxidant system, chlorophyll and proline contents in pea leaves. *Romanian Biotechnological Letters*, 17(3), 7227-7236.
- Özen, H. Ç., & Onay, A. (2007). *Bitki Fizyolojisi*. Nobel Yayınları, Yayın No:1220, Ankara.

- Shahid, M. A., Balal, R. M., Pervez, M. A., Abbas, T., Ashfaq, M., Ghazanfar, U., Afzal, M., Rashid, A., Garcia-Sanchez, F., & Mattson, N. S. (2012). Differential response of pea (*Pisum sativum* L.) genotypes to salt stress in relation to the growth, physiological attributes antioxidant activity and organic solutes. *Australian Journal of Crop Science*, 6(5), 828-838.
- Shahid, M. A., Pervez, M. A., Balal, R. M., Ayyub, C. M., Ghazanfar, U., Abbas, T., Rashid, A., Garcia-Sanchez, F., Mattson, N. S., & Akram, A. (2011). Effect of salt stress on growth, gas Exchange attributes and chlorophyll contents of pea (*Pisum sativum*). *African Journal of Agricultural Research*, 6(27), 5808-5816.
- Uzun, A., Gün, H., & Açıkgöz, E. (2012). Farklı gelişme dönemlerinde biçilen bazı yem bezelyesi (*Pisum arvense*) çeşitlerinin ot, tohum ve ham protein verimlerinin belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(1), 27-38.
- Yağmur, M., Kaydan, D., & Okut, N. (2006). Potasyum uygulamasının tuz stresindeki arpanın fotosentetik pigment içeriği, ozmotik potansiyel, K^+/Na^+ oranı ile bitki büyümesine etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 12(2), 188-194.
- Yılmaz, E., Tuna, A. L., & Bürün, B. (2011). Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1), 46-66.
- Yıldırım, B., Yaşar, F., Terzioğlu, Ö., Tamkoç, A., & Türközü, D. (2008). Effect of salinity stress on nutrient composition of field pea genotypes. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7(8), 944-948.



Araştırma Makalesi

Samsun İli Çayır ve Meralarında Bitki Çeşitliliğinin Orta Dereceli Tahribat Hipotezine Göre Otlatma ve Erozyon Faktörleri ile Test Edilmesi

Mustafa Sürmen¹, Tamer Yavuz², Burak Sürmen^{3*}, Ali İmamoğlu⁴

¹Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Aydın

²Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kırşehir

³Karmanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Kamil Özdağ Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Karaman

⁴Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Nevşehir

Geliş tarihi (Received): 25.07.2020

Kabul tarihi (Accepted): 15.09.2020

Anahtar kelimeler:

Tahribat, jeostatistik, bitki çeşitliliği

Özet. Erozyon ve otlatma çayır ve meralarda biyolojik çeşitliliği etkileyen önemli faktörler arasındadır. Tahribat ile biyolojik çeşitlilik arasındaki ilişkinin olumsuz yönde olacağı düşünülse de bazı durumlarda biyoçeşitliliği artırıcı etkisi bilinmektedir. Bu durum orta dereceli tahribat hipotezi ile açıklanmaktadır. Bu hipoteze göre tahribatın orta şiddette olduğu durumlarda biyoçeşitliliğin daha yüksek olacağı savunulmuştur. Bu çalışmada toprak organik madde içeriği yönünden birbirine benzer olan Samsun ilinin çayır ve mera alanlarında yürütülmüştür. Erozyon ve otlatma şiddetine göre oluşturulan grupların bitki çeşitliliği hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre bu iki tahribat faktörünün bitki çeşitliliğine etkisi ortaya konmuş ve özellikle otlatma şiddetinin orta dereceli olduğu grupta çeşitlilik indeksleri yüksek bulunmuştur. Erozyon için ise çeşitliliğin en yüksek olduğu grup şiddetli erozyonun gözlemlendiği çayır ve meralar olmuştur. Ayrıca Samsun ili'nde çayır ve mera olarak kullanılan arazilerin tamamını temsil eden alansal dağılım haritaları çizilmiş alanlar hakkında değerlendirmeler ortaya konmuştur.

*Sorumlu yazar

burakurmen@gmail.com

The Testing of Plant Diversity in the Meadows and Pastures of Samsun Province for Grazing and Erosion Factors according to Intermediate Disturbance Hypothesis

Keywords:

Disturbance, plant diversity, geostatistical

Abstract. Erosion and grazing are among the most important factors affecting biodiversity in meadows and pastures. However, although the relationship between disturbance and biodiversity is thought to be negative, in some cases, it is known to increase the biodiversity effect. This situation is explained by the intermediate disturbance hypothesis. According to this hypothesis, it is argued that biodiversity will be higher when the disturbance is moderate. This study was carried out in meadow and pasture areas in Samsun province, which are similar in terms of soil organic matter content. The biological diversity of the groups formed according to the erosion and grazing level were calculated and compared. According to the results obtained, the effect of these two disturbance factors on species diversity was revealed, and the diversity indexes were found to be high especially in the group where grazing intensity was moderate. For erosion, the most severely group was meadows and pastures, where severe erosion was observed. In addition, spatial distribution maps drawn on all of the lands used as meadows and pastures in Samsun Province have been evaluated.

GİRİŞ

Çayır ve mera alanları dünya üzerinde yaklaşık %40'lık alanı kaplayan, bitki ve hayvan varlığı açısından önemli işlevleri olan sahalardır (Morrison, 2006). Doğal alanlar olarak kabul edilen bu ekosistemler, birçok çevresel faktör tarafından etkilenmektedir. Çayır ve meralardaki bitki çeşitliliğini etkileyen faktörlerin başında otlatma ve erozyon gelmektedir. Bunların yanında taşlılık, toprak derinliği ve toprak organik madde içeriği de bitki çeşitliliğini etkileyen önemli faktörlerdendir (Biswas ve Mallik, 2011)

Erozyon, suyun ve rüzgârın etkisiyle gerçekleşen doğal jeolojik bir süreçtir. Bu doğal sürecin meralar üzerindeki olumsuz etkisi birçok çalışmada ortaya konmuştur (Ren ve ark., 2012; Gamoun, 2014). Altın ve ark. (2005) bitki örtüsünün toprağı kaplama oranı azaldıkça erozyon şiddetinin arttığını ortaya koymuştur. Çayır ve meraların maruz kaldığı bir diğer olumsuz faktör ise aşırı otlatmadır. Aşırı otlatma, otlatmaya karşı dirençli ve yem değeri olmayan türlerin çoğalmasına, besin değeri yüksek bitkilerin ise uzaklaşmasına neden olmaktadır (Sürmen ve Kara, 2018; Sürmen, ve ark., 2015; Türk ve ark., 2015). Yine birçok çalışmada otlatma şiddetinin toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleriyle beraber bitki örtüsünün floristik yapısında da değişikliklere neden olduğu ortaya konmuştur (Sun ve Liddle, 1993; Amiri ve ark., 2008). Bunun yanı sıra otlatmanın neden olduğu bitki örtüsünün çiğnenme veya ezilme durumu otsu bitki topluluklarının bozulmasına neden olmaktadır (Grime, 1973; Liddle, 1991; Kobayashi ve ark., 1997). Taşlılık, erozyon, jeolojik formasyon ve toprak özelliklerinden kaynaklanan bir durumdur (Imamoglu ve Dengiz, 2017). Taşlılığın yüksek olması çayır ve meralardaki botanik kompozisyonunun zayıflamasına dolayısıyla mera sağlık durumunun zayıflamasına neden olmaktadır (Ünal ve ark., 2012).

Connell (1979) tahribat ile bitki çeşitliliği arasındaki ilişkiyi değerlendirirken, orta derecedeki tahribatın tür çeşitliliğini en üst seviyeye çıkardığını öne sürmüştür (Lázaro ve ark., 2016). Bu durumu düşük ve yüksek tahribatta türler arasındaki rekabetin yoğun olmasına bağlayarak, her iki durumun tür zenginliğini azalttığını belirtmiştir (Eldridge ve ark., 2016; Fedrigo ve ark., 2018). Ayrıca orta dereceli tahribatın türler arasındaki rekabeti düşürmesinin yanısıra abiyotik faktörlerin sınırlayıcı etkilerini azaltması veya ortadan kaldırmasından dolayı çevresel stres faktörlerinin oluşturduğu etkileri azaltmasıyla da tür çeşitliliğini arttırdığı tahmin edilmektedir (Li ve Shipley, 2019). Bu görüş ampirik ve teorik çalışmalar ile desteklenmiş (Lázaro ve ark., 2016; Connell, 1979; Pollock ve ark., 1998) ve çeşitli araştırmalar ile bitki türlerinin zenginliğinin tahribat dereceleri boyunca arttığı veya azaldığı ortaya konmuştur (Tilman, 1983; Martinsen ve ark., 1990; Wilson ve Tilman, 1991; Collins ve Glenn, 1997; Yuan ve ark., 2016; Fedrigo ve ark., 2018). Tahribatın orta dereceli olduğu habitatlarda ise bitki çeşitliliğinin yüksek olduğu bulunmuştur (Flöder ve Sommer, 1999; Buckling ve ark., 2000; Pueyo ve ark., 2006; Eldridge ve ark., 2016).

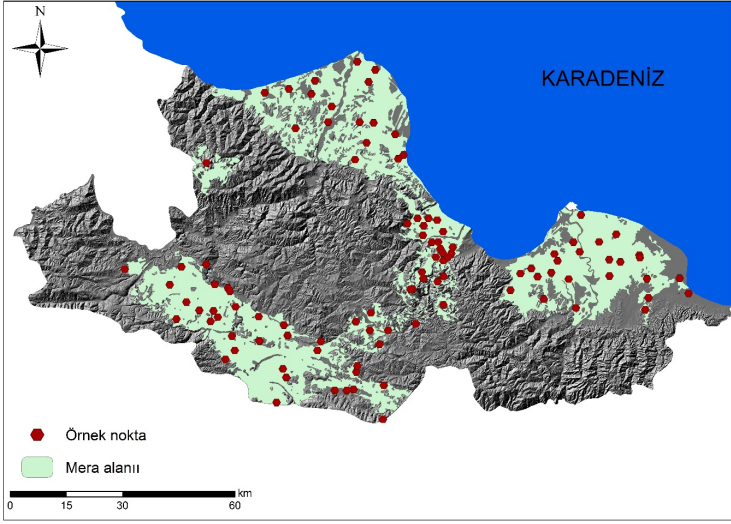
Ekologlar için tür çeşitliliğinin belirlenmesi, komünite ekolojisinin köşe taşlarından biri olarak kabul edilmektedir (Biswas ve Mallik, 2011). Tür çeşitliliği ve ekosistem işlevleri arasında tahribatın ilişkisi ise çevresel değişkenlerle açıklanabilir (Shea ve ark., 2004). Ayrıca çevresel değişkenler habitat devamlılığını etkilemekte ve belirli bir tahribata karşı türlerin habitat duyarlılığına adapte olduğu belirlenmiştir. Böylece çeşitlilik, tahribat ve ekosistem fonksiyonları arasındaki ilişkinin belirlenmesinde doğrudan öneme sahip olur (Biswas ve Mallik, 2010)

Çayır ve meralar biyotik ve abiyotik tahribatların ortaya çıkıttığı alanlar olduğu düşünüldüğünde, meydana gelen çevresel değişimlerin tür çeşitliliğini etkileyeceği kaçınılmazdır. Tahribat ile biyolojik çeşitlilik arasındaki ilişkiyi açıklayan görüşlere bakıldığında; orta dereceli tahribatın tür çeşitliliğini arttırdığı birçok çalışmada ortaya konmuştur (Dupré ve Diekmann, 2001; McIntyre ve ark., 2003; Yuan ve ark., 2016; Fedrigo ve ark., 2018). Bu çalışmada çayır ve mera alanlarındaki önemli tahribat faktörleri olan otlatma ve erozyonun biyolojik çeşitliliğe olan etkisi araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Çalışma Alanı

Araştırma sahası Samsun il sınırları içerisinde yer alan çayır ve mera arazileridir. İlin çayır ve mera varlığı toplam 16.683 ha'dır (Şekil 1). Samsun İli iklim özellikleri bakımından kıyıda ve iç kesimde farklılık gösterir. Ilıman iklim özellikleri görülen kıyı bölümünde yazlar sıcak, kışlar ılık ve yağışlı, iç bölgede ise yükselti ve karasallık etkisine bağlı olarak yazlar serin, kışlar soğuk yağmur ve kar yağışlı geçmektedir. Samsun meteoroloji istasyonu verilerine göre yıllık yağış miktarı 706.3 mm olduğu, en çok yağışın ise Kasım (83.8 mm) ayında düştüğü görülmektedir. İlin yıllık sıcaklık ortalaması ise 14.5 °C'dir. Ortalama en soğuk ay Şubat (7.1 °C), ortalama en sıcak ay ise Ağustos ayıdır (23.5 °C).



Şekil 1. Çalışılan çayır ve meralar.

Figure 1. Meadow and pastures were studied.

Çalışmanın amacına uygun olacak şekilde Samsun İli'nin tümünü kapsayacak şekilde toplam 106 çayır ve merada vejetasyon örnekleri alınmıştır (Şekil 1). Arazi çalışmaları hâkim bitkilerin çiçeklendiği dönemde ve her bir çayır mera için doğu, batı, kuzey ve güney yöneyleri esas alınarak bitki türlerinin yoğunlukları modifiye edilmiş tekerlekli lup yöntemi ile tespit edilmiştir (Koç ve Çakal 2004).

Tahribat Faktörlerin Belirlenmesi

Çalışmanın amacı için iki tahribat faktörü (erozyon ve otlatma baskısı) belirlenmiştir. Erozyon ve otlatma baskısına göre belirlenen grupların organik madde miktarı yönünden birbirine benzer olmasına özen gösterilmiştir. Böylece toprak organik madde içeriğinin biyolojik çeşitlilik üzerine olan etkisi en aza indirgenmiştir. Erozyon dereceleri arazi gözlemleri ve il envanter bilgileriyle, otlatma şiddeti ise arazi çalışmalarında gözlemlenen mera toprağındaki sıkışma durumu ve mera vejetasyonlarında bulunan bitki türlerine göre değerlendirilmiştir. Elden edilen sonuçlar mera amenajman ve ıslah çalışmalarında kullanılan standart yöntemlere göre sınıflandırılmıştır (Çizelge 1) (Anonim, 2005).

Çizelge 1. Çevresel özelliklerin sınıflandırma değerleri.

Table 1. Classification values of enviromental features.

Sınıflandırma değeri	Erozyon derecesi (ton ha ⁻¹)	Otlatma
1	Çok hafif < 2	Yok
2	2 < Hafif < 5	Hafif
3	5 < Orta < 10	Orta
4	10 < Yüksek < 50	Yoğun
5	50 < Şiddetli < 100	Çok yoğun
6	100 < Çok şiddetli < 500	-

Biyçeşitlilik Hesaplamaları

Biyolojik çeşitliliğin hesaplanmasında tür zenginliği (species richness) ve türlerin yoğunluğu (species evenness) yöntemlerinden yararlanılmıştır. Bunun için yaygın olarak kullanılan alfa (α) ve beta (β) çeşitlilik indeksleri tercih edilmiştir. α çeşitlilik indeksi komünitelerdeki tür çeşitliliğini ortaya koyar (Gülsoy ve Özkan, 2008; Kılınç ve ark., 2006) ve bu çalışmada çayır ve meralarda yaygın olarak kullanılan Shannon-Wiener indeksleri tercih edilmiştir.

Shannon-Wiener çeşitlilik indeksi türlerin yüzde bolluklarını oransal bir şekilde standardize ettiği için daha çok kullanılmaktadır. Shannon-Wiener çeşitlilik indeksi (H) aşağıdaki formülle (1) hesaplanır ve indeks değerleri 0 ile 5 arasında değişir.

$$H = \sum_{i=1}^s p_i \times \ln p_i \quad (1)$$

H: Shannon-Wiener'in çeşitlilik indeksi; s: komünitedeki toplam tür sayısı (H/richness); Pi: i türüne ait tüm bireylerin oranı; ln: sayının doğal logaritması

Shannon-Weiner çeşitlilik indeksine göre türlerin yoğunluğu (J /evenness) aşağıdaki formülle (2) ile hesaplanır:

$$J = (-\sum_{i=1}^s p_i \times \ln p_i) / \ln s \quad (2)$$

Bu formülde s , tür sayısını; p_i , i türünün yüzde örtüş değerinin bütün türlerin yüzde örtüş değerlerinin toplamına oranını; \ln , doğal logaritmayı ifade etmektedir. Evenness 0-1 arasında bir değer alır ve 1 değeri tam evenness değerini ifade eder. Shannon-Weiner (J) değeri ne kadar yüksekse bu bölgede bulunan türlerin birey sayısı diğer komünitelere göre birbirine daha yakındır (Kılınç ve ark., 2006).

β çeşitlilik indeksi bölgeler veya komüniteler arasındaki tür çeşitliliğindeki farklılıktır. Beta diversity çok farklı bölgeler veya çevreler arasındaki tür kompozisyonundaki farklılıkları ve bu habitatların değişme hızını ortaya koyar. Beta diversity habitatlar arasındaki çeşitlilik modellerini ifade eder ve türlerin adapte olabilmeye yetenekleri ve gelişim ihtiyaçlarına göre değişim oranlarını gösterir. Yüksek beta diversity değerleri çevresel gradiyentin bir fonksiyonu olarak tür sayısında yüksek orandaki değişimin göstergesidir (Kılınç ve ark., 2006). Whittaker'a göre beta (β) çeşitlilik aşağıda verilen formülle (3) hesaplanır;

$$\beta = S/\alpha - 1 \quad (3)$$

β ; beta çeşitlilik, S ; toplam tür sayısı; α , ortalama tür zenginliği (Gülsoy ve Özkan, 2008) ifade eder. Hesaplamalar BioDiversity Pro (McAleece ve ark., 1997) programıyla yapılmıştır.

İstatistiksel Analizler

Tahribat (erozyon ve otlatma) faktörlerine göre belirlenen gruplar dikkate alınarak istatistiksel analizler yapılmıştır. İlk olarak bu iki faktöre göre oluşturulan gruplar arasında organik madde yönünden istatistiksel farklılık olup olmadığı tek yönlü varyans analizi ile belirlenmiştir. Her faktör için belirlenen gruplar arasında biyoçeşitlilik değerlerinin istatistiksel farklılığı tek yönlü varyans analizi kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca gruplar arasındaki farklılığın tespiti için Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Tahribat ve çevresel faktörlerin biyoçeşitlilik değerleriyle olan ilişkisi Pearson korelasyon testi kullanılarak belirlenmiştir. İstatistiksel analizler SPSS 20 programı ile yapılmıştır (Corp, 2013).

Jeoistatistiksel Analizler

Biyoçeşitlilik verilerine (Shannon-Wiener indeksine göre tür zenginliği (H) ve türlerin yoğunluğu (J), beta (β) çeşitlilik indeksi) ve tahribat (erozyon ve otlatma) faktörlerine ait alansal dağılım haritaları çizilmiştir. Harita çizimleri vejetasyon ve çevresel parametrelere ait semivariyogram değerlerinin hesaplaması sonrası, en çok kullanılan IDW, RBF ve Kriging yöntemlerinden doğal (ordinary), evrensel (universal), basit (simple) kriging enterpolasyon hesaplamaları kullanılmıştır. Yöntemlere ait enterpolasyon hesaplamalarının karşılaştırılmalarında ölçülen değerler ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişkiyi sorgulayabilmek, ölçülen değerlere en yakın sonucu veren başka bir ifade ile yöntemler arasından en uygun olanının seçebilmek için literatürde farklı karşılaştırma yöntemlerinin dikkate alındığı görülmektedir (İmamoglu ve Dengiz, 2017). Analizler için kullanılan indekslerin hesaplanması ve alan içerisinde bu indekslerin dağılımlarının belirlenmesi amacıyla ArcGIS 10.2v jeoistatistiksel modellerinden yararlanılmıştır (İmamoglu ve ark., 2016). Bu çalışmada birden çok yöntem kullanılarak harita çizimi için en uygun olanı hata kareler ortalamasının karekökü (RMSE) değerlerine (4) göre belirlenmiştir. Çünkü en düşük RMSE değerini veren yöntem en uygun yöntemdir (Arslan, 2012). Bu çalışma için biyoçeşitlilik, tahribat ve çevresel özelliklere ait RMSE değerleri incelenmiş ve en düşük RMSE değerlerine sahip yöntemler haritaların çizimi için seçilmiştir (Çizelge 2).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Z_{i*} - z_i)^2}{n}} \quad (4)$$

Eşitlikte; Z_{i*} : tahmin edilen değer, Z_i : ölçülen değer ve n örnek sayısını ifade etmektedir (Arslan, 2012).

Çizelge 2. Araştırılan parametrelere uygulanan jeostatistiksel yöntemler.

Table 2. Geostatistical methods were applied to studied parameters.

Enterpolasyon Modelleri	Pover Semivariogram	Plant cover	RMSE					
			H	J	β	Erosion	Grazing	
IDW	1	11,47	0.559	0.01685	3.528	0.898	1.030	
	2	12,65	0.590	0.01757	3.844	0.958	1.081	
	3	13,98	0.622	0.01757	4.170	1.018	1.164	
RBF	Completely Regularized Spline	12,01	0.147	0.01699	3.604	0.912	1.029	
	Thin Plate Spline	18,41	0.206	0.02387	5.123	1.207	1.366	
OK	Spherical	12,98	0.147	0.01665	3.493	0.886	1.119	
	Exponential	13,24	0.148	0.01677	3.522	0.886	1.110	
	Gaussian	12,39	0.146	0.01667	3.423	0.889	1.133	
Kriging	SK	Spherical	12,89	0.147	0.01664	3.489	0.882	1.059
		Exponential	13,17	0.148	0.01666	3.521	0.883	1.058
		Gaussian	12,33	0.147	0.01677	3.428	0.881	1.075
UK	Spherical	11,96	0.147	0.01661	3.538	0.886	1.119	
	Exponential	12,10	0.148	0.01666	3.639	0.886	1.110	
	Gaussian	11,59	0.147	0.01663	3.418	0.887	1.133	

BULGULAR

Erozyon ve otlatma derecelerine göre belirlenen çayır ve mera gruplarının organik madde içeriği birbirine benzerdir. Çizelge 3 incelendiğinde, belirlenen grupların organik madde yönünden farklı olmadığı istatistiksel olarak ortaya konmuştur.

Çizelge 3. Organik madde yönünden erozyon ve otlatma faktörlerine göre belirlenen grupların tek yönlü varyans analizi sonuçları.

Table 3. One-way analysis of variance results of the groups determined according to erosion and grazing factors in terms of organic matter.

	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Ortalama kare	F değeri	P değeri	
Erozyon	Gruplar arası	36.418	4	9.105	2.898	0.26ns
	Gruplar içi	317.339	101	3.142		
	Toplam	353.758	105			
Otlatma	Gruplar arası	15.130	4	3.782	1.128	0.35ns
	Gruplar içi	338.628	101	3.353		
	Toplam	353.758	105			

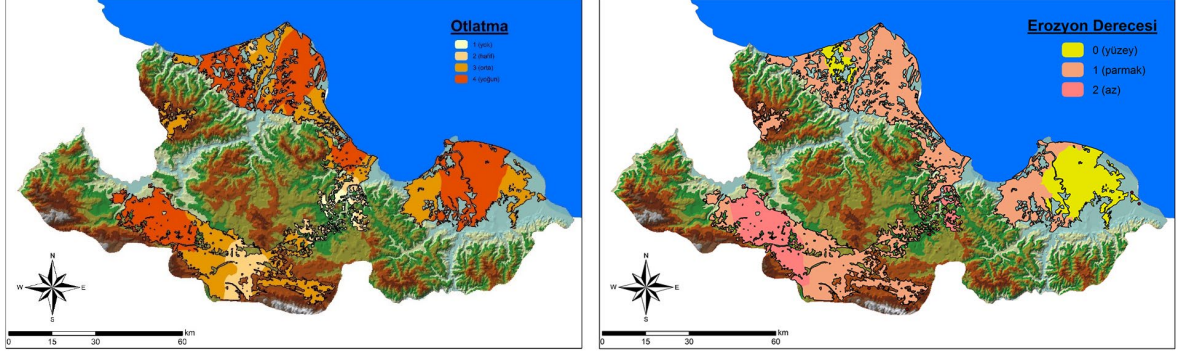
Erozyon ve otlatma derecesine göre beş grupta sınıflandırılmıştır, Erozyon derecelerine göre çayır ve meraların % 61.32'sinde hafif ve çok hafif erozyon görülürken, % 16.98'inde ise yüksek ve şiddetli erozyon görülmektedir. Otlatma şiddetine göre çayır ve meraların % 60.38'inde yoğun ve çok yoğun otlatma görülmektedir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Belirlenen grupların erozyon ve otlatma özellikleri

Table 4. Erosion and grazing features of determined groups

	Erozyon derecesi					
	Çok hafif	Hafif	Orta	Yüksek	Şiddetli	Toplam
Çayır ve mera sayısı	9 (%8.49)	56 (%52.83)	23 (%21.70)	14 (%13.21)	4 (%3.77)	106 (%100)
	Otlatma şiddeti					
	Yok	Hafif	Orta	Yoğun	Çok yoğun	Toplam
Çayır ve mera sayısı	8 (%7.55)	12 (%11.32)	22 (%20.75)	37 (%34.91)	27 (%25.47)	106 (%100)

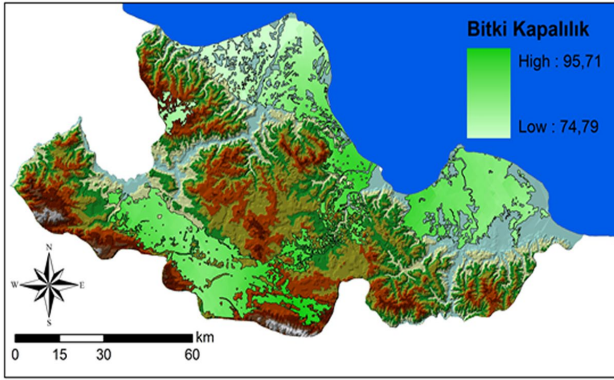
Alansal dağılım haritaları incelendiğinde; otlatmanın hemen hemen meraların tamamında etkili olduğu görülmektedir. Erozyon derecesine bakıldığında; Yeşilirmak deltasının doğusu ile Kızılırmak Deltasının batısındaki belirli bir alanda erozyonun çok hafif olduğu, geri kalan çayır ve meralarda ise hafif ve orta derecede olduğu bulunmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. Çayır ve meralara ait otlatma ve erozyon yoğunluk haritaları.

Figure 2. Density maps of meadow and pastures belonging to erosion and grazing.

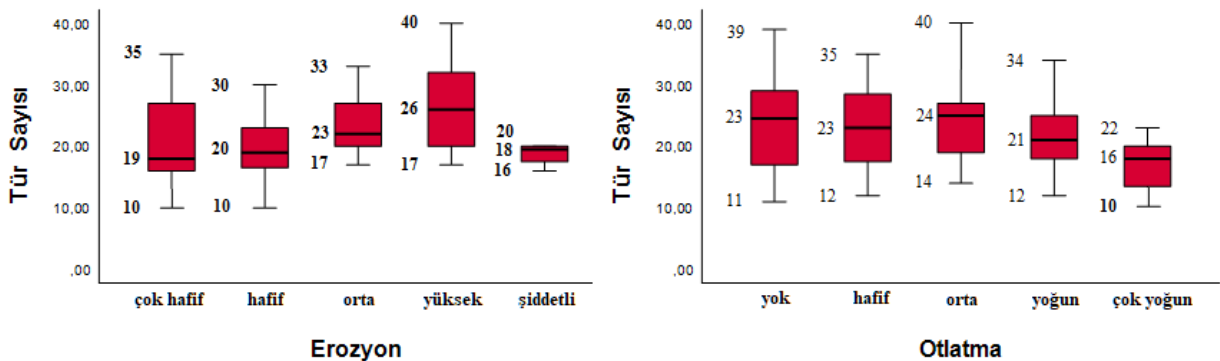
Çayır ve meraların bitki ile kaplılıkları incelendiğinde %74.79-95.71 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Jeostatistiksel sonuçlara göre bitki kaplılıklarının alansal dağılım haritası incelendiğinde çayır ve meraların çoğunluğunun yüksek kapalılık oranlarına sahip olduğu görülmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Çayır ve meralara ait bitki kaplılığı haritası.

Figure 3. Plant cover maps of meadow and pastures.

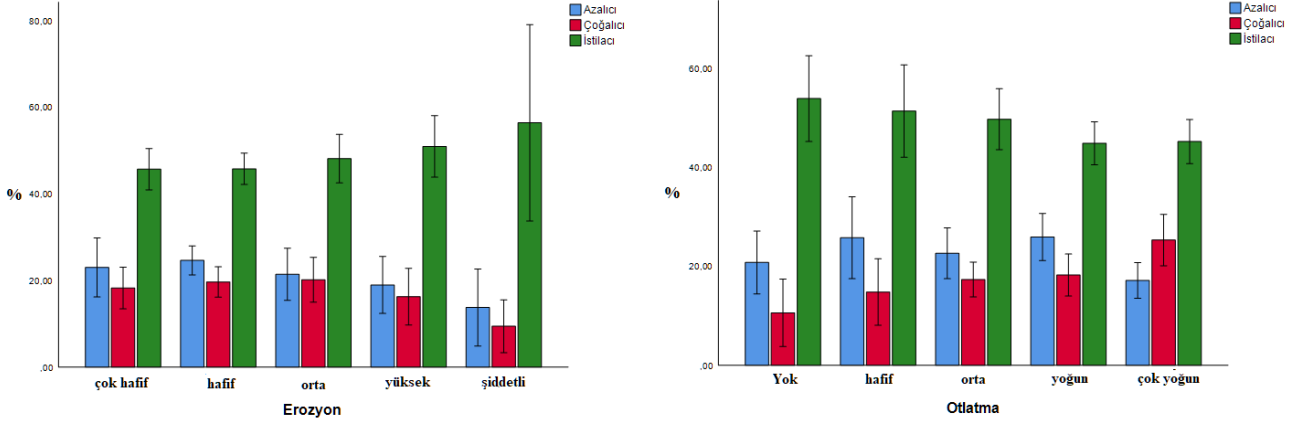
Tahribat faktörlerine göre sınıflandırılan çayır ve meraların tür sayıları incelendiğinde; 10 ile 40 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Erozyon derecelerine göre ortalama ve en yüksek tür sayısı yüksek erozyonun görüldüğü çayır ve meralarda tespit edilmiştir. Ortalama tür sayısının em düşük olduğu çayır meralar ise şiddetli erozyonun görüldüğü yerlerde hesaplanmıştır. Otlatma şiddetinin orta düzeyde olduğu alanların tür sayısına bakıldığında; 40 farklı türün bulunduğu tespit edilmiştir. Otlatma şiddetinin çok yoğun olduğu alanlarda ise ortalama tür sayısı 16 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Erozyon ve otlatma gruplarında tespit edilen en az, en çok ve ortalama tür sayıları.

Figure 4. Minimum, maximum and average species number of grazing and erosion groups.

Tahribat faktörlerine göre belirlenen gruplarda bitki türlerinin kalite dereceleri incelendiğinde; azalıcı, çoğalıcı ve istilacı türlerin farklı yoğunluklara sahip olduğu bulunmuştur. Erozyon şiddeti arttıkça istilacı tür yoğunluğunun arttığı, azalıcı ve çoğalıcı türlerin yoğunluğunun ise azaldığı görülmüştür. Otlatma şiddeti arttıkça istilacı türlerin yoğunluğunun azaldığı, çoğalıcı türlerin ise arttığı görülmüştür. Azalıcı türlerin ise dalgali bir seyir islediği, en yüksek yoğunluğa otlatmanın hafif olduğu alanlarda, en düşük yoğunluğa ise çok yoğun otlatmanın görüldüğü çayır ve meralarda tespit edilmiştir (Şekil 5).



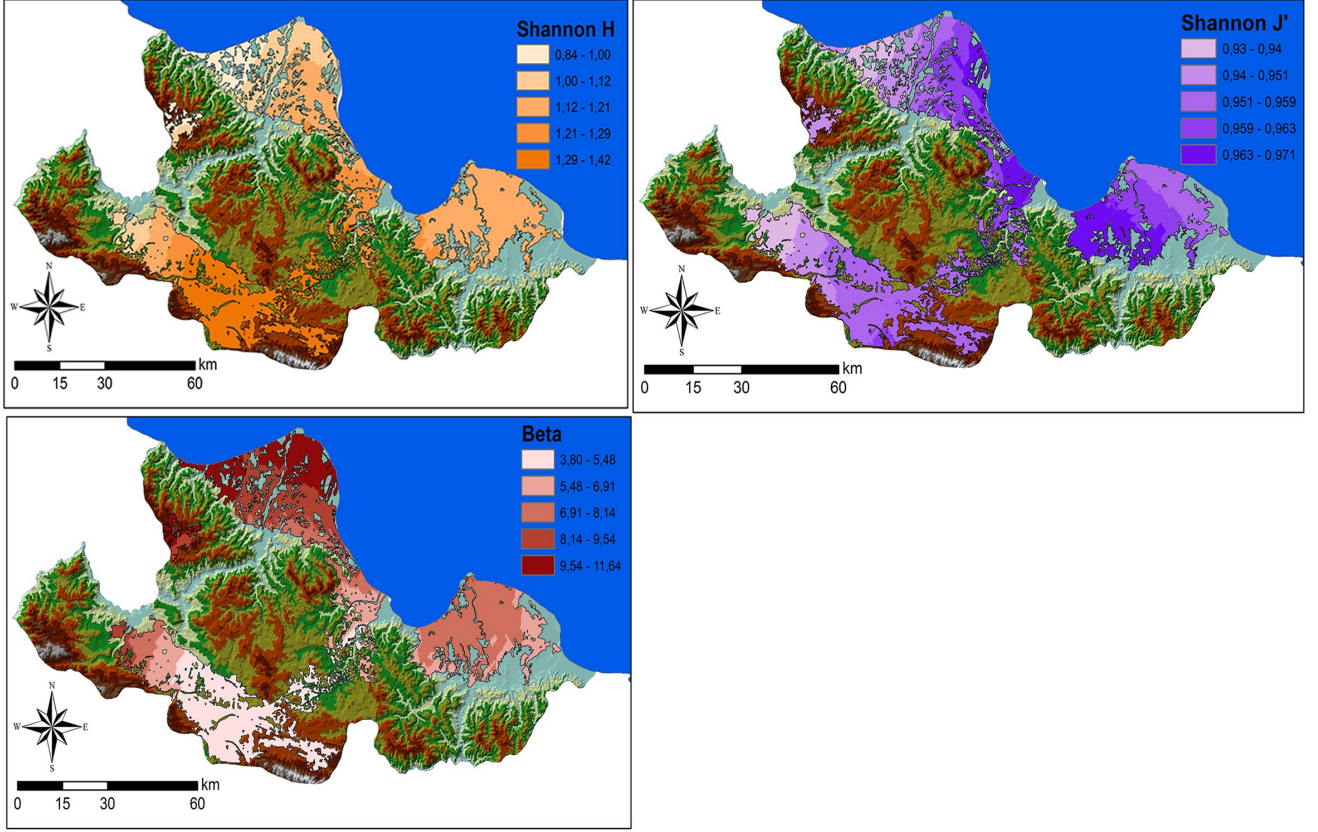
Şekil 5. Erozyon ve otlatma gruplarında azalıcı, çoğalıcı ve istilacı tür yoğunlukları.
Figure 5. Densities of decrease, increaser and invader species in erosion and grazing groups.

Çayır ve mera gruplarının biyoçeşitlilik verileri Shannon-Wiener'a göre tür çeşitliliği (H/richness), tür yoğunluğu (J/evennes) ve Whittaker'a göre beta (β) indeksleri hesaplanmıştır. Erozyon gruplarına göre biyoçeşitlilik verileri incelendiğinde; tür çeşitliliği (H/richness) ve beta çeşitliliği sonuçlarının istatistiksel olarak ($p < 0.05$) farklı olduğu bulunmuştur. Tür yoğunluğu (J/evennes) sonuçlarının erozyon grupları arasında istatistiksel farklılık bulunmamıştır. Otlatma gruplarına göre biyoçeşitlilik sonuçları incelendiğinde; tür çeşitliliği (H/richness) çeşitliliği sonuçlarının istatistiksel olarak ($p < 0.05$) farklı olduğu, tür yoğunluğu (J/evennes) ve beta çeşitliliği sonuçlarının ise otlatma grupları arasında istatistiksel olarak farklı olmadığı bulunmuştur (Çizelge 5).

Çizelge 5. Erozyon ve otlatma grupları arasında tür çeşitliliği (H), tür yoğunluğu (J) ve beta (β) indeksleri arasındaki tek yönlü varyans analizi (Harfler $p < 0.05$ düzeyinde Tukey HSD testi sonuçlarını ifade eder).
Table 5. One-way analysis of variance between the species diversity (H), species density (J) and beta (β) indices between erosion and grazing groups (Small letters represent Tukey HSD test results at $p < 0.05$ level).

	Erozyon derecesi					p value
	Çok hafif	Hafif	Orta	Yüksek	Şiddetli	
H indeks	1.133b	1.201b	1.260ab	1.326a	1.206b	0.041*
J indeks	0.952a	0.960a	0.957a	0.960a	0.966a	0.064ns
β indeks	3.257bc	8.002a	6.328ab	4.711abc	1.559c	0.000**
	Otlatma şiddeti					p value
	Yok	Hafif	Orta	Yoğun	Çok yoğun	
H indeks	1.274a	1.261a	1.295a	1.248ab	1.105b	0.000**
J indeks	0.965a	0.958a	0.962a	0.957a	0.956a	0.513ns
β indeks	5.979a	6.387a	5.279a	6.285a	8.222a	0.059ns

Biyoçeşitlilik sonuçlarının alansal dağılımına bakıldığında; erozyon derecesinin orta ve yüksek olduğu çayır meralarda tür çeşitliliği (H/richness) yüksek bulunmuştur. Tür yoğunluğu (J/evennes) değerlerine bakıldığında erozyon gruplarının birbirine yakın değerlerde olduğu görülmektedir. Bununla beraber beta çeşitliliği sonuçlarının hafif erozyon görülen grupta en yüksek, erozyonun şiddetli görüldüğü grupta ise en düşük olduğu tespit edilmiştir. Otlatma yoğunluğuna göre biyoçeşitlilik verilerinin dağılımı incelendiğinde orta şiddetli otlatmanın görüldüğü çayır ve meralarda tür çeşitliliği (H/richness) ve tür yoğunluğu (J/evennes) değerlerinin yüksek olduğu hesaplanmıştır. Otlatmanın çok yoğun olduğu çayır ve meralarda ise beta çeşitliliği çok yüksek, tür çeşitliliği (H/richness) ve tür yoğunluğu (J/evennes) değerleri ise en düşük olarak hesaplanmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Çayır ve meralara ait tür çeşitliliği (H), tür yoğunluğu (J) ve beta (β) indekslerine göre yoğunluk haritaları.
Figure 6. Density maps of meadows and pastures according to species diversity (H), species density (J) and beta (β) indices.

Son olarak tahribat faktörleri ile biyoçeşitlilik ve türlere ait özellikler arasında yapılan korelasyon sonuçları incelendiğinde; Erozyonun tür çeşitliliği (H/ricness), tür sayısı ve istilacı tür sayısı ile pozitif ilişkili olduğu bulunurken, Beta çeşitlilik ile negatif ilişkili olduğu bulunmuştur. Otlatma faktörü ile yapılan korelasyonlar incelendiğinde ise beta ve çoğalcı bitkiler ile pozitif ilişkili olduğu, tür çeşitliliği (H/ricness), tür sayısı ve istilacı tür sayısı ile negatif ilişkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Erozyon ve otlatma derecelerinin biyoçeşitlilik ve türlere ait özellikler ile yapılan korelasyon sonuçları.
Table 6. Correlation results of erosion and grazing degrees with biodiversity and species features.

	H	J	Beta	Tür sayısı	Azalıcı	Çoğalcı	İstilacı
Erozyon	0.249*	0.074	-0.240*	0.238*	-0.159	-0.121	0.217*
Otlatma	-0.319**	-0.146	0.200*	-0.333**	-0.126	0.320**	-0.238*

TARTIŞMA

Çayır ve meralarda aşırı otlatmanın zemin florasına zarar verdiği, aynı zamanda baskın türlerin yenilenmesini engellediği bilinmektedir (Malik ve ark., 2016). Bu çalışmada inceleme yapılan çayır ve meraların % 60'ında yoğun ve çok yoğun otlatma tespit edilmiş olup, bu alanlarda tür sayısının daha düşük olduğu bulunmuştur. Ayrıca aşırı otlatmanın çalı ve ağaç türlerinin olumsuz etkilediği dolayısıyla tür zenginliğini azalttığı ortaya konmuştur (Roder ve ark., 2002; Kumar ve Shahabuddin, 2005). Bununla birlikte (Pettit ve ark., 1995) aşırı otlatmanın tür zenginliği ve çeşitliliğini azalttığını ve ilgisiz türlerin oranını arttırdığını belirtmiştir. Elde edilen sonuçlar ile birlikte değerlendirildiğinde yoğun ve aşırı yoğun otlatılan çayır ve meralarda biyoçeşitlilik indekslerinin (α çeşitlilik indeksleri) daha düşük olduğu hesaplanmıştır (Faria ve ark., 2018). Ayrıca otlatma şiddetinin aşırı olduğu çayır ve meralarda β indeksinin yüksek olması, tahribatın yoğun olduğunu göstermektedir. Farklı otlatma derecelerine sahip çayır ve meralardaki bu farklılık özellikle tür zenginliği açısından istatistiksel olarak bulunmuştur. Bunun yanında otlatma şiddetinin artışıyla birlikte istilacı ve çoğalcı türlerin değiştiği görülmüştür. Önceki çalışmalarda da vejetasyonda meydana gelen değişikliklerin önemli bir nedeninin otlatma şiddeti olduğu belirlenmiştir (Zhao ve ark., 2007; García ve ark., 2009; Tälle ve ark., 2016).

Sonuçlara dayanarak otlatma şiddetinin tür zenginliği ve çeşitliliği üzerinde önemli derecede etkili olduğunu özellikle otlatmanın yoğun olduğu çayır ve meralarda tür sayısının ve çeşitlilik indekslerinin daha düşük olduğunu, fakat otlatma şiddetinin orta seviyede olduğu çayır veralarında ise tür sayısının ve çeşitliliğinin daha yüksek olduğunu söyleyebiliriz. Lu ve ark. (2017) otlak ekosistemlerinde çeşitli derecelerdeki otlatmanın tür zenginliğini etkilediğini ortaya koyması bu çalışmadaki değişkenliği de açıklamaktadır. Bu nedenle genel olarak otlatmanın orta derece de olduğu alanların yüksek biyoçeşitliliğe sahip olacağını söyleyebiliriz (Tälle ve ark., 2016).

Otlatma şiddetine göre çizilen alansal dağılım haritaları incelendiğinde; otlatmanın aşırı olduğu alanlarda yüzeyin bitki ile kaplılık oranının ve α çeşitlilik indekslerinin daha düşük olduğunu, β indeksinin ise daha yüksek olduğu bulunmuştur. Önceki çalışmalar, ya bitki örtüsünün (Pohl ve ark., 2009; Martin ve ark., 2010) ya da çayırların (Callaway ve ark., 2000; Wiesmair ve ark., 2017) bozulmuş olması otlak çeşitliliğine ilişkin etkilerini bağımsız olarak araştırmıştır. Bitki toplulukları ve ekosistemler bir dereceye kadar otlatmanın neden olduğu tahribatı tolere edebilir, ancak tipik olarak tahribat mevcut eşikleri aşarsa kararsız hale gelebilirler (Westoby ve ark., 2002; Zhu ve ark., 2008; Villnäs ve ark., 2013).

Bir diğer tahribat faktörümüz olan erozyonun çayır ve meralardaki durumu incelendiğinde; alanların çoğunda erozyon şiddetinin hafif olduğu bulunmuştur. Özellikle Yeşilirmak Deltası'nın doğusu ile Kızılırmak Deltası'nın batısında erozyonun çok hafif olması bu alanların toprak yapısının bozulmamış ve rüzgâr erozyonunun etkisi altında kalmamasından kaynaklandığını söyleyebiliriz (Öztürk vd., 2015). Bitki çeşitliliği ile erozyon arasındaki ilişki incelendiğinde; en yüksek tür sayısına sahip alanların orta ve yüksek erozyonun görüldüğü çayır ve meralar olduğu tespit edilmiştir. Özellikle erozyon derecesinin çok yüksek olduğu çayır ve meralarda ortalama tür sayısının çok düşük olduğu bulunmuştur. Türlerin kalite derecelerine göre, erozyonun şiddetli olduğu alanlarda istilacı türlerin yoğunluklarının arttığı bulunmuştur. Bitki örtüsü ile toprak erozyonu arasındaki bu güçlü ilişki daha önceki çalışmalarda ortaya konmuştur (Linse ve ark., 2006; Peratoner ve Pötsch, 2019). Dağlık alanlarda erozyonun daha şiddetli olması ile birlikte nispeten biyoçeşitliliğin daha düşük olduğu bulunmuş ve düşük tür çeşitliliğinin erozyonun oluşumunu hızlandıran doğal bir süreç olduğu tespit edilmiştir (Wiesmair ve ark., 2017). Elde edilen sonuçlara bakıldığında; erozyon şiddeti arttıkça çayır ve meralardaki tür kalitesinin değiştiği özellikle istilacı tür yoğunluğunun arttığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte erozyon grupları arasındaki biyoçeşitlilik indeksleri incelendiğinde H (richness) ve β indeksinin istatistiksel olarak farklıdır.

Erozyonu azaltmak, genellikle bitki biyoçeşitliliği ile yakından ilişkili olup, bitki tür zenginliğinin erozyon oranlarını düşürdüğü, bununla beraber düşük tür zenginliğinin ise erozyonun doğal sürecini hızlandırdığı belirlenmiştir (Allen ve ark., 2016). Artan kök biyokütlesinin topraklara stabilite sağladığı ve bu nedenle "toprak erozyonunu önlemenin biyolojik çeşitliliğin artırılması önerilmiştir (Balvanera ve ark., 2006; Liu ve ark., 2017).

Tahribat faktörleri ile yapılan korelasyonlar incelendiğinde; otlatma şiddetinin tahribatı arttırdığını beta biyoçeşitliliğide azalttığı belirlenirken, erozyonun tür çeşitliliği ile pozitif ilişkili olduğu belirlenmiştir.

Bu sonuç genellikle, orta düzeyde rahatsızlığın toplumun art arda ilerlemesinde ve topluluk yapısının ve tür çeşitliliğinin korunmasında önemli bir rol oynayabileceğini gösteren ara rahatsızlık hipotezi ile tutarlıdır (Grime, 1973; Duru ve ark., 2010; Kiełtyk ve Mirek, 2015).

SONUÇ

Çayır ve meralarda önemli tahribat faktörleri olan erozyon ve otlatmanın biyolojik çeşitliliği üzerindeki etkisi orta dereceli tahribat hipotezine göre incelenmiş ve otlatmanın orta dereceli olduğu alanlarda yüksek, aşırı otlatmanın olduğu alanlarda daha düşük biyolojik çeşitliliğin olduğu tespit edilmiştir. Erozyon için ise biyolojik çeşitliliğin çok hafif erozyon görülen alanlardan yüksek erozyon görülen alanlara doğru arttığı fakat şiddetli erozyonun görüldüğü çayır ve meralarda ise yeniden biyolojik çeşitliliğin azaldığı bulunmuştur. Ayrıca Samsun İli'nde çayır ve mera olarak kullanılan arazilerin tahribat faktörleri, biyolojik çeşitlilik değerleri ve bazı vejetasyon özellikleri ile ilgili bilgiler çizilen alansal dağılım haritaları ile gösterilmiştir. Nispeten her iki faktör için orta dereceli tahribat hipotezini desteklediğini söyleyebiliriz. Özellikle otlatma ile ilgili elde ettiğimiz sonuçların daha önceki çalışmalarda elde edilen sonuçlar ile daha uyumlu olduğu görülmektedir (Ren ve ark., 2012; Gamoun, 2014; Eldridge ve ark., 2016; Fedrigo ve ark., 2018). Sonuç olarak erozyon şiddetinin belli bir seviyeye kadar biyolojik çeşitlilik açısından tolere edilebildiği fakat otlatma baskısının belli bir derecede tutulmasının uygun olduğu bulunmuştur.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

YAZAR KATKISI

Mustafa Sürmen, Tamer Yavuz ve Burak Sürmen çalışmanın planlanması, arazi çalışmaları ve makale yazımında katkılar sağlarken, Ali İmamoğlu jeostatistiksel analizlerin uygulanmasında katkı sağlamıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 106G017 numaralı proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Allen, D. C., Cardinale, B. J., & Wynn-Thompson, T. (2016). Plant biodiversity effects in reducing fluvial erosion are limited to low species richness. *Ecology*, 97(1), 17–24.
- Altın, M., Tuna, C., Nizam, İ., & Ateş, E. (2005). *Pirinççi köyü meraları dolgu alanlarını bitkilendirme uygulamaları*. VI. Tarla Bitkileri Kongresi, Antalya.
- Amiri, F., Ariapour, A., & Fadai, S. (2008). Effects of livestock grazing on vegetation composition and soil moisture properties in grazed and non-grazed range site. *Journal of Biological Sciences*, 8(8), 1289-1297.
- Anonim. (2005). Toprak ve arazi sınıflaması standartları teknik talimatı. http://www.tarim.gov.tr/Belgeler/Mevzuat/Talimatlar/ToprakAraziSiniflamasiStandartlariTeknikTalimativelligiliMevzuat_yeni.pdf. Erişim tarihi: 21 Mayıs 2020.
- Arslan, H. (2012). Spatial and temporal mapping of groundwater salinity using ordinary kriging and indicator kriging: The case of Bafra Plain, Turkey. *Agricultural Water Management*, 113, 57-63.
- Balvanera, P., Pfisterer, A. B., Buchmann, N., He, J. S., Nakashizuka, T., Raffaelli, D., & Schmid, B. (2006). Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecology Letters*, 9(10), 1146–1156.
- Biswas, S. R., & Mallik, A. U. (2010). Disturbance effects on species diversity and functional diversity in riparian and upland plant communities. *Ecology*, 91(1), 28–35.
- Biswas, S. R., & Mallik, A. U. (2011). Species diversity and functional diversity relationship varies with disturbance intensity. *Ecosphere*, 2(4), art52.
- Buckling, A., Kassen, R., Bell, G., & Rainey, P. B. (2000). Disturbance and diversity in experimental microcosms. *Nature*, 408(6815), 961–964.
- Callaway, R. M., Kikvidze, Z., & Kikodze, D. (2000). Facilitation by unpalatable weeds may conserve plant diversity in overgrazed meadows in the Caucasus Mountains. *Oikos*, 89(2), 275–282.
- Collins, S. L., & Glenn, S. M. (1997). Intermediate disturbance and its relationship to within- and between-patch dynamics. *New Zealand Journal of Ecology*, 21(1), 103-110.
- Connell, J. H. (1979). Intermediate-disturbance hypothesis. *Science*, 204(4399), 1345–1345.
- Corp, I. (2013). IBM SPSS statistics for windows. Armonk, NY.
- Dupré, C., & Diekmann, M. (2001). Differences in species richness and life-history traits between grazed and abandoned grasslands in southern Sweden. *Ecography*, 24(3), 275–286.
- Duru, M., Ansquer, P., Jouany, C., Theau, J. P., & Cruz, P. (2010). Comparison of methods for assessing the impact of different disturbances and nutrient conditions upon functional characteristics of grassland communities. *Annals of Botany*, 106(5), 823-831.
- Eldridge, D.J., Poore, A. G. B., Ruiz-Colmenero, M., Letnic, M., & Soliveres, S. (2016). Ecosystem structure, function, and composition in rangelands are negatively affected by livestock grazing. *Ecological Applications*, 26(4), 1273–1283.
- Faria, N., Peco, B., & Carmona, C. P. (2018). Effects of haying on vegetation communities, taxonomic diversity and sward properties in mediterranean dry grasslands: A preliminary assessment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 251, 48-58.
- Fedrigo, J. K., Ataide, P. F., Filho, J. A., Oliveira, L. V., Jaurena, M., Laca, E. A., ... Nabinger, C. (2018). Temporary grazing exclusion promotes rapid recovery of species richness and productivity in a long-term overgrazed Campos grassland. *Restoration Ecology*, 26(4), 677-685.
- Flöder, S., & Sommer, U. (1999). Diversity in planktonic communities: An experimental test of the intermediate disturbance hypothesis. *Limnology and Oceanography*, 44(4), 1114–1119.

- Gamoun, M. (2014). Grazing intensity effects on the vegetation in desert rangelands of Southern Tunisia. *Journal of Arid Land*, 6(3), 324–333.
- García, R. R., Jáuregui, B. M., García, U., Osoro, K., & Celaya, R. (2009). Effects of livestock breed and grazing pressure on ground-dwelling arthropods in Cantabrian heathlands. *Ecological Entomology*, 34(4), 466–475.
- Grime, J. P. (1973). Competitive exclusion in herbaceous vegetation. *Nature*, 242(5396), 344–347.
- Gülsoy, S., & Özkan, K. (2008). Tür çeşitliliğinin ekolojik açıdan önemi ve kullanılan bazı indisler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9(1), 168–178.
- İmamoğlu, A., Bahadır, M., & Dengiz, O. (2016). Çorum Alaca havzasında toprak erozyon duyarlılık faktörünün farklı enterpolasyon modeller kullanılarak konumsal dağılımlarının belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 5(1), 8–15.
- İmamoglu, A., & Dengiz, O. (2017). Determination of soil erosion risk using RUSLE model and soil organic carbon loss in Alaca catchment (Central Black Sea region, Turkey). *Rendiconti Lincei*, 28(1), 11–23.
- Kieltyk, P., & Mirek, Z. (2015). Importance of molehill disturbances for invasion by *Bunias orientalis* in meadows and pastures. *Acta Oecologica*, 64, 29–34.
- Kılınç, M., Kutbay, H. G., Yalçın, E., & Bilgin, A. (2006). *Bitki Ekolojisi ve Bitki Sosyolojisi Uygulamaları*. Palme Yayınevi, Ankara.
- Kobayashi, T., Hori, Y., & Nomoto, N. (1997). Effects of trampling and vegetation removal on species diversity and micro-environment under different shade conditions. *Journal of Vegetation Science*, 8(6), 873–880.
- Koç, A., & Çakal, Ş. (2004). *Comparison of some rangeland canopy coverage methods*. International Soil Congress Natural Resource Management for Sustainable Development, Erzurum.
- Kumar, R., & Shahabuddin, G. (2005). Effects of biomass extraction on vegetation structure, diversity and composition of forests in Sariska Tiger Reserve, India. *Environmental Conservation*, 32(3), 248–259.
- Lázaro, A., Tscheulin, T., Devalez, J., Nakas, G., & Petanidou, T. (2016). Effects of grazing intensity on pollinator abundance and diversity, and on pollination services. *Ecological Entomology*, 41(4), 400–412.
- Li, Y., & Shipley, B. (2019). Functional niche occupation and species richness in herbaceous plant communities along experimental gradients of stress and disturbance. *Annals of Botany*, 124(5), 861–867.
- Liddle, M. J. (1991). Recreation ecology: Effects of trampling on plants and corals. *Trends in Ecology & Evolution*, 6(1), 13–17.
- Linse, S. J., Mergen, D. E., Smith, J. L., & Trlica, M. J. (2006). Upland erosion under a simulated most damaging storm. *Journal of Range Management*, 54(4), 356–361.
- Liu, Y., Wu, G., Ding, L., Tian, F., & Shi, Z. (2017). Diversity–productivity trade-off during converting cropland to perennial grassland in the semi-arid areas of China. *Land Degradation & Development*, 28(2), 699–707.
- Lu, X., Kelsey, K. C., Yan, Y., Sun, J., Wang, X., Cheng, G., & Neff, J. C. (2017). Effects of grazing on ecosystem structure and function of alpine grasslands in Qinghai-Tibetan Plateau: a synthesis. *Ecosphere*, 8(1), e01656.
- Malik, Z. A., Pandey, R., & Bhatt, A. B. (2016). Anthropogenic disturbances and their impact on vegetation in Western Himalaya, India. *Journal of Mountain Science*, 13(1), 69–82.
- Martin, C., Pohl, M., Alewell, C., Körner, C., & Rixen, C. (2010). Interrill erosion at disturbed alpine sites: Effects of plant functional diversity and vegetation cover. *Basic and Applied Ecology*, 11(7), 619–626.
- Martinsen, G. D., Cushman, J. H., & Whitham, T. G. (1990). Impact of pocket gopher disturbance on plant species diversity in a shortgrass prairie community. *Oecologia*, 83(1), 132–138.
- McAleece, N., Lamshead, P., Paterson, G., & Gage, J. (1997). *BioDiversity Professional*: London.
- Mcintyre, S., Heard, K. M., & Martin, T. G. (2003). The relative importance of cattle grazing in subtropical grasslands: does it reduce or enhance plant biodiversity? *Journal of Applied Ecology*, 40(3), 445–457.
- Morrison, J. (2006). Grasslands of the World. *Experimental Agriculture*, 42(2), 254–255.
- Öztürk, D., Beyazit, I., & Kilic, F. (2015). Spatiotemporal analysis of shoreline changes of the Kizilirmak Delta. *Journal of Coastal Research*, 31(6), 1389–1402.
- Peratoner, G., & Pötsch, E. M. (2019). Methods to describe the botanical composition of vegetation in grassland research. *Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment*, 70(1), 1–18.
- Pettit, N. E., Froend, R. H., & Ladd, P. G. (1995). Grazing in remnant woodland vegetation: changes in species composition and life form groups. *Journal of Vegetation Science*, 6(1), 121–130.
- Pohl, M., Alig, D., Körner, C., & Rixen, C. (2009). Higher plant diversity enhances soil stability in disturbed alpine ecosystems. *Plant and Soil*, 324(1–2), 91–102.

- Pollock, M. M., Naiman, R. J., & Hanley, T. A. (1998). Plant species richness in riparian wetlands—a test of biodiversity theory. *Ecology*, 79(1), 94.
- Pueyo, Y., Alados, C. L., & Ferrer-Benimeli, C. (2006). Is the analysis of plant community structure better than common species-diversity indices for assessing the effects of livestock grazing on a Mediterranean arid ecosystem? *Journal of Arid Environments*, 64(4), 698–712.
- Ren, H., Schönbach, P., Wan, H., Gierus, M., & Taube, F. (2012). Effects of grazing intensity and environmental factors on species composition and diversity in typical steppe of inner Mongolia, China. *PLoS ONE*, 7(12), e52180.
- Roder, W., Gratzler, G., & Wangdi, K. (2002). Cattle grazing in the conifer forests of Bhutan. *Mountain Research and Development*, 22(4), 1–7.
- Shea, K., Roxburgh, S. H., & Rauschert, E. S. J. (2004). Moving from pattern to process: coexistence mechanisms under intermediate disturbance regimes. *Ecology Letters*, 7(6), 491–508.
- Sun, D., & Liddle, M. J. (1993). A survey of trampling effects on vegetation and soil in eight tropical and subtropical sites. *Environmental Management*, 17(4), 497–510.
- Sürmen, M., & Kara, E. (2018). Aydın İli ekolojik koşullarında farklı eğimlerdeki mera vejetasyonlarının verim ve kalite özellikleri. *Derim*, 35(1), 67–72.
- Sürmen, M., Yavuz, T., Sürmen, B., & Kutbay, H. G. (2015). Determination of the population densities of invasive species in meadows and pastures of Samsun. *Türkiye Herboloji Dergisi*, 18(3), 9–10.
- Tälle, M., Deák, B., Poschlod, P., Valkó, O., Westerberg, L., & Milberg, P. (2016). Grazing vs. mowing: A meta-analysis of biodiversity benefits for grassland management. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 222, 200–212.
- Tilman, D. (1983). Plant succession and gopher disturbance along an experimental gradient. *Oecologia*, 60(3), 285–292.
- Türk, M., Albayrak, S., & Bozkurt, Y. (2015). Otlatmanın Farklı yapay meralarda botanik kompozisyon üzerine etkisi. *SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(1), 17–34.
- Ünal, S., Mutlu, Z., Mermer, A., Urla, Ö., Ünal, E., Özyayın, K. A., ... Aslan, S. (2012). Çankırı ili meralarının mera durumu ve sağlığının belirlenmesi üzerine bir çalışma. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5(2), 131–135.
- Villnäs, A., Norkko, J., Hietanen, S., Josefson, A. B., Lukkari, K., & Norkko, A. (2013). The role of recurrent disturbances for ecosystem multifunctionality. *Ecology*, 94(10), 2275–2287.
- Westoby, M., Falster, D. S., Moles, A. T., Vesk, P. A., & Wright, I. J. (2002). Plant ecological strategies: Some leading dimensions of variation between species. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33(1), 125–159.
- Wiesmair, M., Otte, A., & Waldhardt, R. (2017). Relationships between plant diversity, vegetation cover, and site conditions: implications for grassland conservation in the Greater Caucasus. *Biodiversity and Conservation*, 26(2), 273–291.
- Wilson, S. D., & Tilman, D. (1991). Interactive effects of fertilization and disturbance on community structure and resource availability in an old-field plant community. *Oecologia*, 88(1), 61–71.
- Yuan, Z. Y., Jiao, F., Li, Y. H., & Kallenbach, R. L. (2016). Anthropogenic disturbances are key to maintaining the biodiversity of grasslands. *Scientific Reports*, 6(1), 22132.
- Zhao, W. Y., Li, J. L., & Qi, J. G. (2007). Changes in vegetation diversity and structure in response to heavy grazing pressure in the northern Tianshan Mountains, China. *Journal of Arid Environments*, 68(3), 465–479.
- Zhu, Z.-H., Lundholm, J., Li, Y., & Wang, X. (2008). Response of *Polygonum viviparum* species and community level to long-term livestock grazing in alpine shrub meadow in Qinghai-Tibet Plateau. *Journal of Integrative Plant Biology*, 50(6), 659–672.



Research Article

Mitigation of Salinity Stress on Chickpea Germination by Salicylic Acid Priming

Mustafa Ceritoğlu*, Murat Erman

Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Siirt University, Siirt, Turkey

Received: 28.07.2020

Accepted: 25.09.2020

Keywords:

Hydro-priming, osmo-priming, ion toxicity, stress alleviation, uniformity of germination

Abstract. Salinity is a global problem that threatens chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivation in all stages from germination to maturity. Also, salt-affected areas in the World are increasing by the day. Germination is one of the primary stages affecting plant growth and seed yield. Thus, germination performance of seeds has a vital role in vegetative and productive stages. Seed priming, a cheap and easily applicable technique, improves the germination performance by regulating enzymatic reactions and controlling water intake. Seed priming is controlled hydration of seeds soaked in a solution that has low osmotic potential to start the germination metabolism without elongation of radical. The aim of the study was to investigate the effects of different priming treatments on germination traits of chickpea under saline conditions. Three levels of salinity (control, 50 mM and 100 mM NaCl) and 5 priming treatments (non-primed, hydro-priming, 0.1 mM, 0.2 mM and 0.3 mM salicylic acid) were used in the study. Germination percentage (GP), mean germination time (MGT), germination rate (GR), germination index (GI) and coefficient of uniformity of germination (CUG) were varied between 80.7-98.3%, 1.40-2.67 day, 38.1-75.7, 37.5-72.5 and 0.3-0.7, respectively. Although all treatments caused significant positive effects, the 0.2 mM SA mostly improved the germination traits in the study. Also, it was determined that 0.2 mM salicylic acid priming is the threshold for chickpea and higher concentrations have inhibitory effects on the germination process.

***Corresponding author**
ceritoglu@siirt.edu.tr

Nohut Çimlenmesi Üzerine Tuzluluk Stresinin Salisilik Asit Priming ile Azaltılması

Anahtar kelimeler:

Hidro-priming, osmo-priming, iyon toksisitesi, stress azaltma, çimlenme üniformitesi

Özet. Tuzluluk, nohut (*Cicer arietinum* L.) tarımını çimlenmeden olgunluğa kadar her aşamada tehdit eden küresel bir sorundur. Ayrıca, yeryüzünde tuzluluktan etkilenen alanlar giderek artmaktadır. Çimlenme ürün kalitesini ve tane verimini etkileyen evrelerin başında gelir. Bu nedenle, tohumların çimlenme performansları vejetatif ve generatif gelişim dönemleri açısından hayati önem taşımaktadır. Ucuz ve kolay uygulanabilir bir teknik olan priming, su alımını kontrol ederek ve enzimatik reaksiyonları düzenleyerek çimlenme performansının artmasını sağlar. Priming, düşük osmotik potansiyele sahip bir çözeltide bekletilerek tohumun çimlenme metabolizmasının kökcük çıkışı olmaksızın başlatıldığı kontrollü su alımını ifade eder. Çalışmanın amacı, tuzluluk stresi altındaki nohutta farklı priming uygulamalarının çimlenme özellikleri üzerine etkilerini belirlemektir. Çalışmada 3 tuzluluk seviyesi (kontrol, 50 mM NaCl ve 100 mM NaCl) ve 5 ekim öncesi uygulama (kontrol, hidro-priming, 0.1, 0.2 ve 0.3 mM salisilik asit) kullanılmıştır. Çimlenme yüzdesi (% 80.7-98.3), ortalama çimlenme süresi (1.40-2.67 gün), çimlenme hızı (38.1-75.7), çimlenme indeksi (37.5-72.5) ve çimlenme üniformluk katsayısı (0.3-0.7) değerleri , , ve Belirlenmiştir. Çalışmadaki tüm uygulamalar önemli pozitif etkilere sebep olmasına rağmen 0.2 mM SA uygulaması çimlenme özelliklerini en çok iyileştiren uygulama olmuştur. Ayrıca, 0.2 mM SA uygulamasının nohutta eşik değer olduğu, daha yüksek konsantrasyonların çimlenme süreci üzerine engelleyici/azaltıcı etki gösterdiği tespit edilmiştir.

INTRODUCTION

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is one of the most nutritionally and economically important grain legumes. Nearly 17.2 million tons of chickpea is grown on 17.1 million hectares area over the World (FAOSTAT, 2018). Due to its highly nutritious composition which includes carbohydrate (54–71%), protein (13–31%), vitamins, phosphorus and physiologically active ingredients, chickpea constitutes a substantial step of essential nutrients in many regions (Xing *et al.*, 2020). Also, chickpea, similar to other grain legumes, is an important part of rotation systems (Francis *et al.*, 1986; Ceritoglu and Erman, 2019) due to its high adaptability (Gan *et al.*, 2009; Soysal *et al.*, 2020) and nitrogen fixation that enhances N content and productivity of soil (Soe *et al.*, 2020).

Some abiotic and biotic stresses reduced chickpea productivity up to 1 ton ha⁻¹ although it has the potential to achieve 3.5–4 ton ha⁻¹ under optimum growth conditions (Roorkiwal *et al.*, 2018). Drought stress might restrict chickpea yield by nearly 33% (Hajjarpoor *et al.*, 2018) heat and drought stresses together cause a reduction of up to 70% (Varshney *et al.*, 2014). The other vital stress, salinity, also threatens chickpea cultivation. According to estimates, the 7 billion hectares (Bha) land is arable on the world, of which 1.5 Bha can be cultivated, 340 million hectares (Mha) is saline and, 560 Mha is sodic (Shahid *et al.*, 2018). Due to irrigation practices, salt-affected areas are increasing by the day. Although all grain legumes are sensitive to salinity stress, chickpea is one of the most susceptible ones. Salt stress reduces the osmotic potential in the medium and prevents water intake by seeds, moreover, increasing Na⁺ and Cl⁻ ions inhibited the germination process (Goharrizi *et al.*, 2020). The first physiological process affected by salinity stress is water uptake due to the low water potential of the ambient. Salinity negatively affects plant growth throughout its lifespan, from germination to maturity, and causes significant stand establishment problems and yield losses (Singla and Garg, 2005). However, germination and early growth stage are the main critical stages for optimum stand establishment of plants (Hubbard *et al.*, 2012).

Seed priming is controlled hydration of seeds soaked in a solution that has low osmotic potential to start the germination metabolism without elongation of radical (Sher *et al.*, 2019). Many different methods are used as seed priming techniques such as hydro-priming, halopriming, solid matrix priming, osmo-priming, nutria-priming, hormonal priming and biopriming. Many researchers have reported that plant growth, tolerance to stress factors, stand establishment and productivity of crops can be improved by seed priming (Farooq *et al.*, 2017; Reis *et al.*, 2018; Haider *et al.*, 2020; Maurya *et al.*, 2020). Salicylic acid (SA) is commonly used as hormonal priming on different grain legumes such as lentil (Azarnia *et al.*, 2016), faba bean (Bouallegue *et al.*, 2017), common bean (Mohtashami *et al.*, 2016), cowpea (Pakmehr *et al.*, 2011), and pea (Farooq *et al.*, 2007), therefore, reported to increase plant growth, seed yield, and tolerance to stress factors. The SA is a vital signaling molecule that regulates plant responses to pathogen infection (Shakirova *et al.*, 2003). This study aims to evaluate whether SA priming is a technique that can be used to mitigate the toxic effects of salinity on the germination of chickpeas or not.

MATERIAL AND METHOD

Material

The seeds of cv. Çakır which is a kabuli type chickpea (*Cicer arietinum* L.) were provided from Transitional Zone Agricultural Research Institute. The selected cultivar has earliness (Anonymous, 2020) and salt-tolerant characteristics (Ceritoglu *et al.*, 2020).

Experimental Design and Treatment Details

This study was laid out in the laboratory of Field Crops department, Siirt University, Turkey, during 2020. The experiment was conducted in a completely randomized design (CRD) with 3 replications. Three different NaCl doses (control, 50 mM and 100 mM NaCl) and 5 priming treatments (non-priming, hydro-priming, SA1: 0.1 mM, SA2: 0.2 mM and SA3: 0.3 mM salicylic acid) were used in the study. Before priming treatments, all tested seeds were surface-sterilized with 2.5% sodium hypochlorite for 5 minutes, thereafter, rinsed with distilled water 3 times (Gopalakrishnan *et al.*, 2011). Hydro-primed seeds were soaked in distilled water for 18 hours where the seeds to solution ratio were 1:5 (w/v) (Farooq *et al.*, 2017). The seeds were weighed and imbibed with salicylic acid (SA) solutions (3:1 seeds to solution ratio) for 12 h at 23 °C. The seeds were washed 3 times using distilled water to remove salicylic acid from the seed coat, followed by drying in blotter at laboratory temperature for 1 day until they had dried to original moisture content ($\pm 3\%$) (Jatana *et al.*, 2020).

There was no evident split of seed coat or protrusion of radicle at the end of the priming period. Dry unprimed seeds were used as control. The experiment was carried out in Petri dishes (90 mm × 1.5 mm) and 25 seeds were placed among two layers of moist filter papers. The filter papers in Petris were irrigated with 20 ml solutions (distilled water, 50 mM NaCl and 100 mM NaCl) at the beginning of the study. The filter papers were changed

every 48 hours to prevent salt accumulation. The 20 ml solution was given at every paper changing. The Petri dishes were placed in a closed system container in dark. The growth ambient temperature was maintained at $25 \pm 2^\circ\text{C}$ throughout the experiment stated by Ullah *et al.* (2019). The seeds were accepted to be germinated when the radicle length achieved 2 mm length (Matthews and Khajeh-Hosseini, 2007; Soleymani and Shahrajabian, 2018).

Measurements and Observations

The germination controls were done every 12 hours throughout the experiment duration and the study was finished on the 8th day after sowing. At the end of 8 days, seeds were grouped as normal seedling, abnormal seedling, and dead seeds. Effects of different priming treatments under saline conditions on some germination traits such as germination percentage (GP), germination index (GI), mean germination time (MGT), germination rate (GR) and coefficient of uniformity of germination (CUG) were investigated in the study.

Germination percentage (GP): It was calculated on normal seedlings. The counting of germinated seeds was carried out at 12 hours intervals. According to Labouriau (1983), the germinability of a seed is the percentage of seeds where the germination process finishes by means of the intra-seminal growth results in the protrusion of one live embryo. This trait alone is an indicator of the viability of the population. The GP of tested seeds was determined with the following equation (Scott *et al.*, 1984):

$$GP = \frac{\text{Number of normal germinated seeds}}{\text{Number of total seeds}} \quad (1)$$

Mean germination time (MGT): The MGT is a direct index of the time throughout germination process but does not highly correlate with uniformity and time spread. It especially focuses on the day when most seeds germinate. It was calculated using the following equation (Shoor *et al.*, 2014):

$$MGT = \frac{\sum N_i T_i}{\sum N_i} \quad (2)$$

where N_i is the number of normal germinated seeds at counting day, T_i is the number of days from sowing day to counting day.

Germination rate (GR): The GR just expresses the germination percentage per day, therefore the higher GP and the shorter MGT provides the higher GR. It also provides information about the process in which the germination event intensifies within the total period of germination. Germination rate was estimated using the following equation (Ellis and Roberts, 1981):

$$GR = \frac{\sum_x^y N}{\sum_x^y T} \quad (3)$$

where N is the number of normal germinated seeds, T is days during the trial, x is the first counting day and y is the last counting day.

Germination index (GI): Maximum importance is given to the seeds germinated on the first day while less to those germinated at later days. Thus, the GI focuses on both the GP and its speed. A higher GI value points out a higher germinability and rate (Kader, 2015). The germination index was calculated using the following formula (Maguire, 1962):

$$GI = \sum_i^t \frac{n_i}{t_i} \quad (4)$$

where n_i is the GP on the i^{th} day, t_i is the number of counting days from start (i) to final day on which seeds germinated (t). The higher germination rate represents more rapid germination for seeds.

Coefficient of uniformity of germination (CUG): The CUG states the variability of seeds concerning the MGT of the sample in the population (Ranal and De Santana, 2006). The CUG was estimated by using the following formula (Ellis and Roberts, 1981):

$$CUG = \frac{\sum n}{\sum [(\bar{t} - t)^2 * n]} \quad (5)$$

where n is the number of germinated seeds per counted day, \bar{t} and t are the MGT and the number of days from the start of germination to counting day, respectively.

Statistical Analysis

The values calculated were subjected to statistical analysis for the evaluation of significance within results. The normality of the data was tested using the Shapiro and Wilks (1965) normality test. One Way ANOVA and TUKEY Multivariate tests were calculated using JUMP software (JUMP Statistics for Windows, Version 5.0.1) for CRD replicated thrice.

RESULTS AND DISCUSSION

Results

According to results, NaCl doses, priming treatments and their interactions showed statistically significant (<0.01) differences (Table 1). The GP, MGT, GR, GI and CUG varied between 80.7-98.3%, 1.40-2.67 day, 38.1-75.7, 37.5-72.5 and 0.3-0.7, respectively. It was determined that tested germination traits were negatively affected with increasing NaCl doses, therefore, most results were observed in control while the worst ones were obtained in the 100 mM treatment. Although 50 mM NaCl did not cause vital damage to germination traits, 100 mM solutions significantly affected the seeds. Besides, hydro and salicylic acid treatments affected the germination process positively in general. The SA1 and SA2 priming caused improving all tested traits while SA3 inhibited the process. The highest values were observed with SA2 priming in all parameters.

Table 1. Analysis of variance on germination traits depending on salinity and priming treatments.

Çizelge 1. Tuzluluk ve priming uygulamalarına bağlı olarak çimlenme özelliklerine ilişkin varyans analizi.

Source of variation	DF	GP		MGT		GR		GI		CUG	
		MS	F prob.	MS	F prob.	MS	F prob.	MS	F prob.	MS	F prob.
NaCl	2	73.8	**	1.98	**	1161.7	**	1691.3	**	1511.0	**
Priming	4	160.2	**	0.51	**	587.5	**	611.2	**	609.9	**
NaCl x Priming	8	7.5	**	0.07	**	34.3	**	66.8	**	40.4	**

(GP: Germination percentage, MGT: Mean germination time, GR: Germination rate, GI: Germination index, CUG: Coefficient of uniformity of germination, MS: Means of the square, DF: Degree of freedom, **: <0.01)

The NaCl doses and priming treatments significantly affected the GP (Table 1). While 50 mM NaCl treatment did not have a significant effect on GP, 100 mM NaCl caused a decrease of about 5% in the study. Hydro, SA1, and SA2 priming treatments increased the GP nearly 9.1%, 10.8%, and 12.8%, respectively. Although the SA3 priming increased the GP about 10.8% it exhibited a negative effect compared with the other SA treatments. The interaction between NaCl and priming treatments was statistically significant (<0.01) in terms of GP. According to interaction, the highest GP was determined with SA2 priming in control while the lowest value was obtained with non-primed seeds in 100 mM NaCl solution. The decline in the GP achieved up to 10% in non-primed seeds whereas it just decreased by about 3.3% in SA2 primed seeds (Table 2).

Table 2. Effect of hydro and salicylic acid treatments on germination percentage (%) of chickpea under salinity.

Çizelge 2. Hidro ve salisilik asit uygulamalarının tuzluluk stresi altındaki nohutta çimlenme yüzdesine (%) etkisi.

Salinity levels	Non-primed	Hydro-priming	SA1	SA2	SA3	Mean
Control	90.0 ef	95.0 ac	95.7 ab	98.3 a	95.0 abc	94.8 a
50 mM NaCl	87.3 f	94.7 a-d	95.7 ab	97.7 ab	94.3 bcd	93.9 a
100 mM NaCl	80.7 g	91.7 cde	94.7 a-d	95.0 abc	91.0 def	90.6 b
Mean	86.0 d	93.8 bc	95.3 ab	97.0 a	93.4 c	
TUKEY (NaCl)	11.06**					
TUKEY (Priming)	1.76**					
TUKEY (NaClxPriming)	3.88**					

(Hydro-priming: primed with distilled water, SA1: 0.1 mM salicylic acid, SA1: 0.1 mM salicylic acid, SA1: 0.1 mM salicylic acid)

Both treatments and their interaction had statistically significant differences (Table1). According to results, the MGT varied between 1.61-2.33 days depending on NaCl doses while it changed between 1.59-2.17 days with priming treatments. The longest MGT (2.67 days) was determined with non-primed seeds in 100 mM NaCl solution while the earliest one (1.4 days) was observed with SA2 in the control treatment. Even though all treatments positively affected the MGT, 0.3 mM SA caused inhibition and delay (Table 3).

Table 3. Effect of hydro and salicylic acid treatments on mean germination time (day) of chickpea under salinity

Çizelge 3. Hidro ve salisilik asit uygulamalarının tuzluluk stresi altındaki nohutta ortalama çimlenme süresine (gün) etkisi

Salinity levels	Non-primed	Hydro-priming	SA1	SA2	SA3	Mean
Control	1.77 h	1.65 i	1.54 j	1.40 k	1.67 i	1.61 c
50 mM NaCl	2.07 e	2.04 e	1.88 g	1.42 k	2.39 bc	1.96 b
100 mM NaCl	2.67 a	2.44 b	2.33 d	1.95 f	2.37 c	2.33 a
Mean	2.17 a	2.04 c	1.88 d	1.59 e	2.14 b	
TUKEY (NaCl)	0.018**					
TUKEY (Priming)	0.028**					
TUKEY (NaClxPriming)	0.061**					

(Hydro-priming: primed with distilled water, SA1: 0.1 mM salicylic acid, SA1: 0.1 mM salicylic acid, SA1: 0.1 mM salicylic acid)

Germination index was significantly (<0.01) affected by NaCl doses, priming treatments, and their interaction (Table 1). The increasing NaCl caused a decrease in the GI. Also, all priming treatments improved the GI except SA3 priming. The highest GI was obtained with SA2 in control while the lowest one was obtained from SA3 in 100 mM NaCl solution (Table 4).

Table 4. Effect of hydro and salicylic acid treatments on germination index of chickpea under salinity.

Çizelge 4. Hidro ve salisilik asit uygulamalarının tuzluluk stresi altındaki nohutta çimlenme indeksine etkisi.

Salinity levels	Non-primed	Hydro-priming	SA1	SA2	SA3	Mean
Control	68.0 c	68.7 c	65.3 d	75.7 a	61.6 e	67.9 a
50 mM NaCl	47.1 h	53.0 g	63.2 de	73.2 b	41.9 i	55.7 b
100 mM NaCl	40.6 i	46.0 h	51.0 g	57.7 f	38.1 j	46.7 c
Mean	51.9 d	55.9 c	59.9 b	68.9 a	47.2 e	
TUKEY (NaCl)	0.69**					
TUKEY (Priming)	1.06**					
TUKEY (NaClxPriming)	2.33**					

(Hydro-priming: primed with distilled water, SA1: 0.1 mM salicylic acid, SA1: 0.1 mM salicylic acid, SA1: 0.1 mM salicylic acid)

All treatments and interactions among them showed a statistically significant difference ($p<0.01$) on the GR (Table 1). The GR changed between 45.1-62.7 and 47.5-67.1 depending on NaCl doses and priming treatments, respectively. The highest value was obtained from SA2 priming in the control treatment whereas the lowest one was determined with non-primed seeds in 100 mM NaCl solution. The GR was noteworthy affected by increasing salinity levels. Also, while hydro, SA1 and SA2 priming positively affected the GR, SA3 priming caused inhibition (Table 5).

Table 5. Effect of hydro and salicylic acid treatments on germination rate of chickpea under salinity.

Çizelge 5. Hidro ve salisilik asit uygulamalarının tuzluluk stresi altındaki nohutta çimlenme hızına etkisi.

Salinity levels	Non-primed	Hydro-priming	SA1	SA2	SA3	Mean
Control	56.6 cd	60.4 bc	63.6 b	72.5 a	60.2 bc	62.7 a
50 mM NaCl	48.5 fg	50.8 ef	53.6 de	70.2 a	41.1 hi	52.9 b
100 mM NaCl	37.5 i	41.0 hi	46.3 g	58.5 c	42.2 h	45.1 c
Mean	47.5 d	50.8 c	54.5 b	67.1 a	47.8 d	
TUKEY (NaCl)	1.17**					
TUKEY (Priming)	1.77**					
TUKEY (NaClxPriming)	3.90**					

(Hydro-priming: primed with distilled water, SA1: 0.1 mM salicylic acid, SA1: 0.1 mM salicylic acid, SA1: 0.1 mM salicylic acid)

The coefficient of uniformity of germination significantly changed depending on salinity levels, seed priming treatments, and their interaction in the study (Table 1). The CUG was negatively affected by increasing salinity levels. Although all priming treatments positively affected the CUG, 0.3 mM SA exhibited a detrimental impact compared to the other applications. The highest CUG value was recorded with SA2 (0.7) in control while the lowest one (0.30) was obtained from non-primed seeds in 100 mM NaCl solution (Table 6).

Table 6. Effect of hydro and salicylic acid priming on the coefficient of uniformity of germination in chickpea under salinity.

Çizelge 6. Hidro ve salisilik asit uygulamalarının tuzluluk stresi altındaki nohutta çimlenme üniformluk katsayısına etkisi.

Salinity levels	Non-primed	Hydro-priming	SA1	SA2	SA3	Mean
Control	0.50 d	0.58 c	0.62 b	0.70 a	0.57 c	0.60 a
50 mM NaCl	0.42 fg	0.46 e	0.51 d	0.69 a	0.40 gh	0.50 b
100 mM NaCl	0.30 i	0.38 h	0.42 f	0.49 de	0.38 h	0.40 c
Mean	0.41 e	0.47 c	0.52 b	0.63 a	0.45 d	
TUKEY (NaCl)	0,007**					
TUKEY (Priming)	0.011**					
TUKEY (NaClxPriming)	0.028**					

(Hydro-priming: primed with distilled water, SA1: 0.1 mM salicylic acid, SA1: 0.1 mM salicylic acid, SA1: 0.1 mM salicylic acid)

DISCUSSION

High salt concentrations in soil or growth medium negatively affect the germination process in all but a few species (Zapata *et al.*, 2004). Increasing salinity in growth media causes inhibition of the germination process by creating osmotic potential that prevents water uptake by the seed (Grewal, 2010) and by the toxicity of Na⁺ and Cl⁻ ions (Chen *et al.*, 2020). The present study demonstrated that increasing salinity levels negatively affect germination, and also, NaCl doses higher than 50 mM caused vital damages to the germination and growth stages of plants (Kim *et al.*, 2012; Thomas *et al.*, 2013; Ceritoglu *et al.*, 2020). In contrast to increasing salinity levels, seed priming treatments (hydro and SA) improved germination properties in control treatments and enable mitigation of the toxic effects of salinity on the germination of seeds in NaCl solutions. The germination traits of primed seeds exhibited higher performance than non-primed ones under salinity and control conditions. Because SA priming leads to remain metabolic energy due to an increase in energy charge (EC), adenosine triphosphate (ATP), and ATP/ADP ratio (Varier *et al.*, 2010).

The GP is the mean indicator of a population and a higher GP value shows greater germination. Salinity inhibits the GP due to osmotic and/or specific ion toxicity that may restrict water uptake (Aflaki *et al.*, 2017). Although 50 mM NaCl did not affect the GP, 100 mM solution noteworthy reduced it in the study. So, it can be concluded that 100 mM or higher concentration of NaCl is a critical threshold on chickpea germination in the present study. Different researchers reported that chickpea is a salt-sensitive species and is negatively affected by increasing salinity levels during germination and early seedling stages (Özaktan *et al.*, 2018; Lavrenko *et al.*, 2019). The SA, due to its characteristics, is considered as a signal molecule that affects some physiological processes of germination (Asadi *et al.*, 2013). Therefore, SA1 and SA2 not only exhibited positive effects on GP, and also improved other germination processes including; the speed of germination, elongation of the radicle, and uniformity of emergence. According to Janda *et al.* (2007), the interaction between salinity and SA might be caused by induced genes encoding of resistance that seems to act on germination with increasing physiological

activity. However, higher doses of SA showed a detrimental effect on germination because it causes a decrease in chlorophyll content in some plants (Asadi *et al.*, 2013).

Although the MGT is a precise measure of the germination time of tested seeds, it is not related to spreading on time and germination uniformity. The MGT focuses on the day when most germination events constituted. The MGT was changed by increasing NaCl levels and priming treatments. Reduction in the MGT with increasing salinity is thought to be caused that NaCl creates an osmotic barrier inhibiting the water uptake. This result is in agreement with the findings of Kaya *et al.* (2008). Hydro-priming and SA-priming led to mitigation of salinity harmful effects on the MGT. Sakhabutdinova *et al.* (2003) demonstrated that SA treatments promote the cytokinin and indoleacetic acid in the tissues of plant, therefore, the cell division is enhanced.

The GI is the most exhaustive parameter related to germination combining GP and speed. Thus, it allows an easy comparison of the germination properties of tested seeds. Higher GI value symbolized that seeds have a good germination quality and are a preview of uniformity emergence. While the GI was slightly decreased at 50 mM NaCl, it was sharply inhibited at 100 mM NaCl compared with control. The mean reason for this sharp decrease is thought to cause excessive Na⁺ accumulation that may cause osmotic and metabolic problems. Also, Na⁺ toxicity might result in dormancy and delay emergence. It was largely seemed due to its high ability to compete for K⁺ for binding sites (Yildirim *et al.*, 2009). K⁺ plays a significant role in osmoregulation, stomatal behavior, cell expansion, enzyme activity, membrane polarization, and neutralization of negative ions (Qin *et al.*, 2010). Moreover, Na⁺ and Cl⁻ ions can enter into the cells and cause toxic effects on both cell membranes and metabolic activities in the cytosol (Cha-Um and Kirdmanee, 2010; Zhu *et al.*, 2019).

The GR focuses on the time required for reaching germination. The GR reflects the percentage of germination on each day of the germination period. The main factors affecting the GR are water uptake and temperature. Also, all factors affecting water uptake such as seed size (Zhang *et al.*, 2010) and osmotic potential of cells or medium (Piovan *et al.*, 2019) determine the speed of germination. So, high ion concentration at seed coat and its toxic impact on enzymatic process inhibited the germination and led to delay elongation of radicle. Besides, the detrimental effect of salinity is partly alleviated by seed priming. The SA might mitigate the imposed salinity due to osmotic regulation or by providing resistance to plant cells. However, some points are not clear about the role of SA on the biochemical compounds yet (Boukraa *et al.*, 2013).

The CUG refers to fluctuations or stability of germination times between the first and last germinated seeds. Thus, higher values of CUG represent the stability of seeds in the population while lower values denote large variability in the same conditions (Souhail and Chaabane, 2009). The uniformity of germination has a vital role in the homogeneity of germination for crop plants. Non-homogenous emergence negatively affects plant growth, grain yield and seed quality due to irregularity in phenological duration. Salinity causes changing the rate of water uptake affecting osmotic potential (Sher *et al.*, 2019). Thus, some seeds can germinate slower, and also the others may never germinate. This situation caused to reduce the uniformity of germination. Even with a small amount of water intake, the seeds may reach the germination potential. Due to the support of both enzymatic and metabolic activities and the decrease of water potential needed for seeds, they provide a uniform emergence in a short time under optimum conditions. The SA applied at a higher dose is thought to negatively affect the germination process by disrupting hormonal balance. Therefore, salicylic acid priming might be used as an efficient solution for the mitigation of salinity stress on the germination process in chickpea.

CONCLUSION

Salinity is a major problem sharply affecting the chickpea growth from germination to maturity. All of the germination processes were negatively affected by increasing NaCl concentration. Germination rate, germination index and uniformity of germination are vital parameters especially for field crop seeds to compete with weed seeds. In addition, uniformity of germination is a substantial point in terms of homogenous physiological growth periods. The seed priming, which is an easily applicable and cheap technique, has significant potential for the mitigation of soil salinity on seed germination. Also, there is a need for further studies to exactly understand the effects of different priming techniques on vegetative growth and yield parameters under salinity stress.

CONFLICT OF INTEREST

There are no conflicts of interest between authors.

DECLARATION OF AUTHOR CONTRIBUTION

Mustafa CERITOĞLU conceived and designed the research, collected the data, and contributed to the writing of the paper. Murat ERMAN contributed to analyze of data and write of the paper.

ACKNOWLEDGMENT

The authors thank Dr. Figen CERITOĞLU and Dr. Harun BEKTAS for contributions to the analysis of data and discussion of results.

REFERENCES

- Aflaki, F., Sedghi, M., Pazuki, A., & Pessarakli, M. (2017). Investigation of seed germination indices for early selection of salinity tolerant genotypes: A case study in wheat. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 29(3), 222-226.
- Anonymous. (2020). *Registry properties of Çakır chickpea cultivar*. Available at: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/gktaem/Belgeler/Tescilli%20%C3%87e%C5%9Filerimiz/Nohut/cakir.pdf>. Access date: June 10, 2020.
- Asadi, M., Heidari, M. A., Kazemi, M., & Filinejad, A. R. (2013). Salicylic acid induced changes in some physiological parameters in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under salt stress. *Journal of Agricultural Technology*, 9(2), 311-316.
- Azarnia, M., Biabani, A., Eisvand, H. R., Alamdari, E. G., & Safikhani, S. (2016). Effect of seed priming with gibberellic acid and salicylic acid on germination characteristic and seed and seedlings physiological quality of lentil (*Lens culinaris* L.). *Iranian Journal of Seed Research*, 3(1), 59-72.
- Bouallegue, A., Soissi, F., Nouairi, I., Souibgui, M., Abbas, Z., & Mhadhbi, H. (2017). Salicylic acid and hydrogen peroxide pretreatments alleviate salt stress in faba bean (*Vicia faba*) seeds during germination. *Seed Science and Technology*, 45(3), 675-690.
- Boukraa, D., Benabdelli, K., Belabid, L., & Bennabi, F. (2013). Effect of salinity on chickpea seed germination pre-treated with salicylic acid. *Scientific Journal of Biological Sciences*, 2(4), 86-93.
- Cha-Um, S., & Kirdmanee, C. (2010). Effect of glycine betaine on proline, water use, and photosynthetic efficiencies, and growth of rice seedlings under salt stress. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 34, 517-527.
- Chen, T., Pineda, I. M. G., Brand, A. M., & Stützel, H. (2020). Determining ion toxicity in cucumber under salinity stress. *Agronomy*, 10(5), 667.
- Ceritoglu, M., & Erman, M. (2019). *Tane baklagillerin ekim nöbetinde kullanılması*. VI. International Conference on Mathematic – Engineering- Natural & Medical Science, Adana.
- Ceritoglu, M., Erman, M., & Yildiz, F. (2020). Effect of salinity on germination and some agro-morphological traits in chickpea seedling. *ISPEC Journal of Agricultural Science*, 4(1), 82-96.
- Ellis, R. A., & Roberts, E. H. (1981). The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology*, 9, 373-409.
- FAOSTAT. (2018). *Chickpea production*. Online database at <https://www.fao.org/faostat/en/#data>. Access date: June 5, 2020.
- Farooq, M., Basra, S. M. A., Tauseef, M., Rehman, H., & Munir, H. (2007). Priming with ethanol, ascorbate and salicylate enhances the germination and early seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). *Pakistan Journal of Agricultural Science*, 44(1), 30-39.
- Farooq, M., Hussain, M., Nawaz, A., Lee, D., Alghamdi, S. S., & Siddique, K. H. M. (2017). Seed priming improves chilling tolerance in chickpea by modulating germination metabolism, trehalose accumulation and carbon assimilation. *Plant Physiology and Biochemistry*, 111, 274-283.
- Francis, C., Jones, A., Crookston, K., Wittler, K., & Goodman, S. (1986). Strip cropping corn and grain legumes: A review. *American Journal of Alternative Agriculture*, 1(4), 159-164.
- Gan, Y., Zentner, R. P., McDonald, C. L., Warkentin, T., & Vandenberg, A. (2009). Adaptability of chickpea in northern high latitude areas—Maturity responses. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(3-4), 711-720.
- Gopalakrishnan, S., Pande, S., Sharma, M., Humayun, P., Kiran, B. K., Sandeep, D., Vidya, M. S., Deepthi, K., & Rupela, O. (2011). Evaluation of actinomycete isolates obtained from herbal vermicompost for the biological control of *Fusarium* wilt of chickpea. *Crop Protection*, 30(8), 1070-1078.

- Goharrizi, K. J., Amirmahani, F., & Salehi, F. (2020). Assessment of changes in physiological and biochemical traits in four pistachio rootstocks under drought, salinity and drought + salinity stresses. *Physiologia Plantarum*, 168, 973-989.
- Grewal, H. S. (2010). Water uptake, water use efficiency, plant growth and ionic balance of wheat, barley, canola and chickpea plants on a sodic vertosol with variable subsoil NaCl salinity. *Agricultural Waste Management*, 97(1), 148-156.
- Haider, M. U., Hussain, M., Farooq, M., & Nawaz, A. (2020). Optimizing zinc seed priming for improving the growth, yield and grain biofortification of mungbean (*Vigna radiata* (L.) wilczek). *Journal of Plant Nutrition*, 43(10), 1438-1446.
- Hajjarpoor, A., Vadez, V., Soltani, A., Gaur, P., Whitbread, A., Babu, D. S., Gumma, M. K., Diancoumba, M., & Kholova, J. (2018). Characterization of the main chickpea cropping systems in India using a yield gap analysis approach. *Field Crops Research*, 223, 93-104.
- Hubbard, M., Germida, J., & Vujanovic, V. (2012). Fungal endophytes improve wheat seed germination under heat and drought stress. *Botany*, 90, 137-149.
- Janda, T., Horváth, E., Szalai, G., & Páldi, E. (2007). Role of Salicylic Acid in the Induction of Abiotic Stress Tolerance. In: Hayat S., Ahmad A. (eds) *Salicylic Acid: A Plant Hormone*. Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/1-4020-5184-0_5
- Jatana, B. S., Ram, H., & Gupta, N. (2020). Application of seed and foliar priming strategies to improve the growth and productivity of late sown wheat (*Triticum aestivum* L.). *Cereal Research Communications*.
- Kader, M. A. (2015). A comparison of seed germination calculation formulae and the associated interpretation of resulting data. *Journal and Proceedings of the Royal Society of New South Wales*, 138, 65-75.
- Kaya, M., Kaya, G., Kaya, M. D., Atak, M., Sağlam, S., Khawar, K. M., & Çiftçi, C. Y. (2008). Interaction between seed size and NaCl on germination and early seedling growth of some Turkish cultivars of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Zhejiang University Science B*, 9(5), 371-377.
- Kim, S., Rayburn, A. L., Voigt, T., Parrish, A., & Lee, D. K. (2012). Salinity effects on germination and plant growth of prairie cordgrass and switchgrass. *BioEnergy Research*, 5, 225-235.
- Labouriau, L. G. (1983). *A germinação das sementes*. Organização dos Estados Americanos. Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Série de Biologia. Monografia.
- Lavrenko, S. O., Lavrenko, N. M., & Lykhovyd, P. V. (2019). Effect of degree of salinity on seed germination and initial growth of chickpea (*Cicer arietinum*). *Biosystem Diversity*, 27(2), 101-105.
- Maguire, J. D. (1962). Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2, 176-177.
- Matthews, S., & Khajeh-Hosseini, M. (2007). Length of the lag period of germination and metabolic repair explain vigour differences in seed lots of maize (*Zea mays*). *Seed Science and Technology*, 35(1), 200-213.
- Maurya, D. K., Hasanain, M., Verma, S. K., Singh, P. K., Kumar, V., Singh, S., & Mishra, R. (2020). Seed priming and its effect on enhancing pulse productivity. *Food and Scientific Reports*, 1, 20-22.
- Mohtashami, M., Naderi, A., Ghanbari, A. A., Alavifazel, M., & Lak, S. (2016). Effect of seed pre-treatment with growth regulators on seed yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Turkish Journal of Field Crops*, 21(2), 313-317.
- Özaktan, H., Çiftçi, C. Y., Kaya, M. D., Uzun, S., Uzun, O., & Akdoğan, G. (2018). Chloride salts inhibit emergence and seedling growth of chickpea rather than germination. *Legume Research*, 41(1), 60-66.
- Pakmehir, A., Rastgoo, M., Shekari, F., Saba, J., Vazayefi, M., & Zangani, A. (2011). Effect of salicylic acid priming on yield and yield components of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under water deficit at reproductive stage. *Iranian Journal of Pulse Research*, 2(1), 53-64.
- Piovan, M. J., Pratolongo, P., Donath, T. W., Loydi, A., & Eckstein, L. (2019). Germination response to osmotic potential, osmotic agents, and temperature of five halophytes occurring along a salinity gradient. *International Journal of Plant Science*, 180(4), 345-355.
- Ranal, M. A., & De Santana, D. G. (2006). How and why to measure the germination process?. *Revista Brasileira de Botânica*, 29(1), 1-11.
- Reis, S., Pavia, I., Carvalho, A., Moutinho-Perreira, J., Correia, C., & Brito, J. L. (2018). Seed priming with iron and zinc in bread wheat: effects in germination, mitosis and grain yield. *Protoplasma*, 255, 1179-1194.
- Qin, J., Dong, W. Y., He, K. N., Yu, Y., Tan, G. D., Han, L., Dong, M., Zhang, Y. Y., Zhang, D., Li, A. Z., & Wang, Z. L. (2010). NaCl salinity-induced changes in water status, ion contents and photosynthetic properties of *Shepherdia argentea* (Pursh) Nutt seedlings. *Plant, Soil and Environment*, 56, 325-332.

- Roorkiwal, M., Jain, A., Kale, S. M., Doddamani, D., Chitikineni, A., Thudi, M., & Varshney, R. K. (2018). Development and evaluation of high-density Axiom®CicerSNP Array for high-resolution genetic mapping and breeding applications in chickpea. *Plant Biotechnology Journal*, 16, 890–901.
- Sakhabutdinova, A. R., Fatkhutdinova, D. R., Bezrukova, M. V., & Shakirova, F. M. (2003). Salicylic acid prevents damaging action of stress factors on wheat plants. *Bulgarian Journal of Plant Physiology, Special Issue*, 314-319.
- Scott, S. J., Jones, R. A., & Williams, W. A. (1984). Review of data analysis methods for seed germination. *Crop Science*, 24, 1192-1199.
- Shahid, S. A., Zaman, M., & Heng, L. (2018). Soil Salinity: Historical perspectives and a world overview of the problem. In: *Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques*. Cham: Springer.
- Shakirova, F. M., Sakhabutdinova, A. R., Bezrukova, M. V., Fatkhutdinova, R. A., & Fatkhutdinova, D. R. (2003). Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science*, 164(3), 317-322.
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(34), 591-611.
- Sher, A., Sarwar, T., Nawaz, A., Ijaz, M., Sattar, A., & Ahmad, S. (2019). *Methods of seed priming*. Priming and Pretreatment of seeds and seedling, Singapore: Springer.
- Shoor, M., Afrousheh, M., Rabeie, J., & Vahidi, M. (2014). The effect of salinity priming on germination and growth stage of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Research Journal of Agricultural and Environmental Management*, 3(7), 340-352.
- Singla, R., & Garg, N. (2005). Influence of salinity on growth and yield attributes in chickpea cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29, 231-235.
- Soe, K. M., Htwe, A. Z., Moe, K., Tomomi, A., & Yamakawa, T. (2020). Diversity and effectivity of indigenous Mesorhizobium strains for chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Myanmar. *Agronomy*, 10(2), 287.
- Soleymani, A., & Shahrajabian, M. H. (2018). Changes in germination and seedling growth of different cultivars of cumin to drought stress. *Cercetări Agronomice în Moldova*, 1(173), 91-100.
- Souhail, M., & Chaabane, R. (2009). Toxicity of the salt and pericarp inhibition on the germination of some Atriplex species. *American-Eurasian Journal of Toxicological Sciences*, 1(2), 43-49.
- Soysal, S., Uçar, Ö., & Erman, M. (2020). The effects of different plant densities on yield and some yield characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) on the ecological conditions of Siirt province. *EJONS International Journal on Mathematics, Engineering and Natural Sciences*, 4(15), 785-795.
- Thomas, S., Anand, A., Chinnusamy, V., Dahaju, A., & Basu, S. (2013). Magnetopriming circumvents the effect of salinity stress on germination in chickpea seeds. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35, 3401-3411.
- Ullah, A., Farooq, M., Hussain, M., Ahmad, R., & Wakeel, A. (2019). Zinc seed priming improves stand establishment, tissue zinc concentration and early seedling growth of chickpea. *The Journal of Animal and Plant Science*, 29(4), 1046-1053.
- Xing, Q., Dekker, S., Kyriakopoulou, K., Boom, R. M., Smid, E. J., & Schutyser, M. A. I. (2020). Enhanced nutritional value of chickpea protein concentrate by dry separation and solid state fermentation. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 59, 102269.
- Varier, A., Vari, A. K., & Dadlani, M. (2010). The subcellular basis of seed priming. *Current Science*, 99, 450-456.
- Varshney, R. K., Thudi, M., Nayak, S. N., Gaur, P. M., Kashiwagi, J., Krishnamurthy, L., Jaganathan, D., Koppolu, J., Bohra, A., Tripathi, S., Rathore, A., Jukanti, A. K., Jayalakshmi, V., Vemula, A., Singh, S. J., Yasin, M., Sheshshayee, M. S., & Viswanatha, K. P. (2014). Genetic dissection of drought tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 127, 445–462.
- Yildirim, E., Karlıdag, H., & Turan, M. (2009). Mitigation of salt stress in strawberry by foliar K, Ca and Mg nutrient supply. *Plant, Soil and Environment*, 55, 213-221.
- Zapata, P. J., Serrano, M., Pretel, M. T., Amoros, A., & Botella, M. A. (2004). Polyamines and ethylene changes during germination of different plant species under salinity. *Plant Science*, 167(4), 781-788.
- Zhang, H., Irving, L. J., McGill, C., Matthew, C., Zhou, D., & Kemp, P. (2010). The effects of salinity and osmotic stress on barley germination rate: sodium as an osmotic regulator. *Annals of Botany*, 106, 1027-1035.
- Zhu, G., An, L., Jiao, X., Chen, X., Zhou, G., & McLaughlin, N. (2019). Effects of gibberellic acid on water uptake and germination of sweet sorghum seeds under salinity stress. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 79(3), 415-424.



Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi
(International Journal of Agriculture and Wildlife Science)

<http://dergipark.org.tr/ijaws>



Araştırma Makalesi

II. Ürün Mısır Çeşitlerinde Organik ve İnorganik Gübre Uygulamasının Verim ve Kaliteye Etkisi ile Ekonomik Analizi

Serap Doğan, Veysi Acıbuca, Yusuf Doğan*

Mardin Artuklu Üniversitesi, Kızıltepe Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Mardin

Geliş tarihi (Received): 28.07.2020

Kabul tarihi (Accepted): 11.11.2020

Anahtar kelimeler:

II. ürün, mısır, verim, kalite, ekonomik analiz

Özet. Bu araştırma 2015 ve 2016 yıllarında II. ürün olarak Mardin ili Göllü köyünde Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller' deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Çalışmada materyal olarak farklı iki mısır çeşidi (Dekalp-5401 ve LG 30.597) kullanılmıştır. Uygulama olarak; gübresiz kontrol parseli (G0), standart ticari gübre 8 kg da⁻¹ P₂O₅, 20 kg da⁻¹ N (G1), tavuk gübresi 1000 kg da⁻¹ (G2), çiftlik gübresi 1500 kg da⁻¹ (G3) ve solucan gübresi 1200 kg da⁻¹ (G4) olacak şekilde kullanılmıştır. Araştırmanın iki yıllık ortalama sonuçlarına göre, en yüksek tane verimi 1219.2 kg da⁻¹ ile Ç1 (Dekalb 5401) çeşidinin G1 (ticari gübre) verilen parsellerinde elde edilmiştir. Organik gübre ortalama değeri ise 1124.4 kg da⁻¹ ile Ç2 (LG 30.597) çeşidinin G2 (tavuk gübresi) uygulamasında elde edilmiştir. Kalite parametreleri bakımından çeşit ve gübre uygulamalarının hektolitreye, yağ oranı ve protein oranına etkisi önemsiz bulunurken, incelenen diğer parametrelere etkisi ise önemli bulunmuştur. Ekonomik karlılık bakımından kullanılan her iki çeşitte de konvansiyonel gübre uygulamalarının daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir. Çeşitler arasında konvansiyonel gübre uygulamaları bakımından Ç1 çeşidinin (Dekalb 5401) kârlılık düzeyi daha yüksek olmuştur. Organik gübre uygulamaları bakımında yapılan değerlendirmede Ç2 çeşidinin (LG 30.597) daha kârlı olduğu ortaya çıkmıştır. Ticari gübre uygulamaların diğer gübre uygulamalarına göre maliyeti düşük ve elde edilen verim miktarının daha yüksek olmuştur. Bölgemizde yeterli düzeyde organik mısır piyasasının oluşmaması nedeniyle ticari gübrelerin ekonomik olarak daha avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır.

*Sorumlu yazar

yusufdogan@artuklu.edu.tr

The Effect and Economic Analysis of Organic and Inorganic Fertiliser Applications on Yield and Quality of the 2nd Product Corn Varieties

Keywords:

2nd product, corn, yield, quality, economic analysis

Abstract. This research was carried out in 2015 and 2016 as a second product in Mardin province, Göllü village, with three replications according to the trial pattern of the Divided Blocks in Coincidence Blocks. Two different types of corn (Dekalp-5401 and LG 30.597) were used as the material in this study. In the application; manure-free control parcel (G0), standard commercial fertilizer 8 kg da⁻¹ P₂O₅, 20 kg da⁻¹ N (G1), chicken manure 1000 kg da⁻¹ (G2), farm manure 1500 kg da⁻¹ (G3) and worm manure 1200 kg da⁻¹ (G4) were used. According to the two-year average results of the research, the highest grain yield was obtained in the plots of G1 (commercial fertilizer) of Ç1 (Dekalb 5401) cultivar with 1219.2 kg da⁻¹. The average value of organic fertiliser was obtained in G2 (chicken manure) application of Ç2 (LG 30.597) variety with 1124.4 kg da⁻¹. In terms of quality parameters, the effect of cultivar and fertiliser applications on hectolitre, oil ratio and protein ratio was found insignificant, while the effect on other parameters examined was found significant. It has been determined that conventional fertiliser applications are more advantageous in both types used in terms of economic profitability. While the profitability level of the varieties Ç1 (Dekalb 5401) was higher in terms of conventional fertiliser applications, it was revealed that Ç2 varieties (LG 30,597) were more profitable in the evaluation made in terms of organic fertiliser applications. It has been concluded that commercial fertilisers are more economically advantageous due to the low cost of commercial fertiliser applications, higher yields, and no organic corn prices in the application area.

GİRİŞ

Mısırın kullanım alanlarının başında insan gıdası ve endüstri hammaddesi gelmektedir. Mısırın sap ve yaprakları özellikle silaj şeklinde hayvan yemi olarak değerlendirilmekte, yine sap ve yaprakları sanayide kâğıt yapımı ve küçük çapta hasır el işleri yapımında da değerlendirilmektedir. Mısır ana kullanım alanlarının yanı sıra özel varyete gruplarında çerezlik olarak da tüketilmektedir. Mısırın özel kullanım alanları içerisinde yağ ve tatlandırıcı sektörü ile biyoyakıt-biyoetanol üretimi de bulunmaktadır (Öztürk ve ark., 2019). 2019 yılı verilerine göre dünyada 1.109 milyon ton mısır üretimi yapılmış olup, ihracatçı ülke olarak birinci sırada yer alan ABD, mısır tüketiminde %27'lik bir paya sahiptir (FAO, 2020). Ülkemizde mısır ana ürün ve ikinci ürün olarak ekim alanı bakımından tahıllar içerisinde buğday ve arpadan sonra gelmektedir. Tane mısır, besin elementleri özelliği açısından oldukça önemli olup beslenmede yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

Mısır bir sıcak iklim bitkisidir. Ancak aşırı sıcaklık isteyen bir bitki değildir. Tepe püskülü çıkışı ve tozlanma döneminde sıcaklığının 33 °C'nin üzerine çıkması durumunda döllenme olumsuz etkilenir ve koçanda tane oluşumu düşerek verim kayıplarına neden olmaktadır. Yıllık yağış miktarı 1200-1500 mm aralığında olan bölgelerde maksimum verim elde edilebilir (Kırtok, 1998). Suyu seven bir bitki olan mısır vejetasyon döneminde yaklaşık olarak 500 mm su ihtiyacı olup, bölgemizde daha önceden yapılan çalışmalarda ortalama 5-6 kez sulanması gerekmektedir (Doğan ve ark., 2019).

Mısır yetiştiriciliği bakımından bölge bazında Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yaygın olarak ana ürün ya da ikinci ürün olarak yetiştiricilik yapılmaktadır. Bölgelere uygun melez mısır çeşitlerinin yetiştirilmeye başlanmasıyla, son yıllarda mısır üretiminde önemli artışlar elde edilmiştir. Türkiye'de 639.000 ha ekim alanı, üretim 6.000.000 ton ve elde edilen verim ise 1062 kg da⁻¹ olarak gerçekleşmiş olup dünya ortalamasının (580 kg da⁻¹) yaklaşık olarak 2 katıdır (FAO, 2020). Ülkemizde mısır üretim alanı olarak 1.345.064 ton ile Konya, 717.802 ton Adana ve 421.130 ton ile Mardin ili gelmektedir (TÜİK, 2020). Bitki yetiştiriciliğinde yüksek verim almak için özellikle mısırdaki yoğun miktarda gübreleme yapılması gerekmektedir. Yoğun olarak kullanılan ticari gübreler toprağa zarar vermesi yanında, gübre fiyatlarının yüksek oluşu çiftçimizi girdi masrafları açısından zorlamaktadır. Diğer taraftan aşırı ve bilinçsizce kullanılan ticari gübreler çevre sorunlarına yol açmakla beraber ekolojik dengeyi olumsuz etkilemekte ve ticari gübre fiyatlarındaki artışlar ile gübre kullanımını kısıtlamaktadır (Sözüdoğru ve ark., 1996). Bölgemizde mısır yetiştiriciliğinde (Güneydoğu Anadolu) aşırı kullanılan kimyasal gübre (800-900 kg ha⁻¹) toprağın yapısını bozmaktadır (Doğan ve ark., 2015). Ülkemiz de gübre kullanımı her geçen yıl artarak beraber yanlış gübre kullanımı sonucu ortaya çevre sorunları çıkmaktadır. Ülkemizde 2017 yılı gübre kullanım verilerine göre NPK gübreleri içerisinde %67 ile en fazla azot (N) tüketildiği görülmektedir (TAGEM, 2020). Tahıllar içerisinde en fazla ekim alanına sahip olmasından dolayı buğdayın azotlu gübre tüketimi fazladır. Arpa ve mısırdaki ise verim daha da yüksek olup gübrelenen alan açısından tahıllar içerisinde en fazla mısır ekim alanı (%95.6) gelmektedir (Şahin 2016).

Organik gübreler, ticari gübrelere göre bazı besin elementleri yönünden yüksek olması yanında, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri açısından toprağı iyileştirici ve koruyucu özelliği, toprağın su tutma kapasitesi ve toprağın agregat yapısına olumlu etki yaparken toprak erozyonuna karşı dirençli olmasını sağlar (Bryan 1968; Özdemir 1991; Sözüdoğru ve ark., 1996; Korkmaz ve ark., 1999). Çiftlik gübresi organik madde ve mikroorganizma kapsamı bakımından toprağa çok yönlü faydalar sağlayan bir gübre çeşididir. Toprağı bitki besin kaynakları bakımından zenginleştirmesi ve çözünen besinlerin bitkiler tarafından alınmasını sağlar (Aydeniz ve Brohi 1991). Tavuk gübresinin bitki besin elementi olarak N, P, K ve diğer makro ve mikro içeriği yönünden oldukça zengin olup uygulanan alanlarda bitki gelişimi üzerinde olumlu etki yapmaktadır. Aşırı kullanılması durumunda toprak tuzluluğu ve bitkilerde toksite etkisine neden olabilir (Başar 2009). Solucan gübresi bitkilerde besin elementi döngüsü ve transformasyonları üzerine olumlu etkisinin yanında toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısına katkı sunmaktadır (Shen ve Yang 2008).

Bu kapsamda, II. Ürün mısır yetiştiriciliği için uygun çeşidin yanında gübre olarak geleneksel inorganik gübre ile organik gübre kullanımının karşılaştırmalı bir şekilde verim ve kalitelerinin belirlenmesi ile elde edilen verimin kullanılan gübre uygulamasının ekonomik anlamda getirisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylelikle insan sağlığının korunması amacıyla kullanımı yaygın olan alternatif organik gübre kaynaklarının bitkide verim ve kalite üzerine etkisi araştırılarak toprağın korunmasının yanında ülke ve bölge ekonomisine katkı sunmak, hedeflenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Çalışma, Mardin ili Artuklu İlçesine bağlı Göllü köyünde iki yıl süreyle (2015 ve 2016 yıllarında) ikinci ürün olarak (Haziran-Kasım dönemi) yürütülmüştür. Materyal olarak iki hibrit mısır çeşidi Dekalb 5401 (Ç1) ve LG 30.597 (Ç2) kullanılmıştır. Deneme "Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller" deneme planına göre üç tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Çalışmada ana parsellere çeşitler olacak şekilde, alt parsellere ise farklı gübre kaynakları gelecek şekilde uygulanmıştır. Parsel boyutları 6 x 3.5 m olacak şekilde 21 m²'lik her blok 10 parselden oluşmuş ve deneme alanı toplamda 30 parsel olacak şekilde kurulmuştur. Parsel ve bloklar arası 2 m boşluk olacak şekilde bırakılmıştır.

Buğday hasadından sonra, ekim yapılan alan yağmurlama sulama yöntemi ile toprak tava getirildikten sonra ikinci sınıf toprak işleme aletleri ile sürülerek ekime hazırlanmıştır. Çalışmada;

1. Gübresiz kontrol parseli (G0)
2. Standart ticari gübre 8 kg da⁻¹ P₂O₅, 20 kg da⁻¹ N (G1)
3. Tavuk gübresi 1000 kg da⁻¹ (G2)
4. Çiftlik gübresi 1500 kg da⁻¹ (G3)
5. Solucan gübresi 1200 kg da⁻¹ (G4)

olacak şekilde kullanılmıştır. Toprak hazır hale getirildikten sonra ekim öncesi 8 kg da⁻¹ P₂O₅ (%42 TSP) tamamı ekimle birlikte toprağa karıştırılarak verilmiştir. Azotlu gübrenin (%33 AN) yarısı ekimle birlikte kalan yarısı da sapa kalkma döneminde (40 cm) verilmiştir. Organik gübreler ekim öncesi ekim yapılacak parsellere eşit gelecek şekilde dağıtılarak tırmık ile toprağa karıştırılmıştır. Ekim 70 x 20 cm olacak şekilde elle yapılmıştır. Yetiştirme süresi boyunca bitkinin sulama, çapalama, boğaz doldurma, hastalık ve zararlılarla mücadele gibi bakım işlemleri düzenli olarak yapılmıştır. Hasat ve ölçümler parsel yanlarından birer sıra, başlardan ise 50 cm kenar tesiri olarak atıldıktan sonra kalan alan üzerinde (5 m x 2.1 m = 10.5 m²) yapılmıştır. Ekim işlemi her iki yılda 28.06.2015 ve 28.06.2016 tarihlerinde yapılmıştır. Denemenin hasadı ilk yıl 28.10.2015 tarihinde, ikinci yıl ise 25.10.2016 tarihinde yapılmıştır. Ekimden hasat dönemine kadar toplamda 6 kez sulanmıştır. Sulama takvimi olarak;

1. Ekim yapıldıktan sonra çıkış döneminde
2. Birinci ara çapa döneminde
3. İkinci ara çapa döneminde
4. İkinci azotlu gübre döneminde
5. Tepe püskülü öncesi döneminde
6. Süt olum döneminde

Çalışmanın yürütüldüğü dönemi kapsayan aylara ait iklim verileri, uzun yıllar ortalaması ve yıllara ait iklimsel veriler, Mardin Meteoroloji Müdürlüğü'nden temin edilmiş ve bu veriler Çizelge 1'de sunulmuştur (Anonim, 2020).

Çizelge 1. Mardin ilinde uzun yıllar yağış ortalaması (1960-2016), çalışma yıllarına ait sıcaklık, yağış ve nem değerleri.

Table1. Mardin province Long Years Average Precipitation (1960-2016), Precipitation, temperature and humidity values of working years

Aylar	Sıcaklık (°C)			Yağış (mm)			Nispi Nem (%)		
	2015	2016	UYO	2015	2016	UYO	2015	2016	UYO
Haziran	25.9	26.2	25.6	2.9	1.0	4.7	29.0	28.2	32.3
Temmuz	31.8	30.6	29.9	0,2	0.1	1.3	19.6	22.4	27.7
Ağustos	30.5	32.2	29.5	0.4	1.4	0.2	25.8	21.7	28.4
Eylül	28.4	24.3	25	9.9	-	1.8	23.0	28.7	32.6
Ekim	19.5	20.5	18.4	58.2	16.5	32.9	49.6	33.3	45.1
Toplam				71.6	18.0	40.9			
Ortalama	27.2	26.8	25.7				29.4	26.9	32.4

UYO: Uzun yıllar ortalaması.

Çizelge 1'de görüldüğü gibi denemenin yapıldığı 2015 yılında toplam yağış uzun yıllar ortalamasından yüksek olurken, 2016 yılında ise 18.0 mm ile uzun yıllar ortalamasından düşük gerçekleşmiştir. Ortalama sıcaklıklar her iki yılda UYO'dan yüksek olmuştur. Nispi nem bakımından da denemenin yürütüldüğü yıllarda ortalama değerler, uzun yıllar ortalamalarından daha düşük olarak gerçekleşmiştir.

Çalışmanın yapıldığı alana ait toprak özellikleri alüvyal ana materyalli, eğim düz ve düze (%0.0-1.0) yakın, kırmızı renkli ve killi tekstür yapıya sahip olup toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Table2. *Some physical and chemical properties of the trial area soils.*

Derinlik (cm)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Tekstür	pH	Kireç (%)	Fosfor (kg da ⁻¹)	Potasyum (kg da ⁻¹)	Organik Madde (%)	Toplam Tuz (%)
0-30	38.17	27.75	34.08	Killi-Tınlı	7.95	14.46	2.81	34.20	1.42	0.042

Temin edilen gübreler ekim öncesi örnekleri alınarak Mardin Artuklu Üniversitesi Araştırma Merkezi laboratuvarında analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar; çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Araştırmada kullanılan tavuk, çiftlik ve solucan gübrelerinin özellikleri.

Table3. *Characteristics of chicken manure, farm manure and worm manure that used in the research.*

Özellikler	Tavuk gübresi	Çiftlik gübresi	Solucan gübresi
% Organik madde	54.3	45.2	48.3
% Azot (N)	3.64	2.85	2.23
% Fosfor (P ₂ O ₅)	1.63	1.65	1.18
% Potasyum (K ₂ O)	1.38	1.35	1.52
% Organik karbon	33.6	27.3	25.3
pH	6.72	7.23	6.25
% Nem	8.20	9.8	10.5
Demir (mg Fe kg ⁻¹)	2138	27.2	0.52
Çinko (mg Zn kg ⁻¹)	423	32.5	4,53
Bakır (mg Cu kg ⁻¹)	33.6	11.4	0.54
Mangan (mg Mn kg ⁻¹)	655	215	0.05

Tarımsal özellikleri ile ilgili ölçüm ve tartımlar (Doğan ve ark., 2015; Doğan ve ark., 2019)'nın kullandıkları yöntemler esas alınmıştır. Deneme sonucunda elde edilen veriler SPSS 22.0 istatistiksel analiz programı kullanılarak Bek (1986)'e göre Duncan testi uygulanarak gruplandırılmıştır.

Araştırmada kullanılan besin maddelerinin ekonomik açıdan değerlendirilmesi ve karşılaştırma yapılabilmesi için Cihangir ve Öktem (2016)'in kullandığı şekilde basit ekonomik analiz yapılmıştır. 2015 ve 2016 yıllarındaki verim değerlerinin ortalaması ele alınarak elde edilen değerler Mardin Tarım ve Orman İl Müdürlüğü'nün 2016 yılına ait mısır ürünü maliyet cetvellerinde (TOB, 2016) belirtilen 384.48 TL üretim masrafları (gübreleme masrafları hariç) dikkate alınarak hesaplanmıştır. Elde edilen ürünün satış fiyatı olarak Toprak Mahsulleri Ofisi'nin 2016 yılında mısır ürünü için açıklamış olduğu fiyat olan 740 TL Ton⁻¹ esas alınmıştır (TMO, 2017).

BULGULAR VE TARTIŞMA

İkinci ürün mısır yetiştiriciliğinde organik ve inorganik gübre uygulamalarının uygulandığı 2015 ve 2016 yıllarında bitkide verim, kalite ve ekonomik analiz sonucu elde edilen karakterler incelenmiştir. Araştırma sonucuna göre yıllar ayrı ayrı ve birleşik değerlendirilmiştir. Deneme yıllarında elde edilen değerler istatistiksel olarak varyans analizine tabii tutularak ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma yöntemine göre test edilmiştir.

Çalışma sonucunda çeşitlerin, bitki boyu, ilk koçan yüksekliği, koçan sayısı, koçanda tane sayısı, tek koçan verimi, bin tane ağırlığı ve tane verimi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli çıkarken hektolitre yağ oranı ve protein oranı ise önemsiz bulunmuştur.

Farklı gübre uygulamaların yağ ve protein oranının dışında incelenen tüm özellikler önemli çıkmıştır. Çeşit gübre interaksiyonunda ise bitki boyu %1 düzeyinde önemli olurken, koçan uzunluğu, koçanda tane sayısı ve tane verimi %5 düzeyinde önemli çıkmıştır. İncelenen diğer interaksiyonlar önemsiz bulunmuştur.

Çeşitler içerisinde bitki boyu açısından en yüksek değer birinci yıl 251.3 cm ile Ç2 çeşidinin G2 uygulamasında elde edilirken, Ç1 çeşidinde ise 243.8 cm ile G2 uygulamasında elde edilmiştir. En düşük değerler ise her iki çeşidin kontrol parsellerinde elde edilmiştir. İkinci yılda ise en yüksek değer Ç2'de uygulamalarda sırasıyla G3 (242.2 cm), G2 (241.4), G1 (233.2) ve G4 (233.2 cm) takip etmiş ve aynı grupta yer almıştır. Ç1'de ise en yüksek değer G2 uygulamasında 240.8 cm olarak bitki boyu ölçülürken bunu sırasıyla G3 (235.9 cm), G1 (232.4 cm) ve G4 (230.9 cm) uygulamaları takip etmiştir. İki yıl birleştirilmiş ortalamalarda en yüksek değer 246.4 cm olarak Ç2 çeşidinin G2 uygulamasında, 242.3 cm ile Ç1 çeşidinin G2 uygulamaları en yüksek boylu bitkiler elde edilirken, en düşük

bitki boyu ortalama değerleri ise Ç1 ve Ç2 kontrol parsellerinde elde edilmiştir. Mısır çeşitlerinin bitki boylarına ilişkin bulgular, bitki boyu daha çok genetik faktörün etkisinde olmakla beraber bölgenin iklim, toprak ve yetiştirme tekniklerine bağlı olarak farklılıkların olabileceğini belirtmiştir (Yılmaz ve Dokuyucu 1994; Doğan ve ark., 2015). Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda; Acıbuca (2015), Mardin’de ikinci ürün olarak farklı melez çeşitlerinde bitki boyu ortalamaları 189-227 cm arasında değiştiğini bildirmiştir. Farklı gübre kaynaklarının uygulanması sonucu olarak, Doğan ve ark., 2019, tavuk gübresi verilen uygulamalarda en yüksek bitki boyuna ulaştığını, kontrol parsellerinde en düşük boylu bitkilerin elde edildiğini, diğer taraftan Qasim ve ark., (2001), araştırmacıların bitki boyunun arttığını belirttikleri bulguları ile uyumaktadır.

Çizelge 4. İkinci ürün mısır yetiştiriciliğinde farklı gübre uygulamalarının bazı tarımsal özelliklere etkisine ait varyans analiz sonuçları.

Table4. Variance analysis results of the effect of different fertilizer applications on some agricultural properties in 2nd product maize cultivation.

	Bitki Boyu (cm)	İlk Koçan Yüksekliği (cm)	Koçan Uzunluğu (cm)	Koçanda Tane Sayısı (adet)	Tek Koçan Verimi (gr)	1000 Tane Ağırlığı (gr)	Verim (kg)	Hektolitire (kg hl ⁻¹)	Yağ (%)	Protein (%)
Çeşit	**	**	**	*	**	**	**			
Gübre Uygulaması	**	**	**	**	**	**	**			
Yıl										
Çeşit*Gübre	**		*	*			*			
Çeşit*Yıl										
Gübre*Yıl										
Çeşit*Gübre*Yıl										

*p<0.05; **p<0.01.

İlk koçan yüksekliği, birinci yıl en düşük değerler her iki çeşidin kontrol parsellerinde elde edilirken, en yüksek koçan yüksekliği ise Ç2 çeşidinde sırasıyla G2 (95.2 cm), G3 (95.1 cm) ve G4 (94.7 cm) olarak ölçülürken aynı grupta yer almışlardır. Ç1 çeşidinde ise en yüksek ilk koçan yüksekliği 91.8 cm ile G1 uygulamasında ve 91.6 cm ile G2 uygulamasında elde edilerek aynı grupta yer almıştır. İkinci yıl da ise Ç1 çeşidinde 93.7 cm ile G1 uygulamasında elde edilmiştir. Ç2 çeşidinde ise sırasıyla koçan yüksekliği 93.9 cm ile G3, 91.4 cm G2 ve 90.8 cm ile G1 uygulaması takip etmiş aynı grupta yer almışlar. Her iki çeşidin ikinci yıl en düşük koçan yüksekliği kontrol parsellerinde elde edilmiştir. İki yıl birleştirilmiş ortalamalarda en yüksek değer 94.4 cm olarak Ç2 çeşidinin G3 uygulamasında, bunu G2 ve G1 uygulamaları takip ederken, 92.8 cm ile Ç1 çeşidinin G1 ve 91.2 cm ile G2 uygulamaları ilk koçan yüksekliği bakımından yüksek olmuştur. En düşük ilk koçan yüksekliği ortalama değerleri ise Ç1 ve Ç2 kontrol parsellerinde elde edilmiştir. Konu ile ilgili yapılan araştırmalarda Öner ve ark. (2011), ilk koçan yüksekliği 92.0-135.0 cm arasında olduğunu, Özata ve ark., (2013), ilk koçan yüksekliği 109.2-145.0 cm olduğunu bildirmiştir. Farklı gübre kaynaklarının uygulaması sonucu olarak ilk koçan yüksekliği gübre verilmeyen kontrol parsellerinde, en yüksek ilk koçan uzunluğu ise kimyasal gübre, tavuk gübresi ve çiftlik gübresi verilen parselde elde edildiğini bildirmişlerdir (Doğan ve ark.,2019). Araştırmacının bulguları ile uyum göstermektedir.

Koçan uzunluğu bakımından birinci yıl en düşük değerler her iki çeşidin kontrol parsellerinde elde edilirken, en yüksek koçan yüksekliği ise Ç2 çeşidinin G4 (21.4 cm) elde edilirken, sırasıyla G1 (20.2 cm), G2 (20.2 cm) ve G3 (19.6 cm) olarak ölçülürken aynı grupta yer almışlardır. Ç1 çeşidinde ise en yüksek ilk koçan yüksekliği 19.4 cm ile G1 uygulamasında, bunu da sırasıyla G2 (19.0 cm) ve G3 (18.5cm) uygulamasında elde edilerek aynı grupta yer almıştır. İkinci yılda ise Ç2 çeşidinde 21.1 cm ile G2 uygulamasında bunu da sırasıyla, G1, G4 ve G3 uygulaması takip etmiş ve aynı grupta yer almıştır. Ç2 çeşidinde ise 19.1 cm ile G2 uygulaması ile elde edilirken bunu G1 uygulaması takip etmiştir. Her iki çeşidin ikinci yıl en düşük koçan uzunluğu kontrol parsellerinde elde edilmiştir. İki yıl birleştirilmiş ortalamalarda en yüksek değer 20.7 cm olarak Ç2 çeşidinin G2 ve G4 uygulamasında, bunu G1 ve G3 uygulamaları takip ederken, 19.6 cm ile Ç1 çeşidinin G1 uygulaması bunu da G2 ve G3 takip etmiş ve aynı grupta yer almışlardır. En düşük koçan uzunluğu ortalama değerleri ise Ç1 ve Ç2 kontrol parsellerinde elde edilmiştir. Koçan uzunluğu bitkinin çeşit özelliği yanında ekim zamanı, toprak ve çevre koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Bitkide koçanın uzun olması istenilir. Koçan boyu artınca tane veriminde artış olur. Koçan uzunluğu ile ilgili farklı ekolojilerde yapılan çalışmalarda; Özata ve Kapar 2013, 17.1-26.3 cm arasında, Konaşkan ve ark. 2015 ise 17.6-19.2 cm arasında tespit etmişlerdir. Farklı gübre kaynaklarının uygulaması sonucu olarak koçan uzunluğu 17.7-20.3 cm arasında değiştiğini en düşük değer kontrol parsellerinde, en yüksek koçan

uzunluğu ise tavuk gübresinin verildiği parselde elde ederken bunu kimyasal gübre ve çiftlik gübresi verilen parsellerin takip ettiğini bildirmişlerdir (Doğan ve ark., 2019). Araştırmacının bulguları ile uyum göstermektedir.

Koçanda tane sayısı bakımından birinci yıl en düşük değerler her iki çeşidin kontrol parsellerinde elde edilirken, en yüksek koçanda tane sayısı Ç2 çeşidinin G1 (526.4 adet) elde edilirken, bunu G2 (512.0 adet) uygulaması takip etmiş ve aynı grupta yer almışlardır. Ç1 çeşidinde ise en yüksek koçanda tane sayısı 513.7 adet ile G1 uygulamasında elde edilmiştir. İkinci yılda ise Ç2 çeşidinde 501.8 adet G2 uygulamasında, Ç1 çeşidinde ise 500.0 adet ile G1 uygulaması ile elde edilmiştir. Her iki çeşidin ikinci yıl en düşük koçan uzunluğu kontrol parsellerinde elde edilmiştir. İki yıl birleştirilmiş ortalamalarda en yüksek değer 506.9 adet ile Ç1 ve Ç2 çeşitlerin G1 uygulamasında elde edilirken bunu Ç2'nin G1 (505.8 adet) uygulaması takip ederken, 469.4 cm ile Ç2 çeşidinin G3 uygulaması takip etmiş ve aynı grupta yer almışlardır. En düşük koçan uzunluğu ortalama değerleri ise Ç1 ve Ç2 kontrol parsellerinde elde edilmiştir. Konu ile ilgili olarak farklı ekolojik koşullarında yapılan çalışma sonuçlarına göre çeşitlerin koçan sayısı bakımında önemli farklılıkların olduğunu Demir 2016, yapılan çalışmada 585.0-627.2 adet arasında olduğunu, Akan 2017, mısır çeşitlerin 497.7-736.7 arasında değiştiğini, Gür 2019, çalışmada ise 470.3-881.3 g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Araştırmacıların koçanda dane sayısı açısından elde ettikleri sonuçlar araştırmamızdaki bulgularımızla uyum göstermektedir. Khaliq (2004)'de yaptığı çalışmada azotlu gübre+sığır gübresinin verildiği parsellerde, sadece ticari gübre verilen parsellere elde edilen koçan sayısı diğer uygulamalara (tavuk gübresi ve ticari gübre) göre daha yüksek değer elde ettiğini bildirirken, Uzun ve ark. (2005)'nin verim öğelerinden olan koçanda tane sayısı farklı uygulamalar sonucunda etkilenebileceğini bildirmiştir. Bu çalışma sonuçları bulgularımızla kısmen uymaktadır.

Bitkide tek koçan verimi özelliği yönünden, birinci yıl en düşük değerler her iki çeşidin kontrol parsellerinde elde edilirken, en yüksek bitkide koçan verimi Ç2 çeşidinin G1 (36.9 g) elde edilirken, Ç1 çeşidinde ise en yüksek tek koçan verimi 33.3 g ile G1 uygulamasında elde edilmiştir. İkinci yıl da ise Ç2 çeşidinde 35.7 g G1 uygulamasında, Ç1 çeşidinde ise 32.2 g ile G1 uygulaması ile elde edilmiş ve G2 (31.3 g) uygulaması ile aynı grupta yer almıştır. Her iki çeşidin ikinci yıl en düşük tek koçan verimi kontrol parsellerinde elde edilmiştir. İki yıl birleştirilmiş ortalamalarda en yüksek değer 36.3 g ile Ç1'nin G1 uygulamasında bunu da sırasıyla G3 ve G4 uygulaması takip etmiş aralarındaki fark önemsiz çıkmıştır. Ç1 çeşidinde ise 32.8 g ile G1 uygulamasında elde edilirken, G2 ile aynı grupta yer almışlardır. En düşük ortalama değerleri ise Ç1 ve Ç2 kontrol parsellerinde elde edilmiştir. (Difonzo ve ark. 1982; Türkay ve ark. 2002; Celep 2006)'nin tek koçan verimi yönünden çeşitler arasında farklılık olduğunu belirttikleri bulguları, bulgularımızı desteklemektedir. Farklı gübre kaynaklarının uygulaması sonucunda koçan verimi 24.4-38.7 adet arasında değiştiğini en düşük değerlerin kontrol parsellerinde, en yüksek tek koçan verimini ise sırasıyla ticari gübre, tavuk gübresi ve çiftlik gübresi verilen parsellerin takip ettiğini bildirmişlerdir (Doğan ve ark.,2019). Araştırmacının bulguları ile uyum göstermektedir.

Bin tane ağırlığı yönünden çeşitler arasındaki fark incelendiğinde birinci ve ikinci yılda en düşük değerler her iki çeşidin kontrol parsellerinde elde edilirken, en yüksek bin tane ağırlığı 153.5 g ile Ç2 çeşidinin G1 uygulamasında elde edilmiş, Ç1 çeşidinde ise en yüksek 150.2 g ile G1 uygulamasında elde edilmiştir. İkinci yıl da ise Ç2 çeşidinde 148.2 g G1 uygulamasında, Ç1 çeşidinde ise 146.9 g ile G1 uygulaması ile elde edilmiştir. Her iki çeşidin ikinci yıl en düşük bin tane ağırlığı kontrol parsellerinde elde edilmiştir. İki yıl birleştirilmiş ortalamalarda en yüksek bin tane ağırlığı 150.8 g ile Ç1'nin G1 uygulamasında bunu da sırasıyla G2 ve G3 uygulaması takip etmiş aralarındaki fark önemsiz çıkmıştır. Ç1 çeşidinde ise 148.6 g ile G1 uygulamasında elde edilmiş, en düşük ortalama değerleri ise Ç1 ve Ç2 kontrol parsellerinde elde edilmiştir. Sezer ve Gülümser (1999), Türkay ve ark. (2002), bin tane ağırlığının çeşit ve çevre şartlarına göre önemli farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu tespitler, bulgularımızla uyumaktadır. Farklı gübre kaynaklarının uygulaması sonucunda en düşük değerlerin kontrol parsellerinde, en yüksek bin tane ağırlığını ise yıllara göre değişmekle beraber sırasıyla çiftlik gübresi, tavuk gübresi ve ticari gübre uygulamalarında elde edildiğini ve aralarındaki farkın önemli olmadığını bildirmişlerdir (Doğan ve ark.,2019). Araştırmacının bulguları ile uyum göstermektedir.

Tane verimi özelliği yönünden çeşitler arasındaki fark incelendiğinde birinci ve ikinci yılda en düşük değerler her iki çeşidin kontrol parsellerinde elde edilmiştir. Birinci yılda en yüksek tane verimi 1235.2 kg da⁻¹ ile Ç1 çeşidinin G1 uygulamasında elde edilirken, ikinci sırada 1175.3 kg da⁻¹ ile Ç2'nin G1 uygulamasında elde edilirken bunu sırasıyla, G2 (1099.5 kg da⁻¹), G3 (1080.6 kg da⁻¹) ve G4 (1074.1 kg da⁻¹) uygulaması takip etmiş aralarındaki fark önemsiz çıkmıştır. İkinci yılda ise Ç1 çeşidinde 1203.2 kg da⁻¹ G1 uygulamasında, Ç2 çeşidinde ise 1149.3 kg da⁻¹ ile G2 uygulaması ile elde edilmiş kontrol parselleri dışındaki uygulamalar ile aynı grupta yer almıştır. İki yıl birleştirilmiş ortalamalarda en yüksek tane verimi 1219.2 kg da⁻¹ ile Ç1'in G1 uygulamasında, Ç2 çeşidinde ise 1124.4 ile G2 uygulamasında elde edilmiş, bunu sırasıyla G3, G1 ve G4 uygulamaları takip etmiştir. Tane verimi ile ilgili olarak elde edilen sonuçların birbirinden farklı olması çalışmalarda kullanılan çeşidin genetik yapısı, toprak,

iklim ve yetiştirme teknikleri bakımından kaynaklandığı söylenebilir. Konu ile ilgili olarak; Çakır 1996, tane verimini 925.5-1502 kg da⁻¹, Konaşkan ve ark. (2015), 1378-1218 kg da⁻¹ arasında tespit etmiştir. Acıbuca, (2015), Mardin'de ikinci ürün olarak farklı melez çeşitlerinde tane verimi ortalamaları 831.0-1120.0 kg da⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Farklı gübre kaynaklarının uygulanması ile ilgili araştırmalara göre; Morris ve Lathwell 2004; Dordas ve ark., 2008; Efthimiadou ve ark., 2010) tane verimi siğir gübresinden; Khan ve ark., 2008; Bamire ve Amujoyegbe 2004) tavuk gübresinden; Mitchell ve Tu (2005) tavuk gübresi + inorganik gübreden; Prasanna ve ark. (2007) solucan gübresinden; Ashoka ve ark. (2009) solucan gübre + kimyasal gübresinde; Doğan ve ark., 2019 en düşük tane verimini kontrol parsellerinde en yüksek tane verimini ise yıllara göre farklılık göstermiş olup tavuk gübresi, ticari gübre ve çiftlik gübresinin uygulanmasında elde edildiği bildirmişlerdir. Buna göre farklı mısır çeşitlerinin tane verimleri değişiminin genetik faktörlerin yanında farklı uygulama yöntemlerinden kaynaklandığı ve bunun beklenen bir sonuç olduğu söylenebilir. Bu bulgular da bizim bulgularımızı desteklemektedir. Diğer taraftan; Neil ve Kevin (2001), mısırdaki gübresiz, kimyasal gübre, çiftlik ve tavuk gübresinin uygulandığı çalışmada en düşük tane verimini kontrol parselinde elde ederken, çiftlik gübresi uygulanan parsellerden tane verimi yönünden daha iyi sonuç aldıklarını bildirirken, Warman ve Havard (1998), kimyasal ve organik gübrelerin mısırdaki tane verimine etkisini incelemiş, 3 yıllık çalışma sonucu organik, kimyasal gübre uygulamasından daha yüksek verim elde edilmiştir.

Çizelge 5. İkinci ürün mısır yetiştiriciliğinde organik ve inorganik gübre uygulamalarının verim ve kalite öğeleri üzerine etkisi*. *Table 5. The effect of organic and inorganic fertilizer applications on yield and quality elements in 2nd product crop cultivation*.*

Çeşit	Gübre	Yıl	Bitki boyu (cm)	İlk koçan yüksekliği (cm)	Koçan uzunluğu (cm)	Koçan tane sayısı (adet)	Tek koçan verimi (kg)
Ç1	G0	1.Yıl	191.2c	75.8c	15.6b	411.8c	23.8c
		2.Yıl	192.0b	75.1c	15.8c	413.3c	24.8b
		Ortalama	191.6c	75.4c	15.7c	412.6c	24.3b
	G1	1.Yıl	235.4ab	91.8a	19.4a	513.7a	33.3a
		2.Yıl	232.4a	93.7a	19.8a	500.0a	32.2a
		Ortalama	233.9ab	92.8a	19.6a	506.9a	32.8a
	G2	1.Yıl	243.8a	91.6a	19.0a	455.0b	31.2ab
		2.Yıl	240.8a	90.7ab	19.1a	447.6b	31.3a
		Ortalama	242.3a	91.2a	19.1a	451.3b	31.3a
	G3	1.Yıl	237.3ab	91.0ab	18.5a	440.0bc	27.4bc
		2.Yıl	235.9a	89.4ab	18.7ab	435.1bc	28.0ab
		Ortalama	236.6ab	90.2ab	18.6a	437.6 b	27.7b
G4	1.Yıl	229.7b	85.9b	16.9b	432.0bc	25.9c	
	2.Yıl	230.9a	86.8b	17.1bc	428.7bc	26.0b	
	Ortalama	230.3b	86.4b	17.0b	430.4bc	25.9b	
CV (%)			8.51	7.79	9.09	7.99	13.49
Ç2	G0	1.Yıl	226.3c	86.0b	16.8b	415.4b	28.9b
		2.Yıl	221.9b	84.8b	17.2b	420.9b	29.9b
		Ortalama	224.1c	85.4b	17.0b	418.2c	29.4b
	G1	1.Yıl	245.8ab	95.2a	20.2a	526.4a	36.9a
		2.Yıl	239.3a	90.8a	20.5a	485.3ab	35.7a
		Ortalama	242.5ab	93.0a	20.3a	505.8a	36.3a
	G2	1.Yıl	251.3a	95.6a	20.2a	512.0a	33.4ab
		2.Yıl	241.4a	91.4a	21.1a	501.8a	33.3ab
		Ortalama	246.4a	93.5a	20.7a	506.9a	33.4a
	G3	1.Yıl	244.5ab	94.7a	19.6a	472.7ab	34.5ab
		2.Yıl	242.2a	93.9a	19.4a	466.2ab	34.0ab
		Ortalama	243.4ab	94.4a	19.5a	469.4ab	34.4a
G4	1.Yıl	238.5b	89.2ab	21.4a	427.7b	33.5ab	
	2.Yıl	233.2ab	88.9ab	20.0a	421.7b	32.4ab	
	Ortalama	235.9b	89.0ab	20.7a	424.7bc	32.9ab	
CV (%)			4.28	6.31	9.89	10.27	9.95

*Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemsizdir.

Çizelge 6. İkinci ürün mısır yetiştiriciliğinde organik ve inorganik gübre uygulamalarının verim ve kalite öğeleri üzerine etkisi*. *Table6. The effect of the organic and inorganic fertilizer applications on yield and quality elements in 2nd product crop cultivation*.*

Çeşit	Gübre	Yıl	1000 tane ağırlığı (gr)	Tane verimi (kg)	Hektolitreye (kg hl ⁻¹)	Yağ (%)	Protein (%)
Ç1	G0	1.Yıl	131.2c	615.6c	70.1a	3.7a	9.2a
		2.Yıl	133.5c	634.0c	71.1a	3.9a	9.3a
		Ortalama	132.4c	624.8c	70.6ab	3.8a	9.3a
	G1	1.Yıl	150.2a	1235.2a	74.0a	3.8a	9.5a
		2.Yıl	146.9a	1203.2a	73.7a	3.9a	9.6a
		Ortalama	148.6a	1219.2a	73.8a	3.9a	9.5a
	G2	1.Yıl	138.9bc	1055.3b	69.9a	3.5a	9.2a
		2.Yıl	140.5a-c	1064.2b	69.9a	3.9a	8.6a
		Ortalama	139.7b	1059.8b	69.9b	3.7a	8.9a
	G3	1.Yıl	144.0ab	1036.5b	69.9a	3.8a	9.6a
		2.Yıl	139.5bc	1033.9b	71.7a	4.1a	9.4a
		Ortalama	141.8b	1035.2b	70.8ab	3.9a	9.5a
G4	1.Yıl	143.9ab	1000.3b	72.2a	3.6a	9.3a	
	2.Yıl	141.9ab	1018.6b	72.6a	3.9a	9.7a	
	Ortalama	142.9ab	1009.5b	72.4ab	3.7a	9.5a	
CV (%)			4.59	21.07	3.47	9.97	8.14
Ç2	G0	1.Yıl	137.9b	637.6b	67.9a	4.3a	9.6a
		2.Yıl	139.1b	685.9b	69.7a	4.3a	9.8a
		Ortalama	138.5b	661.7b	68.8a	4.3a	9.7a
	G1	1.Yıl	153.5a	1175.3a	73.8a	4.3a	10.1a
		2.Yıl	148.2a	980.6a	71.8a	4.6a	9.6a
		Ortalama	150.8a	1078.0a	72.8a	4.5a	9.9a
	G2	1.Yıl	149.1ab	1099.5a	70.9a	4.2a	9.9a
		2.Yıl	145.7a	1149.3a	71.7a	4.6a	10.3a
		Ortalama	147.4a	1124.4a	71.3a	4.4a	10.2a
	G3	1.Yıl	147.6ab	1080.6a	71.2a	4.4a	9.8a
		2.Yıl	143.1a	1080.4a	72.6a	4.2a	9.7a
		Ortalama	145.4ab	1080.5a	71.9a	4.3a	9.8a
G4	1.Yıl	146.6ab	1074.1a	69.7a	4.4a	10.7a	
	2.Yıl	144.4a	1066.3a	70.0a	4.1a	10.4a	
	Ortalama	145.5ab	1070.2a	69.9a	4.2a	10.5a	
CV (%)			4.38	20.00	4.03	8.83	7.95

*Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemsizdir.

Hektolitreye yönünden çeşitler ve uygulamalar arasındaki fark incelendiğinde birinci ve ikinci yılda ve iki yıl birleştirilmiş ortalamalarda çeşit ve uygulanan gübre kaynakları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz olmuştur. Akan, (2017), farklı mısır çeşitlerinde yaptıkları çalışmada hektolitreye özelliğinin çeşitler üzerinde etkisinin önemsiz olduğunu belirtirken, diğer taraftan Elmalı ve Soylu (2008) ile paralellik arz ederken, (Özmen 2008) hektolitreye ağırlığında genotip x çevre interaksiyonunun önemli olduğunu bildirmiştir. Bu durumun araştırmanın yürütüldüğü yıl, çevre şartları ve materyal farklılığından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Yağ oranı bakımında çeşitler ve uygulamalar arasındaki fark incelendiğinde birinci ve ikinci yılda ve iki yıl birleştirilmiş ortalamalarda çeşit ve uygulanan gübre kaynakları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Cengiz ve ark. (2010), sentetik ve organik gübre kaynaklarının uygulandığı mısır çeşitlerinde hektolitreye üreğinde etkisinin önemsiz olduğunu bildirmişlerdir.

Protein oranı bakımından çeşitler ve uygulamalar arasındaki fark incelendiğinde birinci ve ikinci yılda ve iki yıl birleştirilmiş ortalamalarda çeşit ve uygulanan gübre kaynakları istatistiksel olarak önemsiz olmuştur. Mısır çeşitleri ile yapmış oldukları çalışmada protein oranı önemsiz olduğunu; Kalkan, (2008) %4.33–4.51; Koca, (2009) % 4.28–4.73; nın bulguları ile paralellik gösterirken, Cengiz ve ark., (2010), sentetik ve organik gübre kaynaklarının uygulandığı mısır çeşitlerinde hektolitreye üreğinde etkisinin önemsiz olduğunu bildirmişlerdir. Yaptığımız

çalışmada tane kalite analizlerinde, organik gübrelerin mısır tanesinde bulunan protein, yağ ve nişasta miktarlarını olumsuz etkilemediği görülmüştür.

Ekonomik Analiz

Araştırmada kullanılan gübrelerin 2016 yılı serbest piyasa fiyatları ve kullanılan miktarları çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. Çalışmada kullanılan besin maddelerinin miktar ve fiyatları.

Table 7. Quantity and prices of nutrients used in the study.

Besin Maddesi	Fiyat (TL kg ⁻¹)*	Kullanılan Miktar (kg da ⁻¹)
Çiftlik Gübresi	0.09	1500
Tavuk Gübresi	0.13	1000
Solucan Gübresi	1.50	1200
AN % 33	1.05	60.6
TSP % 42	1.00	19.0

*2016 yılı serbest piyasa fiyatlarıdır.

Çizelge 8'de Ç1 çeşidi için yapılan analizde kârlılık bakımından birinci sırada (G2) konvansiyonel gübrenin (442.91 TL da⁻¹) geldiği tespit edilmiştir. Daha sonra sırasıyla tavuk gübresi (285.46 TL da⁻¹) ve çiftlik gübresi (246.42 TL da⁻¹) gelmektedir. Solucan gübresinin piyasa fiyatlarının kullanılan diğer gübrelere göre oldukça yüksek olması ve elde edilen verim miktarının da düşük olması yapılan uygulamadan zarar edilmesine (-1437.82 TL da⁻¹) neden olmuştur.

Çizelge 8. Ç1 çeşidi için kullanılan gübrelerin ekonomik kârlılık analizi.

Table 8. Economic profitability analysis of fertilizers used for Ç1 variety.

Gübre Çeşidi	Ortalama Verim (kg da ⁻¹)	Genel Masraflar (TL da ⁻¹)	Gübre Masrafı (TL da ⁻¹)	Toplam Masraf (TL da ⁻¹)	GSÜD (TL da ⁻¹)	Kârlılık (TL da ⁻¹)
G1	618	384.48	0.00	384.48	457.32	72.84
G2	1223	384.48	82.63	467.11	905.02	437.91
G3	1081	384.48	130.00	514.48	799.94	285.46
G4	1035	384.48	135.00	519.48	765.90	246.42
G5	1009	384.48	1800.00	2184.48	746.66	-1437.82

Ç2 çeşidi için yapılan kârlılık analizinde de çalışmada kullanılan konvansiyonel gübrenin kârlılık değerinin birinci sırada (394.99 TL da⁻¹), tavuk gübresinin ikinci sırada (317.28 TL da⁻¹) ve çiftlik gübresinin üçüncü sırada (279.72 TL da⁻¹) yer aldığı, uygulamada kullanılan solucan gübresinin ise 1392.68 TL da⁻¹ zarara neden olduğu tespit edilmiştir. Erkoyuncu (2008), Acar ve ark. (2009) ile Cihangir ve Öktem (2016)'in yaptıkları çalışmalarda da organik üretimle üretilen ürünlerin maliyetinin daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 9. Ç2 çeşidi için kullanılan gübrelerin ekonomik kârlılık analizi.

Table 9. Economic profitability analysis of fertilizers used for Ç2 variety.

Gübre Çeşidi	Ortalama Verim (kg da ⁻¹)	Genel Masraflar (TL da ⁻¹)	Gübre Masrafı (TL da ⁻¹)	Toplam Masraf (TL da ⁻¹)	GSÜD (TL da ⁻¹)	Kârlılık (TL da ⁻¹)
G1	662	384.48	0.00	384.48	489.88	105.40
G2	1165	384.48	82.63	467.11	862.10	394.99
G3	1124	384.48	130.00	514.48	831.76	317.28
G4	1080	384.48	135.00	519.48	799.20	279.72
G5	1070	384.48	1800.00	2184.48	791.80	-1392.68

SONUÇ

II. ürün mısır çeşitlerinde organik ve inorganik gübre kaynaklarının uygulandığı çalışma sonucunda verim açısından Ç1 (Dekalb 5401) çeşidi ön plana çıkarken uygulama olarak da G1 (ticari gübre) verilen parsellerde

ortalama olarak 1219.2 kg da⁻¹ olarak elde edilmiştir. Organik gübre olarak da en yüksek tane verimi ortalama değer Ç2 (LG 30.597) çeşidinin G2 (tavuk gübresi) uygulamalarında elde edilmiştir. Kalite parametreleri bakımından çeşit ve gübre uygulamaları arasında fark olmadığı tespit edilmiştir. Mısır bitkisi gübreye karşı olumlu tepki veren bir bitki olup özellikle mısırın vejetatif gelişmesi arttıkça topraktan alacağı azot miktarı da artar. Azot mısır bitkisinin verimini etkileyen bir faktör olup, mısır bitkisinin fazla miktarda azota ihtiyacı vardır. Fazla kullanılan gübre toprağın yapısını bozmaktadır. Bu alternatif olarak organik gübre kullanımını yaygınlaştırılarak çevre üzerindeki olumsuz etkiyi azaltarak toprağın organik madde miktarının artırılması, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısının düzelttirilmesi için oldukça önemlidir. Kontrolsüz kullanılan organik gübrenin bazı olumsuzlukları da bulunmaktadır. Hayvan sağlığı için kullanılan antibiyotik ve veteriner ilaçlarının yoğun kullanılması sonucu organik gübre temin edilen çiftliklerde sorun oluşabilmektedir. Tavuk üretimi yapılan çiftliklerin gübrelerinin bünyelerinde Tetracycline, Oxytetracycline ve Chlortetracycline maddeleri yüksek oranda bulunabilmekte, tarımsal üretimde kullanılan bu gübreler ile antibiyotik etken maddeleri toprağa geçebilmektedir. Bu oran Kirlilik Tolerans (PICT) değerlerinin üzerinde çıkması durumunda mikroorganizma üzerinde olumsuz etki yaparak azalmasına veya antibiyotiklere karşı dayanıklı mikroorganizma sayısının artmasına ve toprak mikroflora (Biota) dengesinin bozulmasına neden olabilmektedir. Tavuk gübresi aşırı düzeylerde uygulandığında çeşitli tuzlar toprakta birikebilir ve yetiştirilen bitkilere toksik etkide bulunabilir.

Ekonomik analiz neticesinde çeşitler arasında konvansiyonel gübre uygulamaları bakımından Ç1 (Dekalb 5401) çeşidinin kârlılık düzeyi daha yüksek iken organik gübre uygulamaları açısından yapılan değerlendirmede Ç2 (LG 30.597) çeşidinin daha kârlı olduğu bulunmuştur. Çalışmadan elde edilen sonuçlar geleneksel gübre uygulamalarının düşük maliyetli, elde edilen verim ve dolayısıyla kârlılık düzeyinin daha yüksek olduğunu gösterse de, organik üretimle elde edilen mısır ürününün piyasasının oluşmaması nedeniyle konvansiyonel ürünlerle aynı fiyattan satılması en önemli kısıtlayıcı olarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla insan sağlığına faydalı, toprak ve çevreye zarar vermeden üretim yapılabilmesi için öncelikle organik girdiler kullanılarak elde edilen ürünlerin piyasasının oluşturulması sağlanmalıdır. Tüketicilerin bilinç düzeylerinin artırılması, organik ürünlerin tüketiminin teşvik edilmesi ve organik üretime verilen desteklemelerin artırılarak üretim maliyetlerinin düşürülmesi sağlanarak sürdürülebilir tarımsal üretim sistemleri yaygınlaştırılabilecektir. Yaptığımız çalışmadan elde ettiğimiz sonuçlara göre, organik mısır yetiştiriciliğinde verimin ticari gübre verilen parsellere göre düşük olmasına karşın elde edilen ürünlerin organik olarak satılabilmesi durumunda ekonomik olarak daha karlı olduğu tespit edilmiştir. Ticari gübre kullanımı sonucunda ortaya çıkacak olumsuzlukları göz önüne aldığımızda buna alternatif olarak İyi Tarım Uygulamaları (İTU) insan ve hayvan sağlığına zarar vermeyen, çevre dostu tarımsal bir üretimin benimsendiği, tarımda izlenebilirlik ve sürdürülebilirliğin sağlandığı, doğal kaynakların korunmasının ve gıda güvenliğinin amaçlandığı bir üretim modelinin gerçekleştirilmesi önerilebilir. İyi tarım uygulamalarında, kimyasal gübre ve ilaç kullanımı belirli bir program dâhilinde azaltılarak, tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan çevresel zararın en aza indirilmesi hedeflenebilir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKISI

Tüm yazarlar projenin hazırlanması, yürütülmesi ve yazılmasında görev almıştır.

KAYNAKLAR

- Acar, M., Dok, M., & Caner, Y. K. (2009). *Organik ve geleneksel tarım metodu ile üretilen nohut'un verim, maliyet ve kalite kriterleri bakımından karşılaştırılması*. 1. GAP Organik Tarım Kongresi, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Samsun.
- Acıbuca, A. (2015). *Mardin ekolojik koşullarında II. ürün olarak yetiştirilen kimi mısır çeşitlerinin hasıl ve dane verimi ve verim özellikleri üzerinde araştırmalar*. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İzmir
- Akan, S. (2017). *Muş ili ekolojik şartlarına uygun tane mısır (Zea mays L) çeşitlerinin belirlenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Bingöl Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Bingöl.
- Anonim, (2020). Mardin 2020 yılı meteoroloji bülteni. Mardin Meteoroloji İl Müdürlüğü.
- AOAC, (1980). Official Methods of Analysis. 13th Edition, Association Official Analytical Chemists, Washington DC.

- Ashoka, P., Anand, S. R., Mudalagiriappa, P., & Smitha, R. (2009). Effect of macro and micronutrients with organics on growth, quality, yield and economics of baby corn (*Zea mays L.*) in tungabhadra command area. *Crop Research*, 37, 15-18
- Aydeniz, A., & Brohi, A. (1991). *Kümes artıkları ve kuş dışı. II. Ulusal Gübre Kongresi*, Ankara.
- Bamire, A. S., & Amujoyegbe B. J., (2004). Economics of poultry manure utilization in land quality improvement among integrated poultry-maize holder farmers in Southwestern Nigeria. *Journal of Sustainable Agriculture*, 23(3), 21-37.
- Başar, H. (2009). Tavuk gübresi topraklarda nasıl uygulanmalıdır. *Bursa'da Gıda ve Tarım*, 11, 26-31.
- Bek, Y. (1986). *Araştırma ve Deneme Metotları*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notu, Yayın No: 92, Adana.
- Bryan, R. B. (1968). The Development, Use and Efficiency of Indices of Soil Erodibility, *Geoderma*, 2, 5-25.
- Celep, H. (2006). *Mısır bitkisinin bazı karakterlerine ön bitki ve farklı azot dozlarının etkisi*. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv. Fen Bil. Ens. Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- Cengiz, R, Yanıkoğlu, S., & Sezer, M. (2010). *Sentetik ve organik gübrelerin mısırdaki (Zea mays L.) verim ve kaliteye etkisi*. Organik tarım araştırma sonuçları 2005-2010. T.C. Tarım ve Köyşleri Bakanlığı, Ankara. Turkey.
- Cihangir, H., & Öktem, A., (2016). Bazı organik besin kaynaklarının cin mısırın (*Zea mays L. everta*) tane verimine etkisi. *Journal of Agricultural Sciences*, 24(1), 60-71.
- Cihangir, H., & Öktem, A., (2018). Bazı organik besin kaynaklarının cin mısırın (*Zea mays L. everta*) tane verimine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*. 24(2), 60-67.
- Difonzo, N., Motto, M., Maggiore, T., Sabatino, R., & Salamini, F. (1982). N-Uptake, Translocation and Relationships among N-Related Traits in Maize as Effected by Genotype. *Agronomic*, 2(9), 789-796.
- Dogan, Y., Ekinci, M. B., Togay, N., & Togay, Y., (2015). Determination of suitable nitrogen doses for growing second product maize (*zea mays L.*) varieties in chickpea planting fields and its economic analysis. *Indian Journal of Agricultural Research*. 49(2),125-133.
- Dogan, Y., Togay, N., & Togay, Y., (2019). Determining irrigation scheduling and different manure sources of yield and nutrition content on maize (*zea mays L.*) cultivation. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(2), 1559-1570.
- Dordas, C. A., Lithourgidis, A. S., Matsi, T., & Barbayiannis, N., (2008). Application of liquid cattle manure and inorganic fertilizers affect dry matter, nitrogen accumulation, and partitioning in maize. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 80(3), 283-296.
- Efthimiadou, A., Bilalis, D., Karkanis, A., & Froud-Williams, B. (2010). Combined organic/inorganic fertilization enhance soil quality and increased yield, photosynthesis and sustainability of sweet maize crop. *Australian Journal of Crop Science*, 4(9), 722-729.
- Emalı, H., & Soylu, S. (2008.) Melez at dışı mısırdaki farklı taban gübresi çeşitlerinin tane verimi, verim unsurları ve kalite üzerine etkileri. *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 22(44), 104-112.
- Erkoyuncu, C. (2008). *Ankara ili Beypazarı ilçesinde organik ve geleneksel olarak yapılan domates yetiştiriciliğinin karşılaştırmalı ekonomik analizi*. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- FAO. (2020). FAO Statistics Division. Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://faostat.fao.org/site/575/Desktop/Default.aspx?pageID=567#ancor>. Erişim tarihi: 30 Haziran 2020.
- Gür, İ. (2019). *Trabzon ekolojik koşullarında bazı hibrit atdışı mısır çeşitlerinin performansları*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü. Isparta.
- Kalkan, M. (2008). *Farklı mısır olum grupları ve hasat tarihlerinde verim, verim öğeleri ile besin değerleri ve aflatoksin düzeylerinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Khan, H. Z., Malik, M. A., & Saleem, M. F., (2008). Effect of rate and source of organic material on the production potential of spring maize (*Zea mays L.*). *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 45(1), 40-43.
- Kırtok, Y. (1998). *Mısır: Üretimi ve Kullanımı*. Kocaelik Basım ve Yayınevi. İstanbul.
- Koca, Y. O. (2009). *Aydın bölgesinde, birinci ve ikinci ürün mısırdaki (Zea mays L.) verim, verim öğeleri, fizyolojik ve diğer bazı özellikler arasındaki farklılıklar*. Doktora Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.

- Konuşkan, Ö., Atış, İ., & Gözübenli, H., (2015). Hatay amik ovası ana ürün koşullarında bazı atdışi mısır çeşitlerinin verim ve verimle ilişkili özellikleri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2), 1-6.
- Korkmaz, A., Kızılkaya, R., Horuz, A., & Sürücü, A., (1999). *Mısır bitkisine uygulanan tavuk gübresinin amonyum sülfat gübresine eşdeğer miktarının belirlenmesi*, Karadeniz Bölgesi Tarım Sempozyumu, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Samsun.
- Mitchell, C. C., & Tu, S., (2005). Long-term evaluation of poultry litter as a source of nitrogen for cotton and corn. *Agronomy Journal*, 97, 399-407
- Morris, D. R., & Lathwell, D. J., (2004). Anaerobically digested dairy manure as fertilizer for maize in acid and alkaline soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 35, 1757-1771
- Neill, M., & Robinson, K., (2001). NMSU Testing organic alternative to chemical fertilizers. *New Mexica State University Research Bulletins*, 6, 2194-2195.
- Öner, F., Aydın, İ., Sezer, İ., Gülümser, A., Özata, E., & Algan, D. (2011). *Bazı silajlık mısır çeşitlerinde verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi*. Türkiye 9. Tarla Bitkileri Kongresi, Bursa.
- Özata, E., Geçit, H. H., Öz, A., & İkincikarakaya, S. Ü. (2013). Atdışi hibrit mısır adaylarının ana ürün koşullarında performanslarının belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 91-98.
- Özdemir, N. (1991). Toprağa karıştırılan organik artıkların toprağın bazı özellikleri ile strüktürel dayanıklılığı ve erozyona duyarlılığı üzerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(1), 56-61.
- Özmen, İ. (2008). *Bazı melez mısır çeşit ve genotiplerinin değişik ekim bölgelerindeki adaptasyon ve uyum yeteneklerinin belirlenmesi üzerine araştırmalar*. Doktora tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, İzmir.
- Öztürk, Y., Özata, E., Erdal, Ş., & Pamukçu, M. (2019). Türkiye’de özel mısır tiplerinin kullanımı ve geleceği. *Uluslararası Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 2(1), 75-90.
- Prasanna, K., Halepyati, A. S., Desai, BK., & Pujari, B. T. (2007). Effect of integrated nutrient management on the productivity and nutrient uptake by maize (*Zea mays L.*). *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 20(4), 833-834.
- Qasim, M., Javed, N., Himayatullah, M., & Subhan, M. (2001). Effect of sewage sludge on the growth of maize crop. *Journal of Biology Science*, 1(2), 52-54.
- Sezer, İ., & Gülümser, A. (1999). *Çarşamba ovasında yetiştirilebilecek mısır çeşitlerinin (zea mays L.) belirlenmesi üzerine bir araştırma*. Türkiye III. Tarla Bitkileri Kongresi, Adana.
- Sezer, İ., & Yanbeyi S. (1997). *Çarşamba ovasında yetiştirilen cin mısırda (Zea mays L.) bitki sıklığı ve azotlu gübrenin tane verimi, verim komponentleri ve bazı bitkisel karakterler üzerine etkisi*. Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi. On Dokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Samsun.
- Shen, W. B., & Yang, H. Q. (2008). Effects of earthworm and microbe on soil nutrients and heavy metals. *Agricultural Sciences in China*, 7(5), 599-605.
- Sözüdoğru, S., Karaca, A., & Haktanır, K. (1996). *Tavuk gübresinin azot mineralizasyonu ve üreaz aktivitesi üzerine etkisi*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 1445, Ankara.
- Şahin, G. (2016). Türkiye’de Gübre Kullanım Durumu ve Gübreleme Konusunda Yaşanan Problemler. *Tarım Ekonomisi Dergisi* 22(1), 19-32.
- Tagem. (2020). Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü. <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/G%C3%BCbre%20Sekt%C3%B6r%20Politika%20Belgesi%202018-2022.pdf> Erişim: 14 Temmuz 2020.
- TMO. (2017). Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü. 2016 Yılı Hububat Sektör Raporu. <http://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/hububatsektorraporu2016.pdf> Erişim: 14 Temmuz 2020.
- TOB. (2016). Mardin Tarım ve Orman İl Müdürlüğü, Mardin İli Artuklu İlçesi 2016 Yılı Sulu ve Sulanabilir Arazilerde Mısır (Dane) Maliyet Cetveli.
- TÜİK. (2020). Türkiye İstatistik Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=104&locale=tr> Erişim: 18 Temmuz 2020.

-
- Uzun, A., Öz, M., Karasu, A., Başar, H., Turgut, İ., Göksoy, A.T., & Açıkgöz, E. (2005). Yeşil yem ve gübreleme amacıyla yetiştirilen adi fiğ (*Vicia sativa l.*)'den sonraki mısırın verim özellikleri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(2), 83-96.
- Warman, P .R., & Havard K. A. (1998). Yield vitamin and mineral contents of organically and conventionally grown potatoes and sweet corn. *Agriculture, Ecosystem and Environvant*, 68, 207-216.
- Yılmaz, H. A., & Dokuyucu, T. (1994). *Kahramanmaraş koşullarına uygun ve yüksek verimli makarnalık buğday çeşitlerinin saptanması*. Tarla Bitkileri Kongresi, İzmir.



Research Article

Determination of Optimum Ethanolic Extraction Conditions and Phenolic Profiles of Thyme, Mint, Uckun, Grape Seeds and Green Tea Waste Fiber

Menekşe Bulut^{1*}, Hacer Akpolat², Yusuf Tunçtürk³,
Duried Alwazeer⁴, Ayşe Türkhan⁵

¹Iğdır University, Faculty of Engineering, Research Center for Redox Applications in Foods (RCRAF), Department of Food Engineering, Iğdır, Turkey

²Bayburt University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Bayburt, Turkey

³Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Van, Turkey

⁴Iğdır University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Iğdır, Turkey

⁵Iğdır University, Vocational School of Technical Sciences, Department of Chemistry and Chemical Processing Technologies, Iğdır, Turkey

Received: 21.08.2020

Accepted: 04.10.2020

Keywords:

Antioxidants, antioxidant activity, phenolic compounds, ethanolic extraction

Abstract. The objective of this study was to investigate the effect of different ethanol ratios in extraction solvent as well as the antioxidant properties of five plants. Thyme, mint, uckun, grape seeds and green tea waste fiber was analyzed to determine total phenolic content (TPC) and antioxidant activity by ABTS and DPPH radical scavenging activity assays. Individual phenolic components were analyzed with reverse phase high performance liquid chromatography (HPLC). TPC varied significantly from 2.00 ± 0.27 to 172.68 ± 0.19 mg GAE g⁻¹ dw depending on the plant type and ethanol ratio of the solvent. The effect of ethanol ratio also varied among different plants. HPLC analysis was performed for the extracts showing highest antioxidant activity, and green tea waste fiber (699.89 mg 100 g⁻¹ dw) had the highest concentration of phenolic compounds overall, while mint (173.67 mg 100 g⁻¹ dw) had the lowest amount. Correlations between TPC and antioxidant activity was significant which is comparable to the previous report.

*Corresponding author

gidabenefse@gmail.com

Kekik, Nane, Uçkun, Üzüm Çekirdeği ve Yeşil Çay Çöpü Lifinde Optimum Etanolik Ekstraksiyon Şartlarının ve Fenolik Profillerinin Belirlenmesi

Anahtar kelimeler:

Antioksidan, antioksidan aktivite, fenolik bileşenler, etanolik ekstraksiyon

Özet. Bu çalışmanın amacı beş bitkinin antioksidan özelliklerini ve farklı etanol oranlarının ekstraksiyona etkisini belirlemektir. Kekik, nane, uçkun, üzüm çekirdeği ve yeşil çay çöpü lifinin toplam fenolik madde içeriği (TPC) ve ABTS ve DPPH radikal giderme aktivitesi testleri kullanılarak antioksidan aktiviteleri ölçülmüştür. Bireysel fenolik maddeler ters faz yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) kullanılarak analiz edildi. TPC bitki türü ve çözücü etanol oranına bağlı olarak 2.00 ± 0.27 ile 172.68 ± 0.19 mg GAE g⁻¹ dw arasında değişti. Etanol oranının etkisi farklı bitkiler için değişiklik gösterdi. En yüksek antioksidan aktiviteye sahip ekstraktların HPLC analizleri en yüksek fenolik bileşen konsantrasyonu yeşil çay çöpü lifinde (699.89 mg 100 g⁻¹ dw), en düşük ise nanede (173.67 g 100 g⁻¹ dw) bulundu. Toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite arasında daha önceki çalışmalarda da gösterildiği gibi kayda değer bir korelasyon belirlendi.

**This study was produced from the PhD thesis of the corresponding author.

ORCID ID (By author order)

0000-0003-3902-6403 0000-0002-8335-9005 0000-0001-5240-200X 0000-0002-2291-1628

0000-0001-9052-5924

INTRODUCTION

Many plant species have been studied for their medicinal and health-promoting properties due to their antioxidant activity, anti-inflammatory, antimicrobial, hypolipidemic, and antimutagenic effects and anticarcinogenic potential. Therefore, medicinal plants have long been a focus of interest, and polyphenolic compounds are believed to prevent certain cancer types, cardiovascular diseases, and some other chronic diseases (Wojdylo *et al.*, 2007).

Phenolic compounds have three main classes including phenolic acids, polyphenols and flavonoids with over 4000 compounds found in nature. These secondary metabolites protect plants from oxidative damage, and their protective properties have been utilized by humans as well. Phenolic compounds are found in different parts of the plants such as fruits, leaves, seeds (Roby *et al.*, 2013).

In the last couple of decades, there has been an increasing interest for natural antioxidants, since the synthetic versions have negative impact in the consumers' eyes due to their possible carcinogenic and toxicologic effects (Altmann *et al.*, 1986; Kumar *et al.*, 2015). Although synthetic antioxidants are cheap and widely available with high antioxidant activity, there is a discussion in terms of possible adverse effects, so natural sources for antioxidants have been preferred more in food applications recently (Puangpronpitag and Sittiwet, 2009).

Plants have been used in traditional medicines for thousands of years as a source of health-promoting compounds. Moreover, many research studies on the health benefits of natural antioxidant sources have been released recently making plants popular for the health-conscious consumers. Therefore, there is a great deal of effort to identify natural antioxidant from different plant materials (Krishnaiah *et al.*, 2011).

Extraction of antioxidant compounds from the plants is the first step in their analysis and different solvents have been investigated and reported in the literature (Barizão *et al.*, 2014). However, there is no standard technique to extract phenolic compounds from plant material, and the efficiency of extraction is dependent on the method and solvent (Goli *et al.*, 2005). Since individual phenolic compounds may have different chemical characteristics and polarities, the efficiency of different methods and solvents changes accordingly (Turkmen *et al.*, 2006). The most commonly used extraction solvents are water, ethanol, methanol, acetone and ethyl acetate. Among those, ethanol has been known as an efficient solvent for phenolic compounds and the safety of human consumption is also another advantage of using ethanol rather than other solvents (Dai and Mumper, 2010).

Many studies have investigated analytical methods to determine antioxidant activity in different plant materials. Among these different methods, ABTS+ [2,2'-azino-bis(3ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)] and DPPH[•] (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) scavenging activity assays are the most common methods due to their relative stability and reproducibility (Mariutti *et al.*, 2008; Bahadori, 2018). DPPH[•] is a stable free radical that can be reduced by the presence of a reducing agent i.e. antioxidant causing the loss of its violet color, while ABTS assay measures the antioxidant activity by reacting oxidant radical ABTS^{•+} with a reducing agent i.e. antioxidant causing the loss of its blue-green color (Sridhar and Charles, 2009). While there is a great deal of research on plant antioxidants, antioxidant properties of plants have been usually studied using total phenolic content (TPC) analysis with lack of individual phenolic compound content. Moreover, there are limited studies investigating different plant families and the relationship between structure and antioxidant activity of phenolic compounds. Therefore, the objective of this study was to investigate the effect of ethanol ratio on the extraction of phenolic components and the antioxidant activity of different plant materials (thyme, mint, uçkun, grape seeds, and green tea waste) using total phenolic content (TPC) method and two different radical scavenging activity assays (ABTS and DPPH). After selecting the best extraction method in terms of antioxidant activity, the extracts were evaluated by high performance liquid chromatography (HPLC) to identify and quantify the phenolic compounds of target plants.

MATERIAL AND METHOD

Chemicals

All solvents used in the experiments (methanol, ethanol, hydrochloric acid) were purchased from Merck (Darmstadt, Germany). 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), 2,2'-azinobis (3-ethyl-benzothiazoline-6-sulphonate) (ABTS), Folin Ciocalteu, potassium persulphate, sodium acetate, sodium carbonate, ascorbic acid, Trolox, and gallic acid are all analytical grade and purchased from Sigma Aldrich Co (St. Louis, MO, USA).

Plant Material

The different plant extracts used in the current study were obtained as follows: Thyme (*Thymus vulgaris* L.) was collected from Suveren region in Iğdır (Latitude: 39°48'46.496''N, Longitude: 44°4'43.13''E, Turkey) in May 2017, and whole plant was used in extraction. Mint (*Mentha piperita* L., Turkey) was purchased from a local market in Van (Latitude: 38°29'40" N, Longitude: 43°22'59" E, Turkey), and whole plant was used in extraction. Uckun (*Rheum ribes* L.) was collected from Kağızman region in Kars (Latitude: 40°09'24" N, Longitude: 43°08'03" E, Turkey), and whole plant was used in extraction. Grape seeds (*Vitis vinifera* subsp *vinifera*, Gamay type) was obtained from Tekirdağ Viticulture Research Institute in Tekirdağ (Latitude: 40°58'44" N, Longitude: 27°30'54" E, Turkey). Finally, green tea waste fiber (*Camellia sinensis*) was obtained from Caykur, Directorate General of Tea Enterprise in Rize (Latitude: 41°1'33" N, Longitude: 40°31'8" E, Turkey). Green tea waste fiber is a waste product of green tea packaging facility including all parts of the plant. The fresh plants were dried at room temperature under laboratory conditions.

Extraction Method

After drying the plants at room temperature, the dried plants and grape seeds were milled using a grinder. The phenolic compound extraction was performed according to Brito et al. (2014)'s method with some modifications. One gram of dry plant was extracted with 100 ml of ethanol: water solution in varying ethanol concentrations from 0, 50, 60, 70, 80 and 100% (v:v). To acidify the solution, 0.02 ml of HCl ($\geq 99\%$) was added and stirred using a shaker (Shaking, HZQ-X300, China) at 25 °C for 3 hours. Then, the solution was centrifuged at 3500 xg at 20 °C for 20 min (Heal Force, Neofuge 23 R, China). The supernatant was collected and filtered with Whatman No. 4 filter paper (Whatman International, UK). The remaining plant material on the paper was mixed with 10 mL of the same solvent and left to stand for 15 minutes. It was combined with the previous obtained supernatant. Ethanol evaporation was carried out in the rotary evaporator (Heidoph, Germany) operating at 35°C. The extracts were dried in the lyophilizator (Christ Alpha 1-2 LD Plus, 2015, Germany) to remove water. The freeze-dried samples were collected and stored at -80 C until use. The dried extract samples for analysis were dissolved in ethanol:water (v:v) mixture in varying concentrations (0.25 g dried extract/25 ml of solvent), and stored in the dark at -20°C until analysis.

Determination of Total Phenol Content Assay

Total phenolic content of the extracts was determined using the Folin-Ciocalteu method (Obloh et al., 2017) with slight modifications. Folin-Ciocalteu reagent was prepared in distilled water (10%), and then 2 ml of the Folin-Ciocalteu solution was added to 0.4 ml of the plant extract. The resulting mixture was gently shaken, and 1.6 ml of sodium carbonate (Na_2CO_3) (7.5%) was added and the mixture was vortexed. The reaction was kept in the dark for 30 min. Then, the absorbance of samples was measured using a spectrophotometer (Thermo Scientific Orion Aquamate 8000 Uv-Vis) at 760 nm against a reagent blank (methanol for standard curve and ethanol: water mixture for samples). A standard curve was conducted using different concentrations (0-100 ppm) of gallic acid using the equation (1) with an $R^2 = 0.997$, and total phenolic content of the extracts was calculated and reported as mg gallic acid equivalent (mg GAE) per 1 g dry weight (dw) of plant.

$$Y = 0.008X + 0.276 \quad (1)$$

1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) Free Radical Scavenging Ability

Free radical scavenging activity of the plant samples were determined by DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) assay as described by Blois (1958) with minor modifications. In the assay, 5×10^{-4} mM DPPH was prepared in methanol, kept in the dark overnight in the refrigerator. 100 μL of dissolved sample was added to a mixture of 2600 μL methanol and 300 μL of DPPH (5×10^{-4} mM). After mixing, the samples were kept in the dark for 30 minutes before measuring the absorbance at 515 nm by a spectrophotometer (AquaMate 8000 UV-Vis Spectrophotometer, Thermo Scientific) using methanol as blank. The inhibition concentration (IC50) values of each analytical sample were calculated by plotting inhibition ratios against six different concentrations of the sample to obtain the regression line. Using the regression equation ($y = ax + b$), the concentration level related to the 50% inhibition rate i.e. IC50 (mg L^{-1}) values were calculated for each sample. Both ascorbic acid and Trolox standard solutions at different final levels (0-0.001 mM) were prepared daily. The DPPH radical scavenging activity for each sample was calculated as Trolox equivalent (TE) and ascorbic acid equivalent (AAE), and the inhibition percentages were calculated according to the equation (2) below where AS is sample reading, ABK is blank reading, Ac= MetOH reading:

$$DPHH \text{ inhibition (\%)} = [(ABK - (AS - AC))/ABK] \times 100\% \quad (2)$$

Results were expressed as mean \pm SD of TE and AAE antioxidant capacity for three replicates (mg equivalent g^{-1} dry weight).

ABTS [2,2'-Azinobis (3-Ethylbenzothiazoline-6-Sulphonic Acid)] Free Radical Scavenging Activity Assay

ABTS radical scavenging activities were measured as described previously by Ozgen *et al.* (2006) with some modifications. ABTS (7 mM) stock solution was prepared with 0.0384 g ABTS and 2 ml of 12.25 mM potassium persulfate ($K_2S_2O_8$) and final volume was adjusted to 10 ml with 20 mM sodium acetate buffer (pH 4.5). Then, the solution was kept in the dark at the room temperature for 12-16 h to produce ABTS radical cation ($ABTS^+$) before use. Before performing the measurements, ABTS solution was diluted with 20 mM sodium acetate (CH_3COONa) (pH 4.5) to adjust the absorbance at 0.70 ± 0.01 at 734 nm. Diluted $ABTS^+$ solution (990 μ L) and dissolved extracts or standard solution (10 μ L) was mixed and absorbance was recorded at 734 nm by a spectrophotometer (Thermo Scientific, AQ 8000, USA) exactly after 6 min of initial mixing. A Trolox and ascorbic acid calibration curves were fitted for a concentration range of 2.5-20 μ M. The results were reported as AAE (mg ascorbic acid g^{-1} dw) and TE (mg Trolox g^{-1} dw). The equation for Trolox standard curves (3) has an R^2 of 0.992, and the equation for ascorbic acid (4) has an R^2 of 0.994. The IC50 of each plant sample was also calculated similarly as previously explained in the DPPH method.

$$Y = 4.789X - 0.575 \quad (3)$$

$$Y = 3.785X - 1.469 \quad (4)$$

Quantification of Phenolic Compounds by HPLC-DAD

For HPLC analysis, the samples showing best antioxidant activity with the lowest IC50 values were selected and analyzed for identification of the major phenolic compounds. Reverse phase HPLC analyses were carried out using an Agilent 1260 Infinity HPLC system (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) equipped with a quaternary pump (G1311B), an autosampler (G1329B), and Diode Array Detector (DAD). Chromatographic separation was performed using Agilent Poroshell 120 EC-C18 column (4.6 mm \times 150 mm with an 2.7 μ m particle size). The method described by Brito *et al.* (2014) and Oboh *et al.* (2017) were followed with slight modifications. Samples (10 mg extract) were prepared in 2 ml of acetonitrile: water solution (25:75) and filtered through 0.45 μ m Nylon syringe filters (Millipore) into the HPLC vials. Standards were separately prepared in acetonitrile: water solution (50:50) and various concentration of standards were prepared for obtaining standard curve. Mobile phases consisted of 1% phosphoric acid in water (A) and acetonitrile (B). Gradient elution method was used in two different methods. The first method was for gallic acid, catechin, o- coumaric acid, p-coumaric acid, caffeic acid, ferulic acid, and quercetin, with a mobile phase composition of 17, 17, 30, 40 and 17% of solvent B until 0, 1, 2, 4, 10 min, respectively, at a flow rate of 0.8 mL/min. The second method was applied for chlorogenic acid, syringic acid with a mobile phase composition of 17% B in an 8 min run time at a flow rate of 0.1 mL min^{-1} . Injected amount of sample was 20 μ L for both methods. Chromatography peaks were confirmed by comparing retention times with those of reference standards and by DAD (300;200, 500;100 nm) at fixed column temperature (20°C) [17]. The analyses were performed in triplicates, and the results were reported as mean \pm standard deviation (SD) in mg 100 g^{-1} dw.

Statistical Analysis

Data analysis was performed using SPSS for Windows (Version 25). Three replicates were used for all assays performed and results expressed as mean \pm SD was reported. One-way analysis of variance (ANOVA) was used to determine any significant differences ($p < 0.05$) between groups extracted with different ethanol ratio in the solvents. Duncan's post hoc test was performed for individual differences between groups. Pearson's correlation coefficients were used to evaluate the relationship between antioxidant activity and total phenolic assays as well as the correlation between different antioxidant activity methods.

RESULTS AND DISCUSSION

Total Phenolics

The amount of total phenolics in different plants varied significantly from 2.00 ± 0.27 to 172.68 ± 0.19 mg GAE g⁻¹ dw. depending on the plant type and ethanol ratio of the solvent (Table 1). Among extracts of each plant, the extracts obtained by 100% water gave the highest amount of total phenolics for mint and thyme, however, the lowest amount of total phenolics was found in uckun, green tea waste fiber and grape seeds extracted with 100% water. For mint Bahadori *et al.* (2018) also reported a higher phenolic content in water extraction than methanol extraction. However, Haraguchi *et al.* (2019) reported that ethanolic extracts of *Thymus vulgaris* showed higher content of phenolics than aqueous extracts.

Moreover, TPC in grape seeds were found to be in higher amounts when the extraction solvent is a mixture of water and ethanol compared to pure water extraction (Dalia and Hala, 2006) which is consistent with our results for grape seeds. Extraction efficiency increased up to 50% ethanol and then decreased with further increase of ethanol ratio in solvent, which is consistent with another study evaluating the effect of ethanol on the TPC of grape seed meal (Shi *et al.*, 2003). For green tea waste fiber, we found highest total phenolic amount in 70% ethanol extraction. Similarly, Nadiah and Uthumporn (2005) reported 50% ethanol extraction revealed higher TPC than pure water extraction. The results are consistent in terms of comparing pure water and ethanol: water mixture, although researchers only compared 50% ethanol with 100% water.

Although it was reported that phenolic compounds were usually more soluble in organic solvents compared to water (Turkmen *et al.*, 2006), the efficiency of different solvents was found to be changed for each plant. For thyme, mint, uckun, green tea waste fiber and grape seeds, 0% (49.67 ± 0.11 mg GAE g⁻¹ dw), 0% (37.88 ± 0.06 mg GAE g⁻¹ dw), 70% (78.58 ± 0.38 mg GAE g⁻¹ dw), 70% (172.68 ± 0.19 mg GAE g⁻¹ dw), and 60% (159.31 ± 1.73 mg GAE g⁻¹ dw) ethanol gave the highest amount of total phenolics, respectively. When statistical analysis performed, all the results for TPC using different ratio of solvent was significantly different from each other for thyme, uckun, green tea waste fiber, and grape seeds. For mint, only 80% and 70% ethanolic extracts was not significantly different from each other, but remaining samples were statistically different. Therefore, selection of appropriate ethanol ratio in the extraction solvent can be made individually for each plant according to the highest levels obtained for each plant. The results were comparable to the literature when similar conditions used as in our study in terms of TPC in some plants. For example, Roby *et al.* [23] found 7.30 ± 1.47 mg GAE g⁻¹ dw of total phenolics in thyme while we obtained 7.01 ± 0.13 mg GAE g⁻¹ dw using 100% ethanol extraction. For green tea waste fiber, 50% ethanol extraction revealed 186.83 mg GAE g⁻¹ dw, while we found 98.59 mg GAE g⁻¹ dw using same ratio of ethanol in the extraction solvent. The difference might be due to the plant part used which was green tea waste fiber in our study versus whole green tea (Nadiah and Uthumporn, 2015).

Quantification of Individual Phenolic Compounds

Since total phenolic content analysis does not give information on quantity of individual phenolic compounds, individual phenolic compounds were also investigated using reverse phase HPLC method and results were reported as mg phenolic compound in g dry weight (dw) in Table 2. Different species showed different profile and concentrations of phenolic compounds. Green tea waste fiber (699.89 mg 100 g⁻¹ dw) was found to have the highest concentration of phenolic compounds overall, and mint (173.67 mg 100 g⁻¹ dw) had the lowest amount. The plants tested in this study was found to have different profile of phenolic acids and flavonoids (Table 2). Mint had trans-ferulic acid, catechin, syringic acid, chlorogenic acid, caffeic acid, caffeic acid, gallic acid, o- coumaric acid, p-coumaric acid and quercetin in a decreasing order of amount. Thyme had chlorogenic acid, gallic acid, trans-ferulic acid in high amounts while quercetin, p-coumaric acid, caffeic acid, catechin, o-coumaric acid amounts were very low. Grape seeds had very high amount of catechin ($431,19 \pm 0,01$ mg g⁻¹ dw) and other phenolic compounds were syringic acid, p-coumaric acid, gallic acid, caffeic acid and chlorogenic acid in decreasing order; however, no trans-ferulic acid, o-coumaric acid and quercetin could be detected. Chlorogenic acid was highest in uckun (151.03 ± 0.04 mg g⁻¹ dw), and other phenolic compounds were trans-ferulic acid, catechin, gallic acid, p-coumaric acid, and syringic acid in decreasing order of amount. Green tea waste fiber had high amounts of catechin (198.40 ± 0.60 mg g⁻¹ dw), syringic acid (186.53 ± 0.53 mg g⁻¹ dw) and chlorogenic acid (148.60 ± 0.60 mg g⁻¹ dw), while lower amounts of gallic acid, p-coumaric acid, caffeic acid and very low amounts of quercetin and o-coumaric acid. Among the selected major phenolic compounds, uckun did not have any caffeic acid, o- coumaric acid, and quercetin, while grape seed was lack

Table 1. Total phenolic content and antioxidant activity measured by two different assays in five plants.
Çizelge 1. Beş bitkinin toplam fenolik madde içeriği ve iki farklı yöntem kullanılarak ölçülmüş antioksidan aktivitesi.

Plant	Parts used	E:W (v:v)	TPC	ABTS			DPPH		
				AAE	TE	IC50	AAE	TE	IC50
Thyme	Leaves	100:0	7.01 ± 0.13 ^y	0.02 ± 0.00 ^o	0.03 ± 0.00 ^p	3.65 ± 0.05 ^p	0.01 ± 0.00 ^l	0.02 ± 0.00 ⁿ	0.73 ± 0.04 ⁱ
		80:20	18.34 ± 0.43 ^t	0.08 ± 0.00 ^o	0.10 ± 0.00 ^{nop}	0.82 ± 0.02 ^j	0.04 ± 0.01 ^j	0.06 ± 0.01 ^l	0.74 ± 0.01 ⁱ
		70:30	15.50 ± 0.31 ^v	0.06 ± 0.00 ^o	0.08 ± 0.00 ^{nop}	2.08 ± 0.02 ^m	0.04 ± 0.00 ^{ij}	0.07 ± 0.02 ^k	0.31 ± 0.04 ^{ef}
		60:40	9.53 ± 0.00 ^x	0.08 ± 0.00 ^o	0.09 ± 0.00 ^{nop}	2.87 ± 0.02 ^o	0.04 ± 0.01 ^{ij}	0.07 ± 0.01 ^{jk}	0.45 ± 0.01 ^g
		50:50	2.00 ± 0.27 ^z	0.08 ± 0.00 ^o	0.10 ± 0.00 ^{nop}	8.21 ± 0.01 ^q	0.05 ± 0.00 ^{fghi}	0.09 ± 0.01 ^{ijk}	0.98 ± 0.00 ^j
		0:100	49.67 ± 0.10 ⁿ	0.04 ± 0.00 ^o	0.05 ± 0.00 ^{nop}	11.15 ± 0.05 ^t	0.05 ± 0.00 ^{ghi}	0.08 ± 0.00 ^{ijk}	2.43 ± 0.02 ^l
Mint	Leaves	100:0	11.64 ± 0.11 ^w	0.06 ± 0.00 ^o	0.07 ± 0.00 ^{op}	2.40 ± 0.00 ⁿ	0.02 ± 0.00 ^{kl}	0.03 ± 0.00 ^m	0.42 ± 0.00 ^g
		80:20	23.90 ± 0.09 ^r	0.30 ± 0.00 ^m	0.15 ± 0.20 ^{mno}	0.56 ± 0.01 ^g	0.04 ± 0.00 ^{ij}	0.07 ± 0.01 ^k	0.56 ± 0.01 ^h
		70:30	24.66 ± 0.09 ^r	0.15 ± 0.01 ⁿ	0.19 ± 0.01 ^{mn}	0.63 ± 0.00 ^h	0.05 ± 0.01 ^{hi}	0.08 ± 0.01 ^{jk}	0.53 ± 0.30 ^h
		60:40	22.93 ± 0.21 ^s	0.19 ± 0.00 ⁿ	0.24 ± 0.00 ^m	0.71 ± 0.00 ⁱ	0.05 ± 0.01 ^{ij}	0.08 ± 0.01 ^{jk}	0.52 ± 0.10 ^h
		50:50	17.09 ± 0.21 ^u	0.20 ± 0.01 ⁿ	0.26 ± 0.00 ^m	1.32 ± 0.01 ^l	0.05 ± 0.00 ^{fghi}	0.09 ± 0.01 ^{hij}	0.12 ± 0.01 ^{cd}
		0:100	37.87 ± 0.06 ^p	0.03 ± 0.00 ^o	0.04 ± 0.00 ^{op}	9.47 ± 0.02 ^r	0.02 ± 0.00 ^k	0.04 ± 0.00 ^m	3.06 ± 0.01 ^m
Uckun	Leaves	100:0	60.54 ± 0.21 ^k	0.82 ± 0.00 ^j	1.04 ± 0.02 ⁱ	0.64 ± 0.01 ^h	0.06 ± 0.00 ^{def}	0.10 ± 0.01 ^{efg}	0.34 ± 0.01 ^f
		80:20	55.20 ± 0.00 ^l	0.72 ± 0.01 ^j	0.91 ± 0.00 ^j	0.40 ± 0.00 ^{ce}	0.10 ± 0.01 ^a	0.16 ± 0.01 ^a	0.42 ± 0.01 ^g
		70:30	78.58 ± 0.38 ⁱ	0.52 ± 0.01 ^l	0.66 ± 0.00 ^k	0.50 ± 0.01 ^{fg}	0.10 ± 0.00 ^a	0.16 ± 0.01 ^a	0.25 ± 0.01 ^e
		60:40	44.76 ± 0.29 ^o	0.48 ± 0.00 ^l	0.61 ± 0.00 ^k	0.45 ± 0.01 ^{ef}	0.08 ± 0.01 ^b	0.14 ± 0.01 ^{bc}	0.15 ± 0.01 ^d
		50:50	52.62 ± 1.87 ^m	0.47 ± 0.00 ^l	0.60 ± 0.00 ^k	1.06 ± 0.04 ^k	0.10 ± 0.00 ^a	0.17 ± 0.00 ^a	0.06 ± 0.00 ^{abc}
		0:100	30.66 ± 0.12 ^q	0.04 ± 0.00 ^o	0.05 ± 0.00 ^{op}	9.60 ± 0.13 ^s	0.06 ± 0.01 ^{efgh}	0.09 ± 0.00 ^{ghi}	1.12 ± 0.00 ^k
Green tea	Waste fiber	100:0	45.62 ± 0.08 ^o	1.16 ± 0.06 ⁱ	1.46 ± 0.04 ^h	0.15 ± 0.01 ^b	0.02 ± 0.00 ^{kl}	0.03 ± 0.00 ^m	0.03 ± 0.00 ^a
		80:20	126.88 ± 1.13 ^f	4.42 ± 0.02 ^d	5.59 ± 0.01 ^d	0.10 ± 0.01 ^{ab}	0.09 ± 0.01 ^a	0.16 ± 0.00 ^a	0.12 ± 0.00 ^{cd}
		70:30	172.69 ± 0.19 ^a	6.12 ± 0.08 ^a	7.74 ± 0.14 ^a	0.10 ± 0.00 ^{ab}	0.10 ± 0.01 ^a	0.16 ± 0.01 ^a	0.04 ± 0.00 ^b
		60:40	81.85 ± 0.16 ^h	5.45 ± 0.13 ^b	6.89 ± 0.22 ^b	0.07 ± 0.01 ^a	0.07 ± 0.01 ^{cd}	0.11 ± 0.01 ^{de}	0.05 ± 0.00 ^{abc}
		50:50	98.59 ± 0.00 ^g	0.3 ± 0.01 ^m	0.37 ± 0.00 ^l	0.53 ± 0.03 ^g	0.08 ± 0.00 ^b	0.14 ± 0.00 ^b	0.08 ± 0.00 ^{abcd}
		0:100	6.08 ± 0.00 ^y	1.32 ± 0.02 ^h	1.68 ± 0.00 ^g	0.37 ± 0.01 ^c	0.05 ± 0.01 ^{fghi}	0.09 ± 0.00 ^{ijk}	0.12 ± 0.00 ^{cd}
Grape	Seeds	100:0	129.99 ± 1.07 ^e	0.79 ± 0.00 ^j	1.00 ± 0.06 ^{ij}	0.09 ± 0.01 ^{ab}	0.07 ± 0.00 ^{cd}	0.11 ± 0.01 ^{de}	0.11 ± 0.00 ^{bcd}
		80:20	157.53 ± 0.49 ^b	3.63 ± 0.01 ^e	4.60 ± 0.00 ^e	0.08 ± 0.03 ^{ab}	0.07 ± 0.01 ^{cd}	0.11 ± 0.01 ^{ef}	0.08 ± 0.01 ^{abcd}
		70:30	137.29 ± 0.26 ^c	4.80 ± 0.00 ^c	6.07 ± 0.04 ^c	0.08 ± 0.05 ^{ab}	0.07 ± 0.01 ^{bc}	0.12 ± 0.00 ^{cd}	0.03 ± 0.00 ^a
		60:40	159.31 ± 1.73 ^b	3.65 ± 0.02 ^e	4.62 ± 0.00 ^e	0.09 ± 0.03 ^{ab}	0.06 ± 0.00 ^{defg}	0.10 ± 0.01 ^{fgh}	0.12 ± 0.01 ^{cd}
		50:50	82.55 ± 0.22 ^h	2.21 ± 0.00 ^f	2.79 ± 0.00 ^f	0.06 ± 0.10 ^a	0.06 ± 0.00 ^{cde}	0.11 ± 0.01 ^{ef}	0.06 ± 0.00 ^{abc}
		0:100	49.28 ± 0.25 ⁿ	1.4 ± 0.00 ^g	1.77 ± 0.00 ^g	0.12 ± 0.00 ^{ab}	0.05 ± 0.00 ^{hi}	0.08 ± 0.00 ^{ijk}	0.25 ± 0.01 ^e

Each value is the mean of triplicate determinations ± SD; values within the same column with different letters are significantly different at p < 0.05, E:W : Ethanol:water (v:v), TPC: Total phenolic content (mg GAE g⁻¹ dw), AAE: mg ascorbic acid equivalent g⁻¹ dw, TE: mg Trolox equivalent/g dw.

of trans-ferulic acid, o- coumaric acid, and quercetin. For thyme, syringic acid could not be detected in HPLC analysis which is consistent with literature (Gedikoglu *et al.*, 2019). Roby *et al.* (2013) reported that gallic acid and chlorogenic acid could not be detected by HPLC from methanolic extraction of thyme phenolics. However, in our study, we found considerable amounts of gallic acid (31.13 ± 0.70 mg g⁻¹ dw) and chlorogenic acid (124.29 ± 0.71 mg g⁻¹ dw) in thyme with 70% ethanol extraction. This difference might be due to different solvents used in extraction as well as the variety and growing location of the thyme used in our study (Igdır, Turkey). In a study conducted by Mišan *et al.* (2011), it was reported that in 80% ethanolic extraction of mint does not yield any gallic acid, ferulic acid, or syringic acid, and all other phenolic compound concentrations were very low compared to our study. The reason for the differences might be the use of 50% ethanolic extraction in our study versus 80% in Mišan's study (Mišan *et al.*, 2011). The reason for different results in phenolic compounds might be the use of different type and ratio of solvents, sample preparation methods (lyophilization, conventional drying, etc.) as well as the variety and growth location of plant used in different studies (Beato *et al.*, 2011).

Table 2. Quantitative analysis of major phenolic compounds identified by HPLC in five different plants.

Çizelge 2. HPLC ile tanımlanan major fenolik bileşenlerin kantitatif analizi.

Name of plant	Phenolic acids (mg 100 g ⁻¹ dw)						Flavonoids (mg 100 g ⁻¹ dw)		
	GA	CAA	p-CA	t-FA	o-CA	CGA	SA	QUE	CA
Thyme	31.13±0.70	8.74±0.05	9.25± 0.25	30.76±0.58	6.49±0.39	124.29±0.71	ND	9.33±0.27	6.74±0,04
Mint	11.63±0.14	13.06±0.02	3.12±0.03	41.90±1.10	5.36±0.08	20.51±0.42	24.04±0.06	0.39±0.01	33.66±0,01
Uckun	34.61±0.22	ND	24.81± 0.19	43.01±0,11	ND	151.03±0.04	7.22±0.08	ND	39.33±0.33
GrTWF	64.67±0.68	45.21±0.81	45.76± 0.24	9.93±0,08	0.30±0.10	148.60±0.60	186.53±0.53	0.49±0.29	198.40±0.60
Grape seed	29.63±0.37	18.25±0.25	39.42±0.59	ND	ND	4.10±0.30	70.32±0.33	ND	431.19±0,01

*GA-gallic acid; CAA-caffeic acid; p-CA – p-coumaric acid; t-FA- trans-ferulic acid; o-CA -o- coumaric acid; CGA- Chlorogenic acid; SA-Syringic acid; QUE- quercetin; CA-catechin; GrTWF-Green Tea Waste Fiber ; ND-Not Detected.

Antioxidant Activity Assays

The results are shown in Table 1 with mean values of three replicates and SD. Although the similar relationships were obtained in terms of highest and lowest levels of antioxidant activity in both methods, different results were obtained for ABTS and DPPH assays. Overall, DPPH assay resulted in lower antioxidant activity values than ABTS assay for both AAE and TE. There were also differences between AAE and TE values of the same sample calculated using the same assay. TE values were only slightly higher than AAE values when compared in the same assay with very close values to each other. This result is in accordance with a previous study comparing the antioxidant activity of different reference compounds. The researchers found almost equal activity of ascorbic acid and Trolox using DPPH and ABTS assays (Nenadis *et al.*, 2004). For both assays, AAE and TE values were similar in terms of the highest and lowest values of antioxidant activity among different extracts when results were evaluated in the same assay. The highest antioxidant activity obtained for thyme, mint, uckun, green tea waste and grape seeds were with 50%, 80%, 100%, 70%, and 70% ethanol, respectively, in ABTS assay for both AAE and TE values. On the other hand, using DPPH assay, highest values of antioxidant activity were obtained with 50% ethanol extraction for thyme, mint, and uckun and 70% for green tea fiber waste and grape seeds. While the results from two assays were somewhat consistent in terms of highest antioxidant activity, only mint and uckun samples had different results in different assays. A possible explanation might be the structural differences of two assays and difference in the phenolic compounds of each plant (Kim *et al.*, 2002). In ABTS assay, 80% ethanol extraction showed highest antioxidant activity for thyme, mint, and uckun, while 60% and 50% ethanol extraction showed highest antioxidant activity for green tea fiber waste and grape seeds, respectively. In DPPH assay, 70% ethanol extraction showed highest antioxidant activity for thyme and grape seeds, and 50% ethanol extraction showed highest antioxidant activity for mint and uckun, while green tea fiber waste showed highest antioxidant activity in pure ethanol extraction (Table). TPC determined by Folin Ciocalteu's method showed a significant correlation with antioxidant activity levels overall (Table 3). There were significant correlations ($p=0.01$) between TPC and AAE ($R=0.789$) and TE ($R=0.790$) determined by ABTS, and between TPC and AAE ($R=0.577$) and TE ($R=0.582$) determined by DPPH. The significant correlation values suggest that antioxidant activity of the five plants tested is mainly due to their phenolic compounds. Our results are in accordance with previous work reporting varying correlations between TPC and antioxidant activity assays (ABTS and DPPH) (Piluzza and Bullitta, 2011; Alwazeer and Dham, 2018).

The importance of correlations between TPC and antioxidant activity was shown in Table 3. High correlations were found between TPC and ABTS_AA ($R= 0.789$), and TPC and ABTS_TE ($R= 0.790$). Medium correlations were found between TPC and DPPH_AA ($R= 0.577$), and TPC and DPPH_TE ($R= 0.582$). Also, there was a significant

correlation ($p=0.01$) between IC50 values of ABTS and DPPH assays ($R=0.868$). High correlation could be explained by the similarity of the reactivity of phenolic compounds in tested plants toward both radicals (ABTS and DPPH) (Mariutti et al., 2008).

Table 3. Correlations between total phenolic content and antioxidant activity analysis.

Çizelge 3. Toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite arasındaki korelasyon.

	TPC	ABTS_IC50	DPPH_IC50	ABTS_AA	ABTS_TE	DPPH_AA	DPPH_TE
TPC	1	-.372**	-.333**	.789**	.790**	.577**	.582**
ABTS_IC50		1	.868**	-.403**	-.401**	-.342**	-.345**
DPPH_IC50			1	-.398**	-.398**	-.399**	-.405**
ABTS_AA				1	1.000**	.429**	.431**
ABTS_TE					1	.430**	.431**
DPPH_AA						1	.966**
DPPH_TE							1

** Correlation is significant ($p<0.01$).

CONCLUSION

Our focus was investigating the effect of different ratio ethanol:water solvents on the phenolic compositions and antioxidant properties of five different antioxidant-rich plants. For TPC assay, optimum ethanol ratio was 70% for uckun and green tea fiber waste, 60% for grape seed and pure water extraction was optimum for thyme and mint. For ABTS assay, 80% ethanolic extraction showed highest antioxidant activity (lower IC50) for thyme, mint and uckun, while 60% and 50% was optimum for green tea fiber waste and grape seeds, respectively. For DPPH assay, 70% ethanolic extraction showed highest antioxidant activity (lower IC50) for thyme and grape seeds, while 50% ethanol was optimum for mint and uckun, and pure ethanol extraction was best for green tea fiber waste. For two different antioxidant activity assays, different ethanol ratios were optimum for same plant due to the structural differences of DPPH and ABTS assays and differences in the compositions of phenolic compounds of the plants. Our results showed that the plants tested in this study have varying antioxidant activity and TPC. Extracting antioxidant compounds and showing optimum extraction conditions could provide further alternative application in food industry other than traditional utilization of these plants. Additionally, grape seeds and green tea waste fiber were found to have the highest level of TPC as well as highest antioxidant activity. Since grape seeds and green tea waste fiber are the waste products of food industry, they can be utilized in antioxidant compound production to be used in fortification of any product including functional food product development.

CONFLICT OF INTEREST

The authors report that there are no conflicts of interest to declare.

DECLARATION OF AUTHOR CONTRIBUTION

Menekşe Bulut: Conceptualization, Methodology, Formal analysis, Investigation, Writing - original draft. Hacer Akpolat: Formal analysis, Writing - review & editing. Yusuf Tunçtürk: Conceptualization, Methodology, Resources, Supervision. Duried Alwazeer: Conceptualization, Methodology, Resources, Supervision. Ayşe Türkhan: Investigation.

ACKNOWLEDGEMENT

This study was supported by Van Yüzüncü Yıl University, Scientific Research Projects Department (Project number, FDK-2018-6762).

REFERENCES

Altmann, H. J., Grunow, W., Mohr, U., Richter-Reichhelm, H.B., & Wester, P.W. (1986). Effects of BHA and related phenols on the forestomach of rats. *Food and Chemical Toxicology*, 24, 1183–1188.

- Arnao, M. B. (2001). Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: A practical case. *Trends in Food Science and Technology*, 11, 419–421.
- Alwazeer, D., & Dham, S. (2018). Presumptive Relationship between Oxidoreduction Potential and Both Antibacterial and Antioxidant Activities of Herbs and Spices: Oxidoreduction Potential as a Companion Tool for Measuring the Antioxidant Activity. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47, 506–514.
- Bahadori, M. B. (2018). Phenolic composition and functional properties of wild mint (*Mentha longifolia* var. *calliantha* (Stapf) Briq.). *International Journal of Food Properties*, 21, 183–193.
- Barizão, É. O., de Cinque Almeida, V., de Silva, B. C., Visentainer, J. V., Montanher, P. F., & Boeing, J. S. (2014). Evaluation of solvent effect on the extraction of phenolic compounds and antioxidant capacities from the berries: application of principal component analysis. *Chemistry Central Journal*, 8, 1–9.
- Beato, V. M., Orgaz, F., Mansilla, F., & Montañón, A. (2011). Changes in Phenolic Compounds in Garlic (*Allium sativum* L.) owing to the cultivar and location of growth. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66, 218–223.
- Blois, M. S. (1958) Antioxidant Determinations by the Use of a Stable Free Radical. *Nature*, 181, 1199–1200.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 28, 25–30.
- Brito, A., Ramirez, J. E., Areche, C., Sepúlveda, B., & Simirgiotis, M. J. (2014). HPLC-UV-MS profiles of phenolic compounds and antioxidant activity of fruits from three citrus species consumed in Northern Chile. *Molecules*, 19, 17400–17421.
- Dalia, Y., & El-Adawi, H. (2006). Study on grape seeds extraction and optimization: An approach. *Journal of Applied Sciences*, 6, 2944–2947.
- Dai, J., & Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15, 7313–7352.
- Fatiha, B., Didier, H., Naima, G., Khodir, M., Martin, K., Léocadie, K., Caroline, S., Mohamed, C., & Pierre, D. (2015). Phenolic composition, in vitro antioxidant effects and tyrosinase inhibitory activity of three Algerian *Mentha* species: *M. spicata* (L.), *M. pulegium* (L.) and *M. rotundifolia* (L.) Huds (*Lamiaceae*). *Industrial Crops and Products*, 74, 722–730.
- Gedikoğlu, A., Sökmen, M., & Çivit, A. (2019). Evaluation of *Thymus vulgaris* and *Thymbra spicata* essential oils and plant extracts for chemical composition, antioxidant, and antimicrobial properties. *Food Science & Nutrition*, 7, 1704–1714.
- Ghouila, Z., Laurent, S., Boutry, S., Vander Elst, L., Nateche, F., Muller, R. N., & Baalouamer, A. (2017). Antioxidant, antibacterial and cell toxicity effects of polyphenols Fromahmeur bouamer grape seed extracts. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 9, 392.
- Goli, A. H., Barzegar, M., & Sahari, M. A. (2005). Antioxidant activity and total phenolic compounds of pistachio (*Pistachia vera*) hull extracts. *Food Chemistry*, 92, 521–525.
- Haraguchi, H., Saito, T., Ishikawa, H., Date, H., Kataoka, S., Tamura, Y., & Mizutani, K. (1996). Antiperoxidative components in *Thymus vulgaris*. *Planta Medica*, 62, 217–221.
- Kim, D. O., Lee, K. W., Lee, H. J., & C. Y. (2002). Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 3713–3717.
- Krishnaiah, D. Sarbatly, R., & Nithyanandam, R. (2011). A review of the antioxidant potential of medicinal plant species. *Food and Bioproducts Processing*, 89, 217–233.
- Kumar, Y., Yadav, D. N., Ahmad, T., & Narsaiah, K. (2015). Recent Trends in the Use of Natural Antioxidants for Meat and Meat Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14, 796–812.
- Mariutti, L. R. B., Barreto, G. P. D. M., Bragagnolo, N., & Mercadante, A. Z. (2008). Free radical scavenging activity of ethanolic extracts from herbs and spices commercialized in Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51, 1225–1232.
- Mišan, A. Č., Mimica-Dukić, N. M., Mandić, A. I., Sakač, M. B., Milovanović, I. L., & Sedej, I. J. (2011). Development of a Rapid Resolution HPLC method for the separation and determination of 17 phenolic compounds in crude plant extracts. *Central European Journal of Chemistry*, 9, 133–142.
- Nadiah, N. I., & Uthumporn, U. (2015). Determination of phenolic and antioxidant properties in tea and spent tea under various extraction method and determination of catechins, caffeine and gallic acid by HPLC. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 5, 158–164.
- Nenadis, N., Wang, L. F., Tsimidou, M., & Zhang, H. Y. (2004). Estimation of scavenging activity of phenolic compounds using the ABTS•+ assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 15: 4669–4674.
- Nguyen, D. T., Guillarme, D., Rudaz, S., & Veuthey, J. L. (2006). Fast Analysis in Liquid Chromatography Using Small Particle Size and High Pressure. *Journal of Separation Science*, 29, 1836–1848.

- Oboh, G., Ademiluyi, A. O., Ogunsuyi, O. B., Oyeleye, S.I., Dada, A.F., & Boligon, A. A. (2017). Cabbage and cucumber extracts exhibited anticholinesterase, antimonoamine oxidase and antioxidant properties. *Journal of Food Biochemistry*, 41, 1–7.
- Ozgen, M., Reese, R. N., Tulio, A.Z., Scheerens, J. C., & Miller, A. R. (2006). Modified 2,2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) method to measure antioxidant capacity of selected small fruits and comparison to ferric reducing antioxidant power (FRAP) and 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 1151–1157.
- Pfeffer, U., Ferrari, N., Morini, M., Benelli, R., Noonan, D. M., & Albini, A. (2003) Antiangiogenic activity of chemopreventive drugs. *The International Journal of Biological Markers*, 18, 70–74.
- Piluzza, G., & Bullitta, S. (2011). Correlations between phenolic content and antioxidant properties in twenty-four plant species of traditional ethnoveterinary use in the Mediterranean area. *Pharmaceutical Biology*, 49, 240–247.
- Puangpronpitag, D., & Sittiwet, C. (2009). Antimicrobial properties of *Cinnamomum Verum* aqueous extract. *Asian Journal of Biological Sciences*, 249-53.
- Roby, M. H. H., Sarhan, M. A., Selim, K. A. H., & Khalel, K. I. (2013). Evaluation of antioxidant activity, total phenols and phenolic compounds in thyme (*Thymus vulgaris L.*), sage (*Salvia officinalis L.*), and marjoram (*Origanum majorana L.*) extracts. *Industrial Crops and Products*, 43, 827–831.
- Shi, J., Yu, J., Pohorly, J., Young, J. C., Bryan, M., & Wu, Y. (2003). Optimization of the extraction of polyphenols from grape seed meal by aqueous ethanol solution. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 1, 42-47.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144–158.
- Sridhar, K., & Charles, A. L. (2019). In vitro antioxidant activity of Kyoho grape extracts in DPPH [rad] and ABTS [rad] assays: Estimation methods for EC 50 using advanced statistical programs. *Food Chemistry*, 275, 41–49.
- Turkmen, N., Sari, F., & Velioglu, Y. S. (2006). Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin-Ciocalteu methods. *Food Chemistry*, 99, 835–841.
- Wojdyło, A., Oszmiański, J., & Czemerys, R. (2007). Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. *Food Chemistry*, 105, 940–949.



Araştırma Makalesi

Sulu ve Kuru Koşullarda Farklı Amaranth Türlerine Ait Çeşitlerin Ot Verim Performanslarının Belirlenmesi

Süleyman Temel^{1*}, Bilal Keskin¹, Selma Çakmakçı¹, Ramazan Tosun²

¹Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Iğdır

²Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Iğdır

Geliş tarihi (Received): 01.09.2020

Kabul tarihi (Accepted): 05.10.2020

Anahtar kelimeler:

Amaranth çeşitleri, Iğdır, ot verim özellikleri, yetiştirme koşulları

Özet. Farklı amaçlar (sebze, dane, süs ve yem bitkisi olarak) için tercih edilen amarantların, ekstrem iklim ve toprak koşullarına toleranslarının yüksek olduğu bilinmektedir. Ancak Ülkemizde yem amacıyla kullanılan amarant türlerinin sulu ve kuru koşullarda ot verim performanslarının değerlendirilmesine yönelik bir çalışma bulunmamaktadır. Mevcut çalışma ile farklı amarant türlerine ait çeşitlerin (Sterk, Helios ve Ultra) ot verimi ve bazı özellikleri (bitki boyu, sap kalınlığı, yaprak sayısı, yaş ot verimi, kuru ot verimi, kuru ot oranı, yaprak, sap ve salkım oranı) sulu ve kuru koşullarda belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla 2017 ve 2018 yıllarında tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseninde 3 tekerrürlü bir çalışma kurulmuştur. Çalışma sonucunda çeşitlerin bitki boyu, sap kalınlığı, yaprak sayısı, yaprak oranı, yaş ot ve kuru ot verimleri sulu koşullarda, kuru ot oranı, sap ve salkım oranları ise kuruda daha yüksek bulunmuştur. Çeşitler açısından en yüksek yaş ot ve kuru ot verimleri Helios çeşidini müteakiben Sterk çeşidinde belirlenmiştir. Ayrıca Sterk ve Helios çeşitlerinin kuru koşullarda azımsanmayacak oranda yaş ot ve kuru ot verimlerine sahip oldukları ortaya konulmuştur. Sonuç olarak yüksek ot verimleri için Sterk çeşidinin sulu koşullarda yetiştirilmesinin uygun olacağı kanısına varılmıştır.

*Sorumlu yazar

stemel33@hotmail.com

Determination of the Hay Yield Performances of Varieties Belonging to Different Amaranth Species in Irrigated and Dry Conditions

Keywords:

Amarant varieties, Iğdır, hay yield properties, growing conditions

Abstract. It is known that amaranths, which are preferred for different purposes (as vegetable, grain, ornamental and fodder crop), have high tolerance to extreme climate and soil conditions. However, in Turkey, there is no study to evaluate the hay yield performances of amaranth species used for feed in irrigated and dry conditions. With the present study, the performances of varieties (Sterk, Helios and Ultra) belonging to different amaranth species in terms of hay yield characteristics (plant height, stem thickness, number of leaf per plant, fresh and dry herbage yields, dry herbage rate, leaf, stem and panicle ratios) in irrigated and dry conditions were tried to be determined. For this purpose, in 2017 and 2018, a study with 3 replications was established according to split plot experimental design on completely randomized blocks. As a result of the study, plant height, stem thickness, leaf number, leaf ratio, fresh herbage and hay yields were found to be higher in irrigated conditions, but dry herbage rate, stem and panicle ratios in dry conditions. In terms of varieties, the highest fresh and dry herbage yields were determined in Sterk variety, following the Helios variety. In addition, it was revealed that Sterk and Helios varieties had a considerable amount of fresh and dry herbage yields in dry conditions. As a result, it has been concluded that it would be appropriate to grow the Sterk variety under irrigated conditions for high forage yields.

GİRİŞ

Son yıllarda küresel ısınmaya bağlı olarak artan kuraklık, pek çok bölgede ekimi yapılan bitki türlerinin ekonomik anlamda yetiştiriciliğini kısıtlamış, hatta bazı coğrafyalarda çoğu türlerin ortamdaki çekilmesine neden olmuştur (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Bu sebepten bilim insanları canlıların yeterli ve dengeli beslenebilmesi için marjinal alanlarda yetişebilen bitki tür ve çeşitlerinin arayışı içerisine girmişlerdir (Pimentel ve ark., 2008; Tan ve Temel, 2012; Tan ve Temel, 2017). Çünkü bu türler sahip oldukları özellikleri ile ekstrem koşullara uyum sağlayarak, stres koşullarında dahi yeter miktarda ve kalitede üretim yapabilmektedirler. *Amaranthus* cinsi içerisinde yer alan türler de, verimsiz topraklara ve kurak iklim koşullarına oldukça dayanıklı olup, yetiştiriciliği yapılan pek çok kültür bitkisinden daha fazla susuzluğa dayanabilmektedirler (Svirskis, 2003; Rezaei ve ark., 2014).

Amarant cinsi içerisinde yer alan genotiplerin çoğu yabancı ot olarak bilinse de (Khan ve ark., 2019), sebze ve tahıl (yüksek protein ve mineral içeriğinden dolayı) olarak kullanılan çok sayıda türü de bünyesinde barındırmaktadır (Svirskis, 2003; Adhikary ve ark., 2020;). Bunun yanında bazı amaran türleri gösterişli çiçek ve yaprak yapılarından dolayı peyzaj bitkisi olarak da değerlendirilmektedir (Mlakar ve ark., 2009; Venskutonis ve Kraujalis, 2013). Ayrıca amaran türlerinin çoğu ekstrem iklim ve toprak koşullarına toleransı yüksek olup, marjinal alanların üretime kazandırılmasında ve yem bitkisi olarak kullanımında önemli avantajlara sahiptir. Özellikle düşük ekim normu ile birim alanda ürettiği kuru madde miktarı (1600 kg da^{-1}) ve yem kalitesinin yüksek olması, kısa vejetasyon süresine ve yüksek yaprak oranına sahip olması nedeniyle amaran türlerinin çoğu hayvan beslenmesinde alternatif yem kaynağı olarak uygun görülmüşlerdir (Acar ve ark., 1999; Svirskis, 2003; Alegbejo, 2013; Sarmadi ve ark., 2016; Leukebandara ve ark., 2019). Sahip olduğu bu özelliklerinden dolayı son yıllarda Amaran türlerine olan ilgi artmış (Peiretti ve ark., 2018) ve farklı amaçlar doğrultusunda çok sayıda bilimsel (adaptasyon, tarımsal v.b.) çalışmalar yürütülmüştür. Araştırma sonuçları amaran tür ve çeşitlerinin ekolojik koşullara ve kültürel uygulamalara aynı tepkiyi göstermediğini ve bu nedenle de birim alandan elde edilen kuru madde verimlerinin farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Mevcut bu sonuçlar göz önünde bulundurularak farklı coğrafyalar için yüksek ot verimine sahip amaran tür ve çeşitlerin belirlenmesi önemlilik arz etmektedir.

Her ne kadar yüksek ot verimlerinin sağlanmasında çeşit seçimi önemli bir faktör ise de, ekim normu, gübreleme ve sulama gibi tarımsal uygulamaların da önemli etkisi bulunmaktadır. Nitekim öncesinde yapılan çalışmalarda birim alandan elde edilen verimlerin ekim normu (Sokoto ve Johnbosco, 2017) ve gübre doz uygulamalardan etkilendiği (Abbasi ve ark., 2012; Dumanoglu ve Geren, 2019; Dlamini ve ark., 2020) ortaya konulmuş ve farklı ekolojiler için uygun ekim normu ve gübre dozları belirlenmeye çalışılmıştır. Diğer taraftan kuraklık stresi (su eksikliği) bitkiyi morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal yönden etkileyerek (Anjum ve ark., 2011; Gao ve ark., 2020) birim alandan elde edilen verimlerin düşmesine neden olmaktadır. Her ne kadar amaranlar susuzluğa dayanıklı olsa da, tüm türlerin kuraklık stresine tepkisi aynı değildir. Bazı genotiplerin su kullanım etkinliği daha yüksek iken, bazı genotiplerin daha düşük olabilmektedir (Liu ve Stutzel, 2004). Bu da yetişme koşullarına (sulu ve kuru) göre bitkilerin verimlerini önemli oranda etkileyebilmektedir. Bu nedenle bölge ekolojisine uygun yüksek verimler üretebilen tür ve çeşitlerin belirlenmesi amacıyla adaptasyon çalışmalarının bir an önce tamamlanması önem arz etmektedir. Nitekim sebze ve dane amaranlarda kuraklık stresi ile ilgili çok sayıda araştırma yürütülmüş ve kuraklık stresinin (su eksikliğine bağlı olarak) artmasıyla çeşitlere bağlı olarak verimlerde önemli düşüşlerin yaşandığı ortaya konulmuştur (Da Silva ve ark., 2019; Grantz ve ark., 2019). Ancak yem amacıyla kullanılan amaranlarda bu tür çalışmalar yok denecek kadar azdır. Sadece Ahrar ve ark. (2020) tarafından 3 farklı yem amaranında farklı sulama seviyelerinin etkisi test edilmiş ve çalışma sonucunda yarayışlı suyun %80'ni tüketildiğinde yapılan sulama ile yaş ve kuru ot verimlerin sırasıyla %62 ve %50 oranında azaldığı belirlenmiştir. Yem amaranları ile az sayıda yürütülen çalışmalarda da genotiplere bağlı olarak yaş ve kuru ot verimlerinde %50'nin üzerinde düşüşlerin yaşandığı rapor edilmiştir. Ancak ülkemizde farklı yetişme koşulları (sulu ve kuru) baz alınarak öncesinde amaran türleriyle yürütülmüş bir çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca mevcut çalışmada incelemeye alınan türlerle ilgili hiçbir adaptasyon çalışması yapılmamıştır.

Mevcut çalışma ile sulu ve kuru koşullarda yetiştirilen *Amaranthus caudatus*, *Amaranthus hybridus* ve *Amaranthus paniculatus* x *Amaranthus nutans* türlerine ait çeşitlerin ot verim özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylelikle sulu ve kuru koşullarda yüksek ot verim performansı gösteren çeşitler ortaya konulmuş olacaktır.

MATERYAL VE METOT

Mevcut araştırma iki yıl süreyle (2017 ve 2018) Türkiye'nin Kuzey Doğusunda yer alan mikro iklim özelliğe sahip Iğdır İlinde yürütülmüştür. Araştırmanın yürütüldüğü bölgenin bazı iklim değerleri Çizelge 1'de sunulmuştur (MGM, 2019). Çizelge 1 incelendiğinde, uzun yıllar ortalamasına göre denemenin yürütüldüğü 2017 ve 2018 yılı

daha kurak geçmiştir. Ayrıca denemenin yürütüldüğü 2017 yılında yağış miktarı, ortalama sıcaklık ve nispi nem 2018 yılına göre daha düşük ölçülmüştür (MGM, 2019). Her iki yılda da ekim öncesi deneme sahasını temsil edecek şekilde toprak örnekleri alınmış ve yapılan analiz sonucu araştırma sahası topraklarının; orta alkali (pH: 8-25-8.45) karakterde, tuz (1.43-1.53 dS/m), organik madde (%1.06-1.15), elverişli fosfor (2.29-2,59 ppm) ve potasyum (1.66-1.90 ppm) içeriği düşük, kireç içeriği yüksek (%10.7-11.4), kalsiyum (15-18 ppm) ve magnezyum (6.2-7.0 ppm) içeriği ise orta seviyede bulunmuştur (Kacar, 2012). Mevcut çalışmada farklı amaran türlerine ait üç çeşit (Sterk, Ultra ve Helios) ve iki yetiştirme koşulu (sulu ve kuru) kullanılmıştır. *Amaranthus hybridus* türüne ait olan Ultra çeşidi, kısa vejetasyon periyotları için Ukrayna'da geliştirilmiştir (Goptsiy ve ark., 2008). Helios, yağ içeriği yüksek dane tipi olup, *Amaranthus caudatus*'a ait bir çeşittir (Yaroshko ve Kuchuk, 2018). Sterk çeşidi ise *Amaranthus paniculatus* x *Amaranthus nutans* türlerinin melez tohumlarına kimyasal mutagen uygulanarak, yüksek nem ve sıcaklık stresine dayanıklı bir çeşit olarak geliştirilmiştir (Jafari ve ark., 2018).

Çizelge 1. Araştırma sahasının bazı iklim özellikleri.

Table 1. Some climatic characteristics of the research area.

Aylar	Toplam yağış miktarı (mm)			Ortalama sıcaklık (°C)			Ortalama nispi nem (%)		
	UYO*	2017	2018	UYO	2017	2018	UYO	2017	2018
Mart	22.3	11.4	16.5	6.9	6.7	12.3	49.6	59.9	51.9
Nisan	38.4	18.1	18.2	13.4	13.4	14.2	49.0	47.2	49.6
Mayıs	48.7	57	69.1	17.5	18.6	18.4	51.0	54	65.5
Haziran	33.9	8.2	31.8	22.3	24.2	23.4	45.7	42.9	54.5
Temmuz	15.0	5.3	5.8	26.1	28.0	29.2	43.3	41.9	42.8
Toplam/Ortalama	158.3	100.0	141.4	17.2	18.2	19.5	47.7	49.2	52.9

*; Uzun yıllar ortalaması.

Tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulan bu çalışmada, ana parsellere yetiştirme koşulları (sulu ve kuru), alt parsellere ise çeşitler yerleştirilmiştir. Ana parseller ve bloklar arasında 5 m, alt parseller arasında ise 1.2 m boşluk bırakılarak, her bir alt parselin alanı 9.8 m² (3.5 m x 2.8 m) olarak ayarlanmıştır. Tohumlar 70 x 15 cm sıra aralığı ve üzeri mesafede olacak şekilde 1.5 cm ekim derinliğinde markörle açılan çizilere elle ekilmişlerdir (Svirskis, 2003). İlk yılki ekimler 14.04.2017 tarihinde, ikinci yıl ekimleri ise 25.03.2018 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Ekim tarihlerindeki bu farklılık toprak ve iklim koşullarının ekim için uygun olmamasından kaynaklanmıştır. Toprak analiz sonuçları göz önünde bulundurularak ekim öncesi dekara 10 kg saf P₂O₅ (%46'lık triple süper fosfat) ve 5 kg saf N (%21'lik amonyum sülfat) gelecek şekilde gübreleme yapılmıştır. Ayrıca bitkiler 30 cm ulaştıklarında ilave 5 kg daha saf azot verilmiştir. (Myers, 1996; Genç ve Acar, 2009). Sulu koşullarda topraktaki yarayıslı suyun %50'si tüketildiği zamanda tekrar tarla kapasitesine gelecek şekilde yağmurlama sulama yöntemiyle sulama yapılmıştır. Ancak kuruda doğal yağış koşulları altında bitkilerin gelişmesi sağlanmış ve hiçbir sulama yapılmamıştır. Yetiştirme süresi boyunca deneme sahasında görülen yabancı otlar elle çekme ve çapalama yöntemiyle kontrol altına alınmıştır.

Çeşitlerin ot hasatları 7.5 cm toprak seviyesinde olacak şekilde çiçeklenme başlangıcında elle yapılmıştır (Fazaeli ve ark., 2011; Leukebandara ve ark., 2015). Ancak çeşitlerin ot hasatları yıllara ve yetiştirme koşullarına göre farklı tarihlerde gerçekleşmiştir. Her iki yılda da kuru koşullarda ilk biçim olgunluğuna gelen çeşit Ultra (ilk yıl; 01.07.2017, ikinci yıl; 20.06.2018) olmuş ve bunu sırasıyla ortalama 10'ar gün aralıklarla Sterk ve Helios çeşitleri takip etmiştir. Ayrıca her iki yılda da suludaki çeşitler, kuru koşullara göre ortalama bir hafta daha geç hasat edilmişlerdir.

Hasat öncesi her bir parselden hasat alanı içerisinde rastgele 10 bitki seçilmiş ve seçilen 10 bitki üzerinden çeşitlerin ortalama bitki boyları (cm), ana sap kalınlıkları (mm) ve bitkide yaprak sayımları (adet) yapılmıştır. Daha sonra kenarlardan birer sıra ve parsel başlarından da 0.5 m'lik alan kenar tesiri olarak bırakılarak, 3.5 m²'lik alan hasat edilmiştir. Hasat sonrası bitkiler sap, yaprak ve salkımlarından ayırt edilerek ayrı ayrı yaş ağırlıkları ölçülmüştür. Sonra bu kısımların ağırlıkları toplanarak önce toplam yaş ağırlıkları, sonrasında ise dekara yaş ot verimleri kg cinsinden belirlenmiştir. Daha sonra ayırt edilen bitki kısımları açık havada 3-4 gün soldurulduktan sonra 70 °C'ye ayarlı kurutma fırınında ağırlıkları sabit oluncaya kadar yine ayrı ayrı kurutulmuş ve sonrasında ise toplam kuru ağırlıkları hesaplanarak, dekara kuru ot verimleri kg cinsinden tespit edilmiştir. En sonunda ise kuru ot verimleri yaş ot verimlerine oranlanarak, çeşitlerin kuru ot oranları hesaplanmıştır (Olorunnisomo ve Ayodele, 2009). Bitkilerin yaprak, sap ve salkım ağırlıkları toplam bitki ağırlığına oranlanarak da yaprak, sap ve salkım oranları belirlenmiştir.

Araştırma sonucunda elde edilen değerler tesadüf bloklarında yıl tekrarlamalı bölünmüş parseller deneme desenine göre JMP 5.0.1 istatistik paket programında varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli çıkan ortalamaların gruplandırılması LSD testine göre yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Amarant türlerine ait çeşitlerin sulu ve kuru koşullardaki ot verim performanslarını ortaya koymak amacıyla yürütülen bu çalışmada; istatistik analiz sonucu üçlü interaksiyonların önemli çıktığı bitki boyu, bitki başına yaprak sayısı, yaş ot verimi, kuru ot verimi, sap ve salkım oranlarına ait parametrelerde ikili interaksiyonlar, ikili interaksiyonların önemli çıktığı kuru ot oranı ve yaprak oranına ait parametrelerde ise ana faktörler üzerinde ayrı ayrı durulmamış, veri sunumu ve tartışması önemli çıkan interaksiyonlara göre yapılmıştır. Ayrıca hiçbir interaksiyonun önemli çıkmadığı ana sap kalınlığında veri sunumu ve tartışması ana faktörler üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Bitki Boyu(cm) ve Bitki Başına Yaprak Sayısı (adet)

Sulu ve kuru koşullarda farklı amaranat çeşitlerinin test edildiği bu çalışmada, bitki boyu ve bitki başına yaprak sayısı üzerinde yıl x yetiştirme koşulu x çeşit interaksiyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P \leq 0.01$). Bitki boyu açısından en yüksek değer 2018 yılında sulu koşullarda yetiştirilen Helios (119.4 cm)'da, en düşük boylanma ise 2017 yılında kuruda yetiştirilen Ultra çeşidinde (44.5 cm) belirlenmiştir (Çizelge 2). Bu, 2017 yılına göre 2018 yılında, kuru koşullara göre suluda bitkilerin kuraklık stresine maruz kalmaması ve bitki gelişimi açısından optimum koşulların olmasından kaynaklanmış olabilir. Çünkü su, bitkilerde hücre genişlemesi ve bölünmesi ile fotosentezi arttırarak, vejetatif gelişmeyi ve boylanmayı arttıran önemli bir çevre faktörüdür (Sağlam, 2004). Nitekim Yarnia ve ark. (2011) kuraklık stres koşullarında amaranat bitkisinin daha kısa bir boylanma gösterdiğini rapor etmişlerdir. Ayrıca Ultra çeşidine göre geçici olan Helios çeşidinin ortam koşullarından daha fazla istifade etmiş olması, buna neden olmuş olabilir. Nitekim geçici çeşitler daha uzun bir gelişme süresine sahip olacağından boylanmaları daha fazla olabilmektedir (Tan ve Temel, 2019). Çizelge 2 incelendiğinde, diğer çeşitlerle kıyaslandığında Sterk çeşidinin bitki boyu 2017 yılında sulu koşullara göre kuruda daha fazla bir azalma (%35.9 oranında) gösterirken, 2018 yılında daha düşük bir azalma (%4.4) göstermiştir. Bu, artan kuraklıkla birlikte bitkinin su kullanım etkinliğinin düşmesinden kaynaklanmış olabilir (Taiz ve Zeiger, 2008). Çünkü çeşitlerin su kullanım etkinliği genetik yapıya bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir (Liu ve Stutzel, 2004). Oluşan bu farklılıklar üçlü interaksiyonun önemli çıkmasına neden olmuştur.

Çizelge 2. Sulu ve kuru koşullarda yetiştirilen amaranat çeşitlerinin bitki boyu ve bitki başına yaprak sayıları.

Table 2. The number of leaf per plant and plant height of amaranat varieties grown in irrigated and dry conditions.

Yıllar (Y)	Yetiştirme koşulları (YK)	Bitki boyu (cm)			Bitki başına yaprak sayısı (adet)		
		Çeşitler (Ç)			Çeşitler (Ç)		
		Helios	Sterk	Ultra	Helios	Sterk	Ultra
2017	Sulu	93.1 c**	100.1 b	58.5 fg	58.3 f**	124.8 a	68.6 e
	Kuru	69.4 e	64.1 ef	44.5 h	53.3 f	73.1 de	28.8 g
2018	Sulu	119.4 a	103.5 b	66.5 e	79.0 cd	132.3 a	86.4 c
	Kuru	84.9 d	98.9 bc	56.0 g	56.6 f	111.9 b	49.0 g
LSD değeri		Y x YK x Ç: 6.3			Y x YK x Ç: 9.8		
C.V. (%)		4.54			7.35		

** , farklı harfleri takip eden ortalamalar %1 seviyesinde önemlidir.

Üçlü interaksiyonun önemli bulunduğu bitki başına yaprak sayısı açısından ise en yüksek yaprak sayısı 132.3 ve 124.8 adet ile sırasıyla 2018 ve 2017 yıllarında suluda yetiştirilen Sterk çeşidinde, en düşük yaprak sayısı ise 49.0 adet ile 2018 yılında kuruda yetiştirilen Ultra çeşidinde belirlenmiştir (Çizelge 2). Bu, kuru koşullara göre su stresi yaşanmayan suluda bitkilerin daha iyi bir boylanma ve vejetatif gelişme göstermesinden kaynaklanmış olabilir. Çünkü su, bitkilerde hücre bölünmesini ve fotosentezi arttırarak, vejetatif gelişmeyi teşvik eden önemli bir çevre faktörüdür (Sağlam, 2004). Ayrıca Tanzin (2018) Amaranat çeşitlerinin bitki boyu ile bitki başına yaprak sayısı arasında önemli ve pozitif bir korelasyonun olduğunu rapor etmiştir. 2017 yılında kuru koşullara göre suluda Helios, Sterk ve Ultra çeşitlerinin yaprak sayısı sırasıyla %8.6, %41.4 ve %58.0 oranında artış gösterirken, 2018 yılında %28.3, %15.4 ve %43.3 oranında bir artış göstermiştir. Dolayısıyla çeşitlerin yıllara ve yetiştirme koşullarına göre farklı tepki vermesi yaprak sayısı açısından üçlü interaksiyonun önemli çıkmasına neden olmuş olabilir.

Sap Kalınlığı (mm)

Yürütülen bu çalışmada sap kalınlığı üzerine yılların önemli bir etkisi bulunmazken, yetiştirme koşulları ve çeşitlerin etkisi %1 ihtimal seviyesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3). Yetiştirme koşulları açısından en yüksek sap kalınlığı 21.25 mm ile sulu koşullarda, en düşük değer ise 17.42 mm ile kuruda belirlenmiştir. Bu beklenen bir sonuçtur. Nitekim bitkilerde büyümenin (boyca uzama ve hacimce genişleme) olabilmesi için hücre bölünmesinin

gerçekleşmesi, bunun için de hücre içerisine yeterli miktarda suyun girmesi gerekmektedir (Gençtan, 2016). Ters durumda hücre bölünmesi ve genişlemesi olmayacağından (Taiz ve Zeiger, 2008), sap (gövde) kalınlığı azalmaktadır (Gallardo ve ark., 2004; Liu ve Stutzel, 2004). Dolayısıyla sulama bitkilerde büyümeyi teşvik eden ve arttıran önemli bir çevre faktörüdür.

Çeşitler açısından incelendiğinde, en yüksek sap kalınlığı 25.33 mm ile Helios çeşidinde, en düşük sap kalınlığı ise 9.72 mm ile Ultra çeşidinde tespit edilmiştir (Çizelge 3). Çeşitlerin genetik yapısı ve çevre koşullarına tepkilerinin farklı olması buna neden olmuş olabilir. Farklı amarant türleri ile yürütülen çalışmalarda da sap kalınlıklarının farklılık gösterdiğini ve çeşitlerin sap kalınlıklarının 15 mm ile 25 mm arasında değiştiğini ifade etmişlerdir (Casini ve Rocca, 2014; Rahnama ve Safaeie, 2017).

Çizelge 3. Sulu ve kuru koşullarda yetiştirilen amarant çeşitlerinin ortalama sap kalınlıkları.

Table 3. The mean stem thicknesses of amarant varieties grown in irrigated and dry conditions.

Yıllar	Yetiştirme koşulları	Çeşitler			Yılların ortalaması
		Helios	Sterk	Ultra	
2017	Sulu	26.63	24.10	9.77	18.15
	Kuru	22.20	18.57	7.63	
2018	Sulu	28.13	25.67	13.20	20.52
	Kuru	24.37	23.50	8.27	
Çeşitlerin ortalaması		25.33 a**	22.96 b	9.72 c	
Yetiştirme Koşullarının ortalaması		Sulu	21.25 a**	Kuru	17.42 b
LSD değeri			Yıl: ö.d., Yetiştirme koşulu: 1.20, Çeşit: 1.47		
C.V. (%)			8.79		

** , aynı satırda farklı harfleri takip eden ortalamalar %1 seviyesinde önemlidir.

Yaş Ot ve Kuru Ot Verimi (kg da⁻¹)

Yaş ot ve kuru ot verimi üzerine yıl x yetiştirme koşulu x çeşit etkisinin sırasıyla %1 ve %5 seviyesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 4. Sulu ve kuru koşullarda yetiştirilen amarant çeşitlerinin yaş ot ve kuru ot verimleri.

Table 4. The fresh and dry herbage yields of amarant varieties grown in irrigated and dry conditions.

Yıllar (Y)	Yetiştirme koşulları (YK)	Yaş ot verimi (kg da ⁻¹)			Kuru ot verimi (kg da ⁻¹)		
		Çeşitler (Ç)			Çeşitler (Ç)		
		Helios	Sterk	Ultra	Helios	Sterk	Ultra
2017	Sulu	5304.5 bc**	5441.3 bc	1327.6 f	880.2 c*	946.9 c	277.6 e
	Kuru	2503.4 e	2194.6 e	568.6 g	461.5 d	553.3 d	104.4 f
2018	Sulu	5762.1 b	7269.8 a	2268.0 e	1113.6 b	1350.3 a	490.3 d
	Kuru	4949.3 c	3910.0 d	694.2 g	888.2 c	832.9 c	117.5 f
LSD değeri		Y x YK x Ç: 573.8			Y x YK x Ç: 134.4		
C.V. (%)		9.43			11.62		

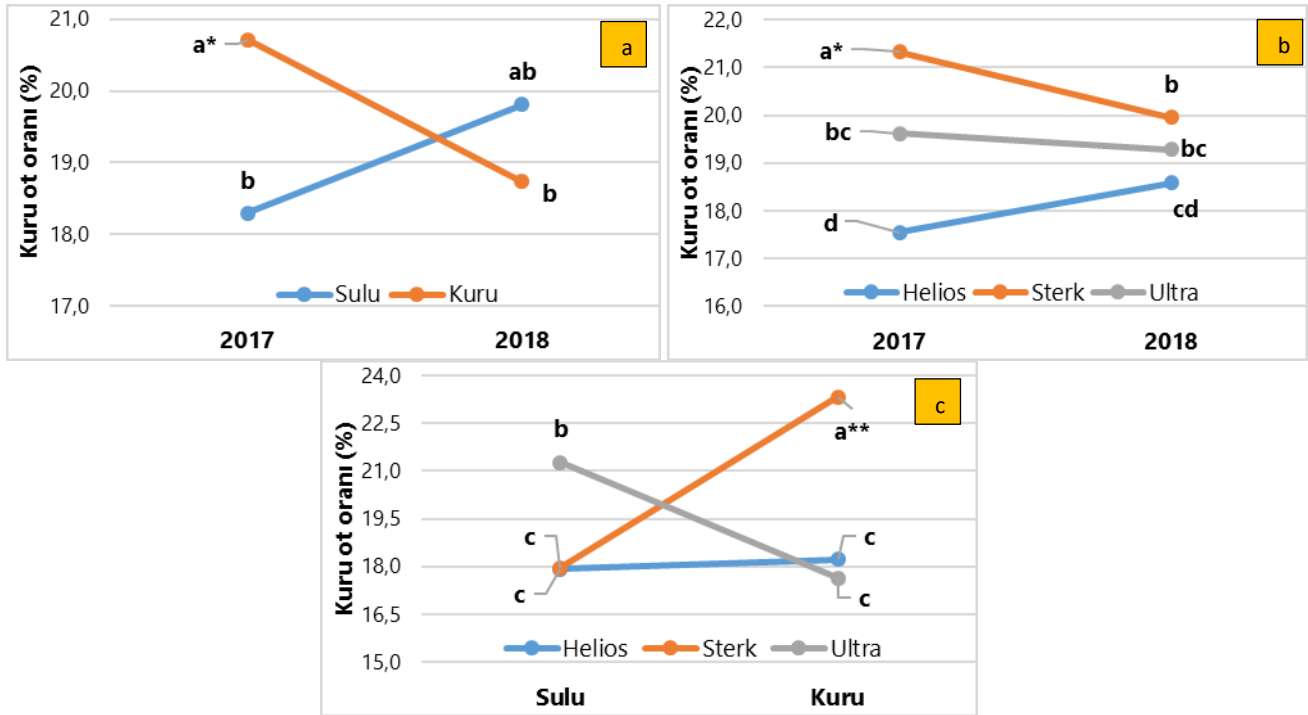
** ve *, farklı harfleri takip eden ortalamalar sırasıyla %1 ve %5 seviyesinde önemlidir.

Çizelge 4 incelendiğinde, sulu koşullarla kıyaslandığında kuruda Helios ve Sterk çeşitlerinin yaş ve kuru ot verimleri 2017 yılına göre 2018 yılında daha düşük bir oranda azalma gösterirken, Ultra çeşidinin ise daha yüksek bir oranda azalma gösterdiği görülmüştür. Buna göre en yüksek yaş ot (7269.8 kg da⁻¹) ve kuru ot (1350.3 kg da⁻¹) verimleri 2018 yılında sulu koşullarda yetiştirilen Sterk çeşidinde, en düşük değerler ise her iki yılda da kuruda yetiştirilen Ultra çeşidinde belirlenmiştir. Bu sonuçlar Svirsakis (2003) ve Abbasi ve ark. (2018) tarafından rapor edilen yaş ot (7000 kg da⁻¹) ve kuru ot (1320 kg da⁻¹) verimleri ile benzerlik göstermektedir. 2018 yılının 2017 yılına göre daha ılıman geçmesi ve kuru koşullara göre suluda kuraklık stresinin daha az olması, bitkilerin daha gümrak bir şekilde gelişmesine neden olabilmektedir. Nitekim Amarant türleri ile öncesinde yürütülen çalışmalarda, kuraklık stresinin artmasıyla çeşitler arasında verimlerin farklılık gösterdiği ve önemli düşüşlerin yaşandığı ortaya konulmuştur (Da Silva ve ark., 2019; Grantz ve ark., 2019). Çünkü su yetersizliği, bitkilerin topraktan besin elementi alımını, taşınmasını ve mineralizasyonunu azaltmaktadır (Bloem ve ark., 1992; Seiffert ve ark., 1995; Garg, 2003). Yine kuru koşullarda artan transpirasyonla birlikte bitkiler kaybettiği suyu alamamakta, bunun sonucu olarak da fotosentez ve dolayısıyla organik madde üretimi azalmaktadır (Öztürk ve Seçmen, 1992; Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Ayrıca diğer çeşitlerle kıyaslandığında Sterk çeşidinin en geçici çeşit olması, ortam koşullarından daha uzun süre istifade etmesine ve daha fazla kuru madde oluşturmaya neden olabilmektedir. Dolayısıyla çeşitlerin farklı genetik yapıya sahip olması, çeşitlerin yıllara göre değişen iklim özellikleri ve yetiştirme koşullarına farklı tepki vermesi yıl x yetiştirme koşulu x çeşit etkisinin önemli çıkmasına neden olmuş olabilir. Nitekim Ahrar ve ark.

(2020) topraktaki nemin %50, %60, %70 ve %80'i tüketildiğinde yapılan sulama ile yem amacıyla kullanılan Amaran genotiplerinin yaş ve kuru ot verimlerinin farklılık gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Yürütülen bu çalışmada araştırmacılar en yüksek yaş ot (5840 kg da⁻¹) ve kuru ot (814 kg da⁻¹) verimlerini su stresi yaşanmayan (topraktaki nemin %50'si tükendiğinde yapılan sulamada) koşullarda yetiştirilen Loura çeşidinde, en düşük yaş (1788 kg da⁻¹) ve kuru ot (316 kg da⁻¹) verimlerini ise şiddetli su stresinin yaşandığı (topraktaki nemin %80'i tükendiğinde yapılan sulamada) ortamda yetiştirilen Kharkovski çeşidinden alındığını belirtmişlerdir.

Kuru Ot Oranı (%)

Mevcut çalışmada kuru ot oranı yıl x yetiştirme koşulu ($P \leq 0.05$), yıl x çeşit ($P \leq 0.05$) ve yetiştirme koşulu x çeşit ($P \leq 0.01$) etkileşimini açısından önemli farklılıklar göstermiştir (Şekil 1). Yıl x yetiştirme koşulu açısından en yüksek kuru ot oranı 2017 yılındaki kuru (%20.7) koşullardan, en düşük oran ise 2017 yılındaki sulu (%18.3) ve 2018 yılındaki kuru (%18.7) koşullardan alınmıştır (Şekil 1a). Yem Amaran çeşitleri ile yürütülen bir çalışmada da kuraklık stresi arttıkça kuru ot oranlarının artış gösterdiği rapor edilmiştir (Ahrar ve ark., 2020). Şekil 1a incelendiğinde, kuru ot oranı 2018 yılına göre 2017 yılında kuruda %9.56 oranında artış gösterirken, suluda %8.31 oranında azalış gösterdiği görülmüş, bu da yıl x yetiştirme koşulu etkileşiminin önemli çıkmasına neden olmuştur. Bu, 2017 yılının 2018 yılına göre daha kurak geçmesi ve kuruda su stresinin daha fazla olmasından kaynaklanmış olabilir. Nitekim bitkiler su sıkıntısının olmadığı topraklarda bünyelerinde daha fazla su bulundurmakta, tersi durumda ise kuru madde yoğunluğu daha fazla olmaktadır (Amede ve ark., 2003).



Şekil 1. Kuru ot oranı üzerine yıl x yetiştirme koşulu (a), yıl x çeşit (b) ve yetiştirme koşulu x çeşit (c) etkileşiminin etkisi.

Figure 1. The effect of year x growing condition (a), year x variety (b) and growing condition x variety (c) interaction on the dry herbage ratio.

* ve ** Farklı harfleri takip eden çizimler sırasıyla %5 ve %1 seviyesinde önemlidir.

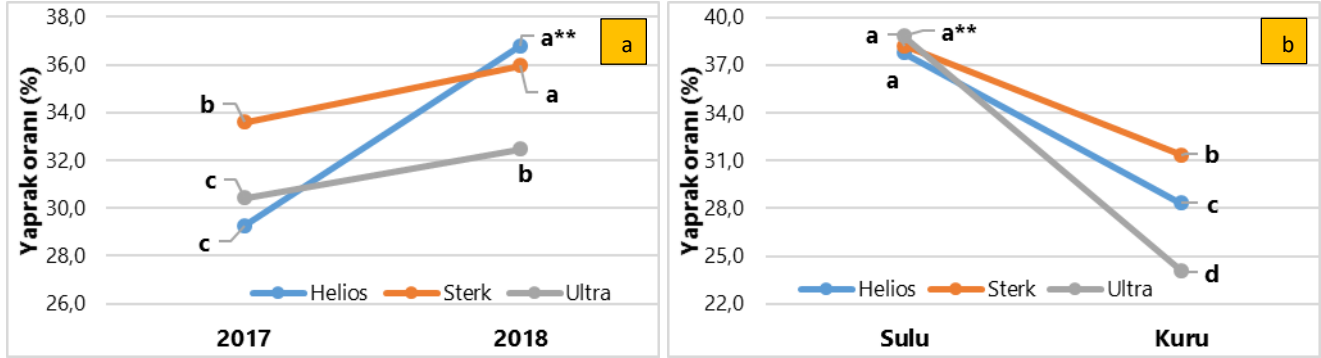
Yıl x çeşit etkileşimini açısından değerlendirildiğinde, 2017 yılına göre 2018 yılında Ultra çeşidinin kuru ot oranı değişmezken, Sterk çeşidinin kuru ot oranı azalmış, Helios çeşidinin kuru ot oranı ise artmıştır (Şekil 1b). Bu da, yıl x çeşit etkileşiminin önemli çıkmasına neden olmuştur. Buna göre en yüksek kuru ot oranı (%21.3) 2017 yılında ekilen Sterk çeşidinde, en düşük oran (%17.6) ise 2017 yılında yetiştirilen Helios çeşidinde belirlenmiştir (Şekil 1b). Konu ile ilgili olarak Ahrar ve ark. (2020) tarafından yürütülen çalışmada da çeşitlerin kuru madde oranlarının %15.81-16.47 arasında değiştiğini, ancak istatistiksel olarak önemli bir farklılığın oluşmadığını ifade etmişlerdir. 2017 yılının 2018 yılına göre daha kurak geçmesi ve Sterk çeşidinin geçici bir çeşit olması buna neden olmuş olabilir. Ayrıca yıllara göre ekim ve biçim zamanlarının farklı tarihlerde yapılmış olması, çeşitlerin ortam koşullarına farklı sürelerde maruz kalmasına neden olabilmektedir. Bu da kuru ot oranı açısından çeşitlerin yıllara göre farklı tepki vermesine neden olmaktadır. Yetiştirme koşulu x çeşit etkileşimini açısından incelendiğinde, kuru koşullara göre suluda Helios çeşidinin kuru ot oranı değişmezken, Ultra çeşidinin kuru oranı artış göstermiş, Sterk çeşidinin kuru ot oranı ise azalış göstermiştir (Şekil 1c). Bu da yetiştirme koşulu x çeşit etkileşiminin önemli

çıkmasına neden olmuştur. Buna göre en yüksek kuru ot oranı %23.3 ile kuruda yetiştirilen Sterk çeşidinde belirlenirken, en düşük oran hem sulu hem de kuruda yetiştirilen Helios çeşidi ile suluda yetiştirilen Sterk ve kuruda ekilen Ultra çeşitlerinde belirlenmiştir. Çeşitlerin yetiştirme koşullarına farklı tepki göstermesi yanında kuruda stres koşullarının daha fazla olması buna neden olmuş olabilir.

Yaprak Oranı (%)

Yaprak oranı, yaprak ağırlığının bitki kısımlarının (yaprak, sap ve salkım) toplam ağırlığına oranı olarak ifade edilmekte olup yem kaynağı olarak kullanılan bitkilerde bu oranın yüksek olması arzu edilir. Çünkü yaprak kısımları diğer kısımlara göre daha yüksek besin içeriğine sahiptir (Önal Aşçı ve Acar, 2018). Yürütülen bu çalışmada yaprak oranı üzerinde yıl x çeşit ve yetiştirme koşulu x çeşit interaksyonunu %1 seviyesinde önemli bulunmuştur (Şekil 2). Yıl x çeşit interaksyonunu açısından incelendiğinde, 2017 yılına göre 2018 yılında Sterk ve Ultra çeşitlerinin yaprak oranı daha düşük bir oranda artış gösterirken, Helios çeşidinin daha yüksek bir oranda artış gösterdiği saptanmıştır. Bu da yıl x çeşit interaksyonunun önemli çıkmasına neden olmuştur. Buna göre en yüksek yaprak oranı 2018 yılında yetiştirilen Helios (%36.8) ve Sterk (%36.0) çeşitlerinde, en düşük oran ise 2017 yılında ekilen Helios (%29.3) ve Ultra (%30.4) çeşitlerinde belirlenmiştir (Şekil 2a). Oluşan bu farklılık, 2018 yılının 2017 yılına göre daha yağışlı geçmesi ve Ultra çeşidine göre Helios ve Sterk çeşitlerinin daha geçici olmalarından kaynaklanmış olabilir. Çünkü daha az stres koşullarına maruz kalan ve daha uzun gelişme süresine sahip bitkiler gelişmelerini optimum seviyede yapabilmekte ve daha fazla vejetatif aksam oluşturabilmektedirler (Temel ve Tan, 2002; Taiz ve Zeiger, 2008).

Yetiştirme koşulu x çeşit interaksyonunu açısından değerlendirildiğinde, sulu koşullara göre kuruda Sterk çeşidinin yaprak oranı %18.0 oranında azalış gösterirken, Ultra çeşidinin ise iki kat daha fazla (%37.9) bir azalış gösterdiği görülmüştür. Bu da, yetiştirme koşulu x çeşit interaksyonunun önemli çıkmasına neden olmuş olabilir (Şekil 2b). Şekil 2b incelendiğinde, suluda yetiştirilen tüm çeşitlerin yaprak oranları en yüksek seviyede olurken, kuruda yetiştirilen Ultra çeşidinin yaprak oranı ise en düşük seviyede kaldığı görülmüştür. Bu, Ultra çeşidinin diğer çeşitlere erkenci olması ve stres koşullarının daha az yaşandığı suluda bitkilerin daha gümrah bir şekilde gelişmesinden kaynaklanmış olabilir. Ayrıca bitki başına yaprak sayısının yüksek olması yaprak ağırlığını ve dolayısıyla yaprak oranının yüksek çıkmasına neden olmuş olabilir. Çünkü Taznin (2018) yaprak ağırlığı ile bitki başına yaprak sayısı arasında önemli ve pozitif bir ilişkinin olduğunu belirtmiştir. Nitekim yürütülen bu çalışmada sulu koşullara göre kuruda, diğer çeşitlere göre Ultra çeşidinin bitki başına yaprak sayısı en düşük seviyede ölçülmüştür (Çizelge 2).



**Farklı harfleri takip eden çizimler %1 seviyesinde önemlidir.

Şekil 2. Yaprak oranı üzerine yıl x çeşit (a) ve yetiştirme koşulu x çeşit (b) interaksyonunun etkisi.

Figure 2. The effect of year x variety (a) and growing condition x variety (b) interaction on the leaf ratio.

Sap ve Salkım Oranı (%)

Araştırmada üçlü interaksyonların sap ve salkım oranı üzerine etkisi istatistik olarak %1 seviyesinde önemli farklılık göstermiştir (Çizelge 5). Yıl x yetiştirme koşulu x çeşit interaksyonunun önemli bulunduğu sap oranında en yüksek oran her iki yılda da kuruda yetiştirilen Helios çeşidinde, en düşük oran ise 2017 yılında kuruda yetiştirilen Ultra çeşidinde (%28.33) ölçülmüştür (Çizelge 5). Diğer çeşitlere göre Helios çeşidinin sap kalınlığının fazla olması (Çizelge 3) ve her iki yılda kuruda yetiştirilen Helios çeşidinin bitki başına yaprak sayısının düşük olması, buna neden olmuş olabilir. Çünkü sap ağırlığı ile sap kalınlığı arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır (Taznin, 2018). Her iki yılda da Ultra çeşidinin sap oranı sulu koşullara göre kuruda azalış gösterirken, Helios ve Sterk çeşitlerinin sap oranı artış göstermiştir. Bu da, sap oranı açısından üçlü interaksyonlarının önemli çıkmasına neden olmuştur. Salkım oranı açısından değerlendirildiğinde, sulu koşullara göre kuruda Helios ve Ultra çeşitlerinin salkım oranı her iki yılda da artış gösterirken, Sterk çeşidinin 2017 yılında %20.1 oranında bir azalış, 2018 yılında ise %5.8

oranında bir artış gösterdiği görülmüştür. Oluşan bu farklılıklar salkım oranı açısından yıl x yetiştirme koşulu x çeşit interaksiyonunun önemli çıkmasına neden olmuş olabilir. Buna göre en yüksek salkım oranı %48.33 ile 2017 yılında kuruda yetiştirilen Ultra çeşidinde, en düşük oran ise %6.53 ile 2018 yılında suluda yetiştirilen Helios çeşidinde belirlenmiştir (Çizelge 5). Ultra çeşidinin diğer çeşitlere göre daha erkenci olması, 2017 yılının 2018 yılına göre daha kurak geçmesi ve nem yetersizliğinden dolayı bitkilerin sulu koşullara göre kuruda daha erken dönemde hasat olgunluğuna gelmesi, sap ve salkım oranlarının farklı çıkmasına neden olmuş olabilir. Çünkü stres koşullarına maruz kalan ve erkenci özelliğe sahip çeşitler yeterli bir vejetatif gelişme sağlamadan generatif aşamaya geçme eğilimindedirler. Bunun sonucu olarak da bitkiler daha düşük bir boylanma ve sap kalınlığına, sonuçta ise daha düşük bir sap verimi ve daha yüksek bir salkım ağırlığına sahip olabilmektedirler. Nitekim yürütülen mevcut çalışmada da sulu koşullara göre kuruda, Ultra çeşidinin diğer çeşitlere göre daha düşük bir boylanma ve sap kalınlığına sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 2; Çizelge 3).

Çizelge 5. Sulu ve kuru koşullarda yetiştirilen amaran çeşitlerinin sap ve salkım oranları.

Table 5. The stem and panicle ratios of amaran varieties grown in irrigated and dry conditions.

Yıllar (Y)	Yetiştirme koşulları (YK)	Sap oranı (%)			Salkım oranı (%)		
		Çeşitler (Ç)			Çeşitler (Ç)		
		Helios	Sterk	Ultra	Helios	Sterk	Ultra
2017	Sulu	55.53 b**	43.87 e	34.47 f	10.77 h1**	19.10 e	28.00 c
	Kuru	58.90 a	54.60 b	28.33 g	16.20 f	15.27 fg	48.33 a
2018	Sulu	51.70 c	48.47 d	36.87 f	6.53 j	12.17 h1	23.03 d
	Kuru	58.37 a	54.57 b	36.07 f	9.83 ı	12.87 gh	39.03 b
LSD değeri		Y x YK x Ç: 2.54			Y x YK x Ç: 2.74		
C.V. (%)		3.14			2.74		

** , farklı harfleri takip eden ortalamalar %1 seviyesinde önemlidir.

SONUÇ

İki yıl süreyle yürütülen mevcut çalışmada; yetiştirme koşullarına (sulu ve kuru) göre çeşitlerin bitki boyu 44.5-119.4 cm, bitki başına yaprak sayısı 28.8-132.3 adet, sap kalınlığı 7.63-28.13 mm, yaş ot verimleri 568.6-7269.8 kg da⁻¹, kuru ot verimleri 104.4-1350.3 kg da⁻¹, kuru ot oranları %17.55-23.32, yaprak oranları %24.10-36.80, sap oranları %28.33-58.90 ve salkım oranları %6.53-48.33 arasında değişim göstermiştir. İncelenen parametreler göz önüne alındığında en yüksek yaş ve kuru ot verimlerinin Sterk ve Helios çeşitlerinden alındığı ortaya konulmuştur. Ayrıca ot verimine önemli katkısı olan bitki başına yaprak sayısı ve yaprak oranı yine en yüksek bu iki çeşitte belirlenmiştir. Yetiştirme koşulları açısından ise kuru ot, sap ve salkım oranı hariç incelenen diğer özelliklerin hepsi sulu koşullarda daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlara göre yüksek ot üretimleri için Sterk ve Helios çeşitlerinin sulu koşullarda yetiştirilmesinin uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca kuruda yetiştirilen Sterk ve Helios çeşitlerinin azımsanmayacak oranda sırasıyla 3052-3726 kg da⁻¹ yaş ot ve 693-694 kg da⁻¹ kuru ot verimlerine sahip oldukları belirlenmiştir. Sonuç olarak sulu koşullara göre kuruda çeşitlerin ot verimleri önemli oranda düşüş gösterse de her iki yetiştirme koşulunda da Sterk ve Helios çeşitlerinin tercih edilmesinin uygun olacağına karar verilmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Makale yazarları arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKISI

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamışlardır.

KAYNAKLAR

- Abbasi, D., Rouzbehan, J., & Rezaei, J. (2012). Effect of harvest date and nitrogen fertilization rate on the nutritive value of amaranth forage (*Amaranthus hypochondriacus*). *Animal Feed Science and Technology*, 171, 6-13.
- Abbasi, M., Rouzbehan, Y., Rezaei, J., & Jacobsen, S. E. (2018). The effect of lactic acid bacteria inoculation, molasses, or wilting on the fermentation quality and nutritive value of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) silage. *Journal of Animal Science*, 96, 3983-3992

- Acar, Z., Sancak, C., & Genç, N. (1999). Horoz İbiği (*Amaranthus*) 'nin Önemi ve Kullanımı. *Ekin dergisi*, 3(8), 71-74.
- Adhikary, D., Khatri-Chhetri, U., & Slaski, J. (2020). Amaranth: An Ancient and High-Quality Whole some Crop. In *Nutritional Value of Amaranth*. Intech Open.
- Ahrar, A., Paknejad, F., Tabatabaei, S. A., Aghayari, F., & Soltani, E. (2020). Evaluation of forage Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) yield via comparing drought tolerance and susceptibility indices. *Italian Journal of Agrometeorology*, 3, 31-40.
- Alegbejo, J.O. (2013). Nutritional value and utilization of amaranthus (*Amaranthus* spp.)-a review. *Bayero journal of pure and applied sciences*, 6, 136-143.
- Amede, T., Schubert, S., & Stahr, K. (2003). Mechanisms of drought resistance in grain legumes, I: Osmotic Adjustment. *Ethiopian Journal of Science and Technology*, 26(1), 37-46.
- Anjum, S. A., Xie, X. Y., Wang, L. C., Saleem, M. F., Man, C., & Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, 6(9), 2026-2032.
- Bloem, J., De Rooter, P. C., Koopman, G. J., Lebbink, G., & Brussaard, L. (1992). Microbial numbers and activity in dried and rewetted arable soil under integrated and conventional management. *Soil Biology and Biochemistry*, 24, 655-665.
- Casini, P., & Rocca, F. L. (2014). *Amaranthus cruentus* L. is suitable for cultivation in Central Italy: field evaluation and response to plant densities. *Italian Journal of Agronomy*, 9(602), 166-175.
- Da Silva, J. G., Bianchini, A., Costa, P. M. C., de Almeida Lobo, F., de Almeida, J. P. M., & de Moraes, M. F. (2019). Amaranth response to water stress. *Journal of Experimental Agriculture International*, 1-9.
- Dlamini, S. N., Masarirambi, M. T., Wahome, P. K., & Oseni, T. O. (2020). The Effects of organic fertilizers on the growth and yield of *Amaranthus hybridus* L.) grown in a lath house. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*, 1-10.
- Dumanoğlu, Z., & Geren, H. (2019). Effect of different nitrogen and phosphorus levels on the herbage yield and some silage characteristics of Amaranth (*Amaranthus mantegazzianus*). *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 56(1), 45-52.
- Fazaeli, H., Ehsani, P., Safayee, A. R., & Mehrani, A. (2011). Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) as a new forage source. *Vth International Conference: Balnimalcon*, 20 October 2011, Bucharest, Romania.
- Garg, B. K. (2003). Nutrient uptake and management under drought: Nutrient-moisture interaction. *Current Agriculture Research Journal*, 27(1/2), 1-8.
- Gallardo, M., Thompson, R. B., Valdez, L. C., & Pérez, C. (2004). Response of stem diameter to water stress in greenhouse-grown vegetable crops. *Acta Horticulturae*, 664, 253-260.
- Gao, S., Wang, Y., Yu, S., Huang, Y., Liu, H., Chen, W., & He, X. (2020). Effects of drought stress on growth, physiology and secondary metabolites of Two Adonis species in Northeast China. *Scientia Horticulturae*, 259(10), 87-95.
- Genç, N., & Acar, Z. (1999). Horozibiği (*Amaranthus* sp.)'nin azot ihtiyacının ot ve tohum veriminin ve bazı özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(3), 65-75.
- Gençtan, T. (2012). *Tarumsal Ekoloji*. Namık Kemal Üniversitesi Ders Kitabı. Genel Yayın: 6 Yayın No:3, Tekirdağ.
- Goptsiy, T., Voroncov, N., Popov, V., Zhyravel, D., & Gromenko, S. (2008). Grain varieties of amaranth developed by selection at Kharkiv National Agrarian University and the perspectives of their use. In *Amaranth-Plant of the Future: 5th International Symposium of the European Amaranth Association*, Nitra, Slovak Republic.
- Grantz, D. A., Paudel, R., & Shrestha, A. (2019). Tolerance of ozone and drought in common waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*). *Journal of Crop Improvement*, 33(2), 236-253.
- Jafari, H. R., Karimi, S., & Alavipoor, F. S. (2018). Environmental planning and management. In: *The Potential for the Use of Mutant Ornamental Plants for Reclamation of Arid Lands*, Cambridge Scholars Publishing.
- Kacar, B. (2012). *Toprak Analizleri*. Nobel Akademik Yayıncılık, Yayın No: 484, Ankara.
- Kalefetoğlu, T., & Ekmekçi, Y. (2005). Bitkilerde kuraklık stresinin etkileri ve dayanıklılık mekanizması. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18(4), 723-740.
- Khan, M. G., Abate, M., Endris, S., & Chaka, A. (2019). A Critical appraisal of amaranths and chenopodium weeds for their harmful and beneficial aspects in context to food security in pastoral area. *Daagu International Journal of Basic & Applied Research*, 1(1), 58-69.
- Leukebandara, I. K., Premaratne, S., & Peiris, B. L. (2015). Nutritive quality of Thampala (*Amaranthus* spp.) as a forage crop in Sri Lanka. *Tropical Agricultural Research*, 26, 624-631.

- Leukebandara, I. K., Premaratne, S., Peiris, B. L., Madugith, T., & Wimalasiri, S. (2019). Study on milk parameters of saanen goats fed with diet containing Amaranth (*Amaranthus Hypochondriacus*) seeds. *International Journal of Agricultural Science*, 4, 45-56.
- Liu, F., & Stutzel, H. (2004). Biomass partitioning, specific leaf area and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to drought stress. *Scientia Horticulturae*, 102(1), 15-27.
- MGM. (2019). *Başbakanlık DMI Genel Müdürlüğü Meteoroloji Bültenleri*, Ankara.
- Mlakar, S. G., Bavec, M., Turinek, M., & Bavec, F. (2009). Rheological properties of dough made from grain amaranth-cereal composite flours based on wheat and spelt. *Czech Journal of Food Science*, 27, 309-319.
- Myers, R. L. (1998). Nitrogen fertilizer effect on grain amaranth. *Agronomy of Journal*, 90, 597-602.
- Olorunnisomo, O., & Ayodele, O. (2009). Effects of intercropping and fertilizer application on the yield and nutritive value of maize and Amaranth forage in Nigeria. *Grass and Forage Science*, 64(4), 413-420.
- Önal Aşçı, Ö., & Acar, Z. (2018). *Kaba Yemlerde Kalite*. Pozitif Matbaacılık ve Ambalaj Sanayi Ticaret Limited Şirketi, Ankara.
- Öztürk, M. A., & Seçmen, Ö. (1992). *Bitki Ekolojisi*. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları No: 141, İzmir.
- Peiretti, P. G. (2018). Amaranth in animal nutrition: A review. *Livestock Research for Rural Development*, 30(5).
- Pimentel, D., Marklein, A., Toth, M. A., Karpoff, M., Paul, G. S., McCormack, R., Kyriazis, J., & Krueger, T. (2008). Biofuel impacts on world food supply: use of fossil fuel, land and water resources, In: *Energies* 1, 41-78.
- Rahnama, A., & Safaeie, A. R. (2017). Performance comparison of three varieties of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) at different harvest Time. *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences*, 3, 1-6.
- Rezaei, J., Rouzbehan, Y., Fazaeli, H., & Zahedifar, M. (2014). Effects of substituting amaranth silage for corn silage on intake, growth performance, diet digestibility, microbial protein, nitrogen retention and ruminal fermentation in fattening lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 192, 29-38.
- Sağlam, A. (2004). *Ağır kuraklık stresi geçirmiş Ctenanthe setosa bitkisinin yeni kuraklık koşullarına adaptasyon yeteneğinin araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sarmadi, B., Rouzbehan, Y., & Rezaei, J. (2016). Influences of growth stage and nitrogen fertilizer on chemical composition, phenolics, in situ degradability and in vitro ruminal variables in amaranth forage. *Animal Feed Science and Technology*, 215, 273-284.
- Seiffert, S., Kaselowsky, J., Jungk, A., & Claassen, N. (1995). Observed and calculated potassium uptake by maize as affected by soil water content and bulk density. *Agronomy of Journal*, 87, 1070-1077.
- Sokoto, M., & Johnbosco, O. (2017). Growth and yield of Amaranths (*Amaranthus* spp.) as influenced by seed rate and variety in Sokoto, Nigeria. *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 2(2), 79-85.
- Svirskis, A. (2003). Investigation of amaranth cultivation and utilisation in Lithuania. *Agronomy Research*, 1(2), 253-264.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2008). *Bitki Fizyolojisi*. Çeviren: Türkan, İ., Palme Yayıncılık, Ankara, 690s.
- Tan, M., & Temel, S. (2012). *Alternatif Yem Bitkileri*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No: 246, Erzurum, 195-207.
- Tan, M., & Temel, S. (2017). Erzurum ve Iğdır şartlarında yetiştirilen farklı kinoa genotiplerinin kuru madde verimi ve bazı özelliklerinin belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7, 257-263.
- Tan, M., & Temel, S. (2019). *Her Yöneye Kinoa, Önemi, Kullanılması ve Yetiştiriciliği*. Iksad Publishing House, Ankara.
- Tanzin, T. (2018). Assessment of growth and yield potential of different vegetable amaranth type In Kleve, Germany. Master Thesis, The Faculty of Life Sciences, Hochschule Rhein-Waal University of Applied Sciences, Kleve, Germany.
- Temel, S., & Tan, M. (2002). Erzurum şartlarında adi fiğ (*Vicia sativa* L.)'in ekim ve hasat zamanlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33 (4), 363-368.
- Venskutonis, P. R., & Kraujalis, P. (2013). Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: A review on composition, properties, and uses, *Comprehensive Reviews in Food Science and Safety*, 12(4), 381-412.
- Yaroshko, O. M., & Kuchuk, M. V. (2018). Agrobacterium-caused transformation of cultivars *Amaranthus caudatus* L. and hybrids of *A. caudatus* L. x *A. paniculatus* L. *International Journal of Secondary Metabolite*, 5, 312-318.
- Yarnia, M., Khorshidi Benam, M. B., Farajzadeh Memari Tabrizi, E., Nobari, N., & Ahmadzadeh, V. (2011). Effect of planting dates and density in drought stress condition on yield and yield components of Amaranth cv. Koniz. *Advances in Environmental Biology*, 5 (6), 1139-1149.



Araştırma Makalesi

Sulu ve Kuru Koşullarda Yetiştirilen Bazı Horoz İbiği Çeşitlerinin Tohum ve Samanında Yem Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi

Bilal Keskin^{1*}, Süleyman Temel¹, Ramazan Tosun², Selma Çakmakçı¹

¹Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Iğdır

²Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Iğdır

Geliş tarihi (Received): 08.09.2020

Kabul tarihi (Accepted): 16.10.2020

Anahtar kelimeler:

Amaranthus, amaranth türleri, tohum ve saman kalitesi, sulu şartlar, kuru şartlar

Özet. Araştırmada *Amaranthus caudatus* türüne ait Helios çeşidi, *Amaranthus paniculatus* x *Amaranthus nutans* türlerinin meleziine ait Sterk çeşidi ve *Amaranthus hybridus* türüne ait Ultra çeşidi kullanılmıştır. Çeşitler kuru ve sulu şartlarda olmak üzere iki farklı ortamda yetiştirilmiştir. Araştırma bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekrürlü olarak 2017-2018 yıllarında 2 yıl süreyle yürütülmüştür. Araştırmada *Amaranthus* çeşitlerinin tohumda ham protein (tohum HP), samanda ham protein (saman HP), samanda nötr çözücülerde çözünemeyen lif (saman NDF), samanda asit çözücülerde çözünemeyen lif (saman ADF), samanda kuru madde sindirilebilirliği (saman KMS), samanda kuru madde tüketim oranı (saman KMT), samanda sindirilebilir enerji (saman SE), samanda metabolik enerji (saman ME), ve samanda nispi yem değeri (saman NYD) belirlenmiştir. Yapılan analiz sonucu incelenen parametreler üzerine yılların (tohum HP, saman NDF ve saman NYD hariç), çeşitlerin ve kuru ve sulu koşulların (tohum HP hariç) etkisi önemli bulunmuştur. Buna göre saman ADF, HP ve KMT 2018 yılında, saman KMS, SE ve ME içeriği ise 2017 yılında daha yüksek bulunmuştur. Yetiştirme koşulları açısından, kuru şartlarda yetiştirilen Amaranth çeşitlerinin samanlarının KMS, KMT, SE, ME ve NYD içerikleri sulu şartlarda yetiştirilmeye göre daha yüksek elde edilmiştir. Tohumda en yüksek ham protein Ultra çeşidinde elde edilirken, samanda en yüksek ham protein Helios çeşidinde elde edilmiştir. Sonuç olarak incelenen parametreler göz önüne alındığında, yüksek tohum ve saman kalitesine sahip Helios çeşidinin hayvan beslenmesinde tercih edilebileceği sonucuna varılmıştır.

*Sorumlu yazar

bilalkeskin66@yahoo.com

Determination of Feed Quality Characteristics of Seed and Straw of Some Amaranth Varieties Grown under Irrigation and Dry Conditions

Keywords:

Amaranthus, amaranth species, seed and straw quality, irrigation condition, dry condition

Abstract. In the study, Helios variety of *Amaranthus caudatus* species, Sterk variety of the *Amaranthus paniculatus* x *Amaranthus nutans* species and Ultra variety of the *Amaranthus hybridus* species were used. The varieties were grown in two different cultivation conditions (dry/irrigation). The research was carried out with 3 replications according to split plot experiment design for 2 years in 2017-2018. In the study, seed crude protein content (CP), straw crude protein content (CP), straw neutral detergent fiber (NDF) rate, straw acid detergent fiber (ADF) rate, straw dry matter digestibility (DMD), straw dry matter intake (DMI) rate, straw digestible energy (DE), straw metabolic energy (ME), and straw relative feed value (RFV) of *Amaranthus* varieties were determined. As a result of the analysis, the effects of years (except seed HP, straw NDF and straw NYD), varieties and cultivation conditions (except seed HP) were found to be significant. Accordingly, straw ADF, HP and KMT content was higher in 2018, while straw KMS, SE and ME content was higher in 2017. DMD, DMI, DE, ME and RFV contents of straw of *Amaranthus* cultivars grown in dry conditions were higher than those grown in irrigation conditions. While the highest crude protein in the seed was obtained in Ultra variety, the highest crude protein in the straw was obtained in Helios variety. As a result, considering the examined parameters, it was concluded that Helios variety with high seed and straw quality can be preferred in animal nutrition.

GİRİŞ

Amaranthus cinsine bağlı 60 kadar tür bulunmaktadır. Amaranthus cinsine bağlı birçok tür yabancı ot olarak bilinmesine rağmen, dünyanın birçok yerinde daneleri kanatlı ve monogastrik hayvanlarında, otu ise insan ve hayvan beslenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Grubbens and van Sloten, 1981; Sauer, 1976; Lee, 2011; Yarnia ve ark., 2011; Özasan ve Kendal, 2014 Ergun ve ark., 2014;). Horoz ibiği bitkisi özellikle ABD, Rusya, Hindistan, Pakistan ve Çin'de üretimi ve ticareti yaygın olarak yapılmakta, Ülkemizde ise sadece yeşil kısımlarından sebze olarak faydalanılmaktadır (Robinson, 1986; Stahlknecht and Schulz-Schaeffer, 1993; Tan ve Temel, 2012; Ergun ve ark., 2014).

Amarant tohumlarındaki protein, yağ ve mineral içeriklerinin yüksek olması (Lehman 1989, Bressani, 1989; Uusikua ve ark., 2010; Caselato-Sousa ve Amaya-Farfàn, 2012; Alegbejo, 2013; Rastogi ve Shukla, 2013; Arendt and Zannini, 2013), tohumlarının gluten içermemesi ve bu nedenle un ve bisküvi endüstrisinde kullanılması (Lee, 2011; Rastogi and Shukla 2013; Hayıt ve Gül, 2017) amarant tohumlarının önemini artırmaktadır. Amaranth bitkileri su streslerine karşı kök derinliklerini artırarak ortamın kurak şartlarına dayanıklılığını artırır (Johnson ve Henderson, 2002). Bu yönleriyle uzun süre kurak şartlara dayanabilirler. Ancak kuraklığın devam etmesi durumunda bitkinin generatif döneme ve hasat olgunluğuna geçmesi hızlanmaktadır (Ergun ve ark., 2014).

Amarant bitkisinin tohum ve yeşil kısımları genel olarak insan gıdası olarak tüketilmesine rağmen, bazı amarant türlerinin otu ve tohumu iyi kalitede hayvan yemi olarak kullanılmaktadır (Pospisil ve ark., 2008; Pospisil ve ark., 2009). Isıl işlem görmüş Amaranth tohumları piliçlerin beslenme diyetlerine belirli oranlarda ilave edilmesi piliçlerin büyümesi üzerine ve yem kullanımı üzerine önemli etkilerinin olacağı bildirilmiştir (Connor ve ark., 1980; Laovoravit ve ark., 1986; Ravindran ve ark., 1996). Amaranth tohumlarında nitrat, saponin ve fenolik bileşiklerinin olması ve herhangi bir ön işlem uygulanmadan yoğunlukla beslenmede kullanılması durumunda bazı toksik problemlerin de olabileceği rapor edilmiştir (Connor ve ark., 1980; Cheeke and Bronson, 1980; Betschart ve ark., 1981; Laovoravit ve ark., 1986). Amaranth bitkilerinin tohum hasadından sonra kalan samanları hayvan beslenmesinde kaba yem olarak kullanılabilmesine karşın, samanların besin içerikleri konusunda herhangi bir çalışma yapılmamış olması bir eksiklik olarak görülmüştür.

Bu araştırma hayvan yetiştiriciliğinin yapıldığı bölgelerde Amaranthus cinsine bağlı bazı tür ve çeşitlerinin sulu ve kuru şartlarda yetiştirilmesi durumunda tohum ve samanlarındaki yem değerlerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL VE METOT

Deneme İğdir Üniversitesine ait Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi araştırma sahasında 2 (iki) yıl süreyle (2017 ve 2018) yürütülmüştür. Çizelge 1 incelendiğinde denemenin kurulduğu bölgenin uzun yıllar iklim değerlerine göre, yıllık toplam yağışı 266.3 mm, ortalama sıcaklık 12.4 °C ve nispi nem ise %54.6 olarak ölçülmüştür (MGM, 2019). Denemenin yürütüldüğü 2018 yılına göre, 2017 yılındaki toplam yağış, ortalama sıcaklık ve ortalama nispi nem daha düşük olduğu görülmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Araştırmanın kurulduğu bölgenin bazı iklim değerleri (MGM, 2019).

Table 1. Some climatic values of the region where the research was established (MGM, 2019).

	2017 yılı	2018 yılı	(1978-2017) yılları
Ortalama Sıcaklık (°C)	12.4	15.1	12.4
Toplam Yağış (mm)	220.8	280.0	266.3
Ortalama Nispi Nem (%)	58.4	60.0	54.6

İğdir Üniversitesi laboratuvarlarında yapılan analizlere göre, deneme alanına ait toprakların organik madde içeriği düşük, kireç içeriği yüksek, az tuzlu ve orta alkali olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Araştırmanın yürütüldüğü topraklara ait bazı özellikler.

Table 2. Some characteristics of the soils where the research was conducted.

pH	Kireç %	EC (Ms cm ⁻¹)	Organik Madde %	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)
8.45	10.7	1.43	1.06	2.29	1.66	15	6.2

Araştırmada kullanılan Helios, *Amaranthus caudatus*'a ait tane tipi bir çeşit olup, yağ içeriği yüksektir (Yaroshko and Kuchuk, 2018; Anonim, 2020). Sterk çeşidi, *Amaranthus paniculatus* x *Amaranthus nutans* türlerinin melezlenmesi ve melezlenen tohumlara kimyasal mutagen uygulanması sonucu elde edilmiş bir çeşittir. Çeşit nem

ve sıcaklık stresine dayanıklı olarak geliştirilmiştir (Jafari ve ark., 2018). Ultra çeşidi, *Amaranthus hybridus* türüne ait bir çeşit olup, kısa vejetasyonu olan bölgeler için geliştirilmiştir. Ukrayna'da 1998 yılında tescil edilmiştir (Martirosyan, 2005; Goptsiy ve ark., 2008).

Deneme 2017 ve 2018 yıllarında ana parsellere yetiştirme şekli (kuru/sulu), alt parsellere çeşitler olmak üzere bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Parseller 3.5 m x 2.8 m olmak üzere 9.8 m² olarak hazırlanmıştır. Bloklar ve parseller arasında 1.5 m boşluk bırakılmıştır. Ekimler 70 cm x 15 cm mesafeler bırakılarak, her iki yılda da 25 Mart'ta ekilmiştir. Ekim sırasında ve bitkiler 30 cm boya ulaştıklarında olmak üzere iki dönemde dekara 5'er kg N hesabıyla %21'lik amonyum sülfat gübresi, yine ekimle birlikte dekara saf olarak 5 kg P₂O₅ hesabıyla %39-41'lik triple süper fosfat gübresi uygulanmıştır. Kuru şartlarda herhangi bir sulama yapılmamış, sulu şartlarda ise bitkinin çiçek açmasından öncesine kadar yağmurlama sulama sistemiyle, sonrasında ise salma sulama sistemiyle sulamalar yapılmıştır. Tohumlar bitkiler kurumaya başladığı ve salkımlar elle ovuşturulduğunda dökülmeye başladığı dönemde hasat edilmiştir. Denemenin birinci yılında (2017 yılı) Ultra çeşidi kuru şartlarda 08.08.2017, sulu şartlarda ise 13.08.2017 tarihinde hasat edilmiştir. Diğer taraftan Sterk ve Helios çeşitleri ise kuru ve sulu şartlarda 11.10.2017 tarihinde hasatları yapılmıştır. Denemenin ikinci yılında (2018 yılı) ise tüm çeşitler kuru ve sulu koşullarında 30.10.2018 tarihinde tohum için hasat edilmiştir.

Her bir parselde kenar tesirleri (parsel kenarlarından birer sıra ve parsel başlarında 50 cm) atıldıktan sonra kalan bitkilerin bağ makası ile kesilerek hasat yapılmış ve tüm bitkiler açık havada kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan bitkiler harman edilerek tohumları ayrılmıştır ve geri kalan tüm bitki kısımları saman olarak adlandırılmıştır (McDonald ve ark., 2011). Amaran tohum ve samanları 70 °C ayarlı etüvde ağırlıkları sabitleşinceye kadar kurumaya bırakılmıştır (Öncel ve ark., 2004; Karabulut ve Canbolat, 2005). Kurutulan tohum ve samanlar 1 mm'lik elek çapına sahip öğütme değirmeninde öğütülmüştür.

Öğütülen tohum ve samantalarda mikro Kjeldahl metoduna göre toplam azot tayinleri yapılmış ve bulunan azot miktarı 6.25 katsayısı ile çarpılarak ham protein oranları belirlenmiştir (AOAC, 1997). Öğütülmüş tohum ve samantalarda NDF ve ADF miktarları Van Soest ve ark. (1991) tarafından tavsiye edilen metot kullanılarak belirlenmiştir. NDF ve ADF miktarlarından yararlanılarak KMS=88.9-(0.779 x %ADF) (Oddy ve ark., 1983); KMT=120/(%NDF) (Sheaffer ve ark., 1995); SE= 0.27 + 0.0428 x (% KMS) (Fonnesbeck ve ark., 1984); ME= 0.821 x SE (Mcal kg⁻¹) (Khalil ve ark., 1986); NYD= (KMS x KMT) /1.29 Sheaffer ve ark. (1995)'in önerdikleri formüllerle belirlenmiştir.

Deneme verileri JMP 5.0.1 istatistik paket programı kullanılarak varyans analizleri hesaplanmış ve önemli çıkan ortalamalar LSD_(0.05) çoklu karşılaştırma testine göre gruplandırılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Sulu ve kuru şartlarda iki yıl süreyle yetiştirilen Helios, Sterk, ve Ultra çeşitlerinin tohumlarının HP oranı ile samanın yem kalite değerlerine ait verilere yapılan varyans analizi sonucu hesaplanan LSD değerleri ve önemlilikleri Çizelge 3'de verilmiştir. Çizelge 3 incelendiğinde tohum HP oranı (yıl, yetiştirme şekli ile yetiştirme şekli x çeşit etkisi hariç), saman HP oranı (yıl x yetiştirme şekli etkisi hariç), saman NDF oranı (yıl ile yıl x yetiştirme şekli x çeşit etkisi hariç), saman ADF oranı, saman KMS oranı, saman KMT oranı (yıl x yetiştirme şekli etkisi hariç), saman SE, saman ME ve saman NYD değeri (yıl, yıl x yetiştirme şekli etkisi hariç) üzerine varyasyon kaynaklarının etkileri önemli bulunmuştur.

Çizelge 3. Araştırmada incelenen tohum ve saman özelliklerine ait LSD değerleri ve önemlilik durumları.

Table 3. LSD values and significance of seed and straw characteristics examined in the study.

Varyasyon kaynakları	Tohum (HP) (%)	Saman (HP) (%)	Saman NDF (%)	Saman ADF (%)	Saman KMS (%)	Saman KMT (%)	Saman SE (Mcal kg ⁻¹)	Saman ME (Mcal kg ⁻¹)	Saman NYD
Yıl	öd	0.44**	öd	0.21**	0.12**	0.04*	0.010**	0.006**	öd
Yetiştirme şekli	öd	0.64**	3.37**	1.02**	0.75**	1.19**	0.034**	0.024**	10.7**
Yıl x Yetiştirme şekli İnt.	0.51*	öd	1.21*	0.80**	0.62*	öd	0.027*	0.021**	öd
Çeşit	0.44*	0.61**	1.05**	0.69**	0.54**	0.05**	0.023**	0.019**	3.2**
Yıl x Çeşit İnt.	0.63*	0.86**	1.49**	0.98**	0.76**	0.07**	0.033**	0.026**	4.5**
Yetiştirme şekli x Çeşit İnt.	öd	0.86**	1.49**	0.98**	0.76**	0.07**	0.033**	0.026**	4.5**
Yıl x Yetiştirme şekli x Çeşit İnt.	0.88**	1.22*	öd	1.39*	1.08*	öd	0.046*	0.037*	öd

** : %1 ihtimal seviyesinde, * : %5 ihtimal seviyesinde önemlidir. öd : Önemli değil.

Tohumda Ham Protein Oranı (%)

Yem kaynaklarında yüksek miktarlarda olması istenen proteinler hayvanların gelişmesi, büyümesi ve doku onarımları üzerine olumlu etkileri bulunmaktadır. Hayvanların yeterli miktarda protein alamaması durumunda büyüme ve gelişmede gerilemeler görülecektir. Protein hayvanların yumurta, süt, et, yapağı ve tüy gelişmesine doğrudan etkilidir (Kutlu ve ark., 2005). Diğer taraftan protein ihtiyaçlarına ilave olarak enerji ihtiyaçlarının da karşılanması hayvanlardan beklenen verim düzeyine ulaşılacak ve hayvanların daha sağlıklı gelişmesini sağlayacaktır (Kutlu ve Özen, 2009).

Sulu ve kuru şartlarda yetiştirilen Amaran çeşitlerinin tohumda ham protein oranları Çizelge 4'de verilmiştir. Çizelge 4 incelendiğinde tohum ham protein içeriği 2017 yılında %16.03, 2018 yılında ise %15.78 olarak belirlenmiş olup yıllar arasında önemli bir fark görülmemiştir. 2017 ve 2018 yılları arasında nem sıcaklık ve yağış yönünden farklılık olmasına rağmen bu farklılıkların tohum ham protein içeriğinde önemli bir değişime neden olmadığı görülmüştür.

Amarant çeşitlerinin tohumunda kuru şartlarda %15.65, sulu şartlarda ise %16.16 ham protein belirlenmiş olup kuru ve sulu şartların tohumdaki ham protein içeriğine etkileri önemli olmamıştır. Benzer olarak kinoa üzerine yapılan bir araştırmada tohum ham protein içeriği kuru şartlarda %12.37, sulu şartlarda ise %12.62 olarak belirlenmiş ve yetiştirme şeklinin tohumdaki ham protein içeriği üzerine etkisinin olmadığı bildirilmiştir (Kır, 2016; Kır ve Temel 2016; Kır ve Temel 2017). Diğer taraftan, Selçuk (2011) ise yaptığı bir araştırmada amaran çeşitlerinin tohum azot içeriğini sulu şartlarda yetiştirilmesi durumunda daha yüksek, kurak şartlarda ise daha düşük bulmuştur.

Amarant çeşitlerinin tohum ham protein içeriklerinde istatistiksel olarak önemli bir değişiklik görülmüştür. En yüksek tohum ham protein içeriği % 16.26 ile Ultra çeşidinde, en düşük tohum ham protein içeriği ise %15.58 ile Sterk çeşidinde belirlenmiştir. Amaran çeşitlerinin genetik özelliklerinin farklı olması tohumlarının içerdiği ham protein miktarında da farklılıklara sebep olmuştur. Amaran çeşitleri üzerine yapılan bir çok çalışmada tohum ham protein oranları %13-21 (Berghofer ve ark., 2002), %16.6 (Arendt ve ark., 2013), %12.5-16.0 (Venskutonis ve Kraujalis, 2013), %15.22-18.55 (Gimplinger ve ark., 2007), %14-18 (Aufhammer ve ark 1999), %18.5-20.1 (Jamriska, 1996), %16.2-16.3 (Pospisil ve ark., 2006), %12.35-18.42 (Olaniyi ve ark., 2008), %15.1-15.4 (Svirskis, 2003) aralıklarında belirlenmiştir. Diğer taraftan alternatif bir bitki olan kinoa üzerine yapılan bir araştırmada çeşitlerin ortalaması olarak tohum ham protein içeriği %12.62 (Kır ve Temel, 2016) ve %15.0 (Keskin ve Önkür, 2019) olarak belirlenmiştir. Diğer alternatif bitkilerle de kıyaslandığında amaran bitkisinin tohumlarındaki ham protein içeriğinin yüksek olduğu görülmektedir.

İki yıl yürütülen araştırmada yıllara, çeşitlere ve yetiştirme şekline göre Amaran tohumlarının ham protein içeriklerinde %15.10 ile %16.93 arasında değişmiştir. Yıl, yetiştirme şekli ve çeşitler birlikte değerlendirildiğinde en yüksek tohum ham protein içeriği %16.93 ile 2018 yılında sulu şartlarda yetiştirilen Ultra çeşidinde, en düşük tohum ham protein oranı %15.10 ile 2018 yılında sulu şartlarda yetiştirilen Sterk çeşidinde belirlenmiştir.

Çizelge 4. Yıl, yetiştirme şekli ve Amaran çeşitlerine göre tohum ham protein oranları (%).

Table 4. According to year, cultivation conditions (dry/irrigation) and Amaran varieties, seed crude protein ratio (%).

Yıllar	Yetiştirme şekli	Çeşitler			Yıl ort.
		Helios	Sterk	Ultra	
2017	Kuru	15.50 cde*	15.23 cde	16.03 bcd	16.03
	Sulu	16.50 ab	16.83 ab	16.10 abc	
2018	Kuru	16.03 bcd	15.17 de	15.97 bcde	15.78
	Sulu	15.50 cde	15.10 e	16.93 a	
Çeşit ort.		15.88 ab	15.58 b	16.26 a	
Yetiştirme şekli ort.		Kuru: 15.65		Sulu: 16.16	

*Aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir.

Samanda Ham Protein Oranı (%)

Amarant çeşitlerinin samanlarındaki ham protein oranları yıllara, çeşitlere ve yetiştirme şekline göre önemli farklar göstermiştir (Çizelge 5). Araştırmanın birinci yılı (2017)'nda saman ham protein içeriği %5.59 olurken, ikinci yılı (2018)'nda %6.51 olarak tespit edilmiştir. Araştırmanın ikinci yılında yağış, sıcaklık ve nem miktarı daha yüksek olması nedeniyle bitkinin yaprak ve dallanma sayısını artırması samanda ham protein içeriğinin de yüksek çıkmasına neden olduğu tahmin edilmektedir.

Amarant çeşitlerinin sulu şartlarda yetiştirilmesi çeşitlerin saman ham protein içeriklerinde artışlara neden olmuştur. Sulu şartlarda saman ham protein içeriği %7.91 iken, kuru şartlarda yetiştirilen amaran çeşitlerinin saman ham protein içerikleri %4.19 olarak belirlenmiştir. Kır (2016) Kinoa bitkisi ile yaptığı bir araştırmada saman ham protein içeriğine kuru ve sulu şartlarda yetiştirmenin etkisini önemsiz bulurken, Selçuk (2011) da amaran

bitkisi ile yaptığı bir araştırmada saman kısımlarının azot içeriğinin sulu şartlarda daha yüksek, kurak şartlarda ise daha düşük olduklarını belirlemiştir. Araştırma bulgularımız Selçuk (2011) tarafından yapılan araştırma sonuçlarına benzerlik göstermektedir.

Çeşitler arasında en yüksek samanda ham protein içeriği %7.61 ile Helios çeşidinde, en düşük oran ise %4.48 ile Ultra çeşidinde belirlenmiştir. Farklı Amaran çeşitleri üzerine yapılan araştırmalarda saman ham protein içeriği %2.55 ile %4.62 (Olaniyi ve ark., 2008) ve %5.9 ile %7.1 (Svirskis, 2003) arasında belirlenmiştir. Diğer bazı tahıl, baklagil ve alternatif yem bitkileri üzerine yapılan araştırmalarda saman ham protein içerikleri *Salsola rutenica*'da (tohum hasat döneminde) %6.21 (Temel ve Keskin, 2019b), *Astragalus gummifer*'de (tohum hasat döneminde) %3.82 (Demir ve Keskin, 2016), *Atraphaxis spinosa*'da (tohum hasat döneminde) %6.95 (Karakuş ve Keskin, 2018), *Sorghum* sp.'de %5.9 ile %8.88 (Temel ve ark., 2017), *Chenopodium quinoa*'da %5.0 (Keskin ve Önkür, 2019) ve %5.44 (Kır ve Temel, 2016), *Triticum aestivum*'da %3.0 ile %3.63 (Yavuz, 2005; Şehu ve ark., 1996; Nurfeta ve ark., 2007; Güngör ve ark., 2008) arasında belirlenmiştir. Yapılan araştırmalar incelendiğinde araştırmada kullanılan Amaran çeşitlerinin, birçok tahıl, baklagil ve alternatif yem bitkilerinin samanlarında bulunan ham protein içeriklerinden daha fazla ham protein içerdikleri görülmektedir.

Yıl, çeşit ve yetiştirme şekli interaksiyonuna göre en yüksek saman ham protein içeriği %11.26 ile 2018 yılında sulu şartlarda yetiştirilen Helios çeşidinde tespit edilmiştir.

Çizelge 5. Yıl, yetiştirme şekli ve Amaran çeşitlerine göre saman ham protein oranları (%).

Table 5. According to year, cultivation conditions (dry/irrigation) and Amaran varieties, straw crude protein ratio (%).

Yıllar	Yetiştirme şekli	Çeşitler			Yıl ort.
		Helios	Sterk	Ultra	
2017	Kuru	4.40 f*	2.83 g	3.73 fg	5.59 b
	Sulu	8.67 bc	7.50 cd	6.43 de	
2018	Kuru	6.10 e	4.43 f	3.67 fg	6.51 a
	Sulu	11.26 a	9.53 b	4.10 f	
Çeşit ort.		7.61 a	6.08 b	4.48 c	
Yetiştirme şekli ort.		Kuru: 4.19 b		Sulu: 7.91 a	

*Aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir.

Samanda NDF Oranı (%)

Neutral Detergent Fiber (NDF) hücre duvarında lifli karbonhidratlar (selüloz ve hemiselüloz), lignin ve sıcaklıkla zarar görmüş proteinleri ve silisyumu içerir. NDF yemin özgül ağırlığının da iyi bir göstergedir. Sindirim sisteminin hacimsel kapasitesi dikkate alındığında, yemdeki NDF miktarı ile hayvanların yem tüketimi arasında da ilişki bulunmaktadır (Kutlu ve ark., 2005).

Yıllara bağlı olarak 2017 yılında saman NDF içeriği %51.8 ve 2018 yılında ise saman NDF içeriği %51.9 olarak gerçekleşmiş olup yıllar arasında saman NDF içeriklerinde önemli bir değişiklik olmamıştır.

Kuru şartlarda yetiştirilen amaran çeşitlerinin saman NDF içeriği %47.7, sulu şartlarda yetiştirilen amaran çeşitlerinin saman NDF içerikleri ise %56.1 olarak belirlenmiştir. Amaran çeşitlerinin kuru şartlarda yetiştirilmesi saman NDF oranında düşüşlere neden olduğu görülmüştür.

Araştırmada kullanılan Helios, Sterk ve Ultra çeşitlerinin saman NDF içerikleri sırasıyla %48.1, %46.9 ve %60.7 olmuştur. Çeşitlerin saman NDF içeriklerinde önemli farklar olduğu görülmüştür. En düşük saman NDF oranı %48.1 ile Helios çeşidinde, en yüksek saman NDF oranı %60.7 ile Ultra çeşidinde tespit edilmiştir. Yapılan bir araştırmada amaran çeşitleri NDF oranlarını %47.8 ile %47.5 arasında belirlemişlerdir (Pospisil ve ark., 2009). Bazı tahıl, baklagil ve alternatif yem bitkileri üzerine yapılan araştırmalarda saman NDF oranları *Salsola rutenica*'da %76.75 (Temel ve Keskin, 2019b), *Astragalus gummifer*'de %74.47 (Demir ve Keskin, 2016), *Atraphaxis spinosa*'da %60.72 (Karakuş ve Keskin, 2018), *Chenopodium quinoa*'da %70.8 (Keskin ve Önkür, 2019), *Triticum aestivum*'da %84.9 (Yavuz, 2005), *Oryza sativa*'da %79.0 (Maneerat ve ark., 2015), *Triticum aestivum*'da %84.0, *Hordeum vulgare*'de %85.9, *Avena sativa*'da %69.7, *Oryza sativa*'da %72.1 (Şehu ve ark., 1996), *Triticum aestivum*'da %74.3 (Nurfeta ve ark., 2007) olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca kuru ot ve silaj olarak hasat edilen bazı yem bitkilerinde de NDF oranları *Vicia sativa*'da %40.63 ile %47.27 (Temel ve ark., 2015), *Chenopodium quinoa*'da %41.2 (Temel ve Keskin, 2019a), *Zea mays*'da %40.24 ile %54.16 (Akdeniz ve ark., 2017), *Sorghum* sp.'de %51.98 ile %65.64 (Temel ve ark., 2017), *Medicago sativa*'da %46.7 ile %54.4 (Yavuz, 2005; Şehu ve ark., 2015) olarak belirlemişlerdir. Hem saman hem de kuru otlardaki NDF içerikleri ile karşılaştırıldığında amaran çeşitlerindeki NDF oranlarının önemli derecede düşük olduğu ve hayvan beslemede yararlı bir yem kaynağı olacağı görülmektedir.

Yıl, çeşit ve yetiştirme şekli interaksiyonuna göre saman NDF içerikleri %39.9 ile %66.4 arasında değişmiştir. En düşük saman NDF oranı %39.9 ile 2018 yılında kuru şartlarda yetiştirilen Sterk çeşidinde, en yüksek saman NDF oranı ise %66.4 ile 2018 yılında sulu şartlarda yetiştirilen Ultra çeşidinde tespit edilmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Yıl, yetiştirme şekli ve Amaran çeşitlerine göre saman NDF oranları (%).

Table 6. According to year, cultivation conditions (dry/irrigation) and Amaran varieties, straw NDF ratio (%).

Yıllar	Yetiştirme şekli	Çeşitler			Yıl ort.
		Helios	Sterk	Ultra	
2017	Kuru	45.2	41.2	55.2	51.8
	Sulu	55.9	56.2	57.4	
2018	Kuru	40.7	39.9	63.9	51.9
	Sulu	50.5	50.1	66.4	
Çeşit ort.		48.1 b*	46.9 c	60.7 a	
Yetiştirme şekli ort.		Kuru: 47.7 b		Sulu: 56.1 a	

*Aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir.

Samanda ADF Oranı (%)

NDF içerisinde hemi-selüloz çıkartılarak Acid Detergent Fiber (ADF) elde edilir. ADF yemin sindirilebilirliği ve hayvanın enerji alımı konusunda fikir vermektedir (Kutlu ve ark., 2005).

Amarantların saman ADF içeriklerinde yıllara, çeşitlere ve yetiştirme şekline göre önemli farklılıklar olmuştur. Araştırmanın ikinci yılında (2018 yılı) daha yüksek saman ADF (%38.7) içeriği, birinci yılda (2017 yılı) ise daha düşük saman ADF (%37.0) içeriği belirlenmiştir.

Kuru ve sulu şartlarda amaran yetiştirilmesi saman ADF içeriklerini önemli derecede etkilemiştir. Buna göre sulu şartlarda yetiştirilen amaranların saman ADF (%41.2) içeriği, kuru şartlarda yetiştirilen amaran saman ADF (%34.6) içeriklerinden daha yüksek tespit edilmiştir (Çizelge 7).

Saman ADF içerikleri Helios, Sterk ve Ultra çeşitlerinde sırasıyla %33.4, %35.3 ve %44.9 olmuştur. Saman NDF içerikleri bakımından çeşitler arasında önemli değişiklikler olduğu tespit edilmiştir. En düşük saman ADF oranı %33.4 ile Helios çeşidinde, en yüksek saman ADF oranı %44.9 ile Ultra çeşidinde tespit edilmiştir. Yapılan bir araştırmada amaran çeşitlerinin çiçeklenme dönemindeki ADF içeriği %34.1 ile %36.4 arasında değiştiğini ve aynı araştırmada kullanılan *Sorghum* sp. bitkisinden daha düşük oranda ADF içeriklerine sahip olduğunu belirlemişlerdir (Pospisil ve ark., 2009). Bazı tahıl, baklagil ve alternatif yem bitkileri üzerine yapılan araştırmalarda saman ADF oranlarını *Salsola rutenica*'da %44.36 (Temel ve Keskin, 2019b), *Astragalus gummifer*'de %57.84 (Demir ve Keskin, 2016), *Atraphaxis spinosa*'da %24.9 (Karakuş ve Keskin, 2018), *Chenopodium quinoa*'da %47.7 (Keskin ve Önkür, 2019), *Triticum aestivum*'da %57.1 (Yavuz, 2005), *Oryza sativa*'da %55.0 (Maneerat ve ark., 2015), *Triticum aestivum*'da %51.2, *Hordeum vulgare*'de %45.2, *Avena sativa*'da %39.1, *Oryza sativa*'da %36.8 (Şehu ve ark., 1996), *Triticum aestivum*'da %49.5 ve %57.50 (Nurfeta ve ark., 2007; Güngör ve ark., 2008) olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca kuru ot ve silaj olarak hasat edilen bazı yem bitkilerinde de ADF oranları *Vicia sativa*'da %28.94 ile %35.71 (Temel ve ark., 2015), *Chenopodium quinoa*'da %24.9 (Temel ve Keskin, 2019a), *Zea mays*'da %20.03 ile %28.30 (Akdeniz ve ark., 2017), *Sorghum* sp'de %27.94 ile %40.44 (Temel ve ark., 2017), *Medicago sativa*'da %37.3 ve %40.1 (Yavuz, 2005; Şehu ve ark., 2015) olarak belirlemişlerdir. Birçok yem bitkisi tür ve çeşitleri ile karşılaştırıldığında Amaran çeşitlerinin ADF içeriklerinin düşük olduğu görülmektedir.

Çizelge 7. Yıl, yetiştirme şekli ve Amaran çeşitlerine göre saman ADF oranları (%).

Table 7. According to year, cultivation conditions (dry/irrigation) and Amaran varieties, straw ADF ratio (%).

Yıllar	Yetiştirme şekli	Çeşitler			Yıl ort.
		Helios	Sterk	Ultra	
2017	Kuru	30.2 f*	29.9 f	40.0 d	37.0 b
	Sulu	37.3 e	41.5 c	43.2 b	
2018	Kuru	29.5 f	29.4 f	48.5 a	38.7 a
	Sulu	36.6 e	40.5 cd	47.9 a	
Çeşit ort.		33.4 c	35.3 b	44.9 a	
Yetiştirme şekli ort.		Kuru: 34.6 b		Sulu: 41.2 a	

*Aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir.

Yıl, yetiştirme şekli ve çeşitlerin saman ADF içerikleri üzerine interaksiyon etkileri önemli bulunmuştur. En düşük saman ADF içeriği %29.4 ile 2018 yılında kuru şartlarda Sterk çeşidinin ekilmesiyle, en yüksek saman ADF içeriği ise %48.5 ve %47.9 ile 2018 yılında Ultra çeşidinin kuru ve sulu şartlarda yetiştirilmesiyle elde edildiği görülmektedir (Çizelge 7).

Samanda KMS Oranı (%)

Yıllara, çeşitlere ve yetiştirme şekline göre amarantların saman KMS içeriklerinde önemli değişimler olmuştur. En yüksek saman KMS içeriği %60.1 ile 2018 yılında, %61.9 ile kuru şartlarda ve %62.9 ile Helios çeşidinde belirlenmiştir. Sulu şartlarda amarant çeşitlerinin ekilmesi saman KMS içeriklerinde düşüslere neden olmuştur. Üçlü interaksiyona göre saman KMS içerikleri %51.2 ile %66.0 arasında değişmiştir. En yüksek saman KMS içeriği %66.0, %65.9, %65.7 ve %65.4 ile kuru şartlarda yetiştirilen Helios ve Sterk çeşitlerinde belirlenmiştir (Çizelge 8).

Saman KMS içerikleri Helios, Sterk ve Ultra çeşitlerinde sırasıyla %62.9, %61.4 ve %54.0 olmuştur. Saman KMS içerikleri bakımından çeşitler arasında önemli değişiklikler olduğu tespit edilmiştir. En yüksek saman KMS oranı %62.9 ile Helios çeşidinde, en düşük saman KMS oranı %54.0 ile Ultra çeşidinde tespit edilmiştir. Bazı tahıl, baklagil ve alternatif yem bitkileri üzerine yapılan araştırmalarda saman KMS oranlarını *Salsola rutenica*'da %54.34 (Temel ve Keskin, 2019b), *Astragalus gummifer*'de %43.83 (Demir ve Keskin, 2016), *Atraphaxis spinosa*'da %61.32 (Karakuş ve Keskin, 2018) olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca kuru ot ve silaj olarak hasat edilen bazı yem bitkilerinde de KMS oranları *Vicia sativa*'da %61.08 ile %66.35 (Temel ve ark., 2015), *Chenopodium quinoa*'da %69.5 (Temel ve Keskin, 2019a), *Zea mays*'da %66.8 ile %73.3 (Akdeniz ve ark., 2017), *Sorghum* sp'de %57.39 ile %67.13 (Temel ve ark., 2017) olarak belirlemişlerdir. Diğer birçok yem bitkisi otu ve samanı ile kıyaslandığında, Amaran çeşitlerinin KMS oranı bakımından yem olarak tavsiye edilecek bir tür olarak görülmektedir.

Çizelge 8. Yıl, yetiştirme şekli ve Amaran çeşitlerine göre saman KMS oranları (%).

Table 8. According to year, cultivation conditions (dry/irrigation) and Amaran varieties, straw DMD ratio (%).

Yıllar	Yetiştirme şekli	Çeşitler			Yıl ort.
		Helios	Sterk	Ultra	
2017	Kuru	65.4 a*	65.7 a	57.8 c	60.1 a
	Sulu	59.9 b	56.6 d	55.3 e	
2018	Kuru	65.9 a	66.0 a	51.2 f	58.7 b
	Sulu	60.4 b	57.3 cd	51.6 f	
Çeşit ort.		62.9 a	61.4 b	54.0 c	
Yetiştirme şekli ort.		Kuru: 61.9 a		Sulu: 56.8 b	

*Aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir.

Samanda KMT Oranı (%)

Saman KMT oranlarına ait değerler Çizelge 9'da verilmiştir. Çizelge 9'a göre saman KMT oranlarında yıllara, çeşitlere ve yetiştirme şekline göre önemli derecede farklılıklar görülmüştür. En yüksek saman KMT oranı %2.40 ile 2018 yılında, %2.61 ile Sterk çeşidinde ve %2.59 ile kuru şartlarda yetiştirilen amarantlarda belirlenmiştir. Amaran bitkilerini sulu şartlarda yetiştirilmesi saman KMT içeriklerinin düşmesine neden olduğu belirlenmiştir. Yıl, yetiştirme şekli ve çeşit interaksiyonuna göre en yüksek KMT oranı %3.00, %2.95 ve %2.91 ile sırasıyla 2018 yılında kuru şartlarda yetiştirilen Sterk çeşidinde, 2018 yılında kuru şartlarda yetiştirilen Helios çeşidinde ve 2017 yılında kuru şartlarda yetiştirilen Sterk çeşidinde belirlenmiştir.

Çizelge 9. Yıl, yetiştirme şekli ve Amaran çeşitlerine göre saman KMT oranları (%).

Table 9. According to year, cultivation conditions (dry/irrigation) and Amaran varieties, straw DMI ratio (%).

Yıllar	Yetiştirme şekli	Çeşitler			Yıl ort.
		Helios	Sterk	Ultra	
2017	Kuru	2.66 b*	2.91 a	2.17 d	2.35 b
	Sulu	2.15 d	2.14 d	2.09 d	
2018	Kuru	2.95 a	3.00 a	1.88 e	2.40 a
	Sulu	2.38 c	2.39 c	1.81 e	
Çeşit ort.		2.53 b	2.61 a	1.99 c	
Yetiştirme şekli ort.		Kuru: 2.59 a		Sulu: 2.15 b	

*Aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir.

Saman KMT içerikleri Helios, Sterk ve Ultra çeşitlerinde sırasıyla %2.53, %2.61 ve %1.99 olmuştur. En yüksek saman KMT oranı %2.61 ile Sterk çeşidinde, en düşük saman KMT oranı %1.99 ile Ultra çeşidinde tespit edilmiştir. Bazı tahıl, baklagil ve alternatif yem bitkileri üzerine yapılan araştırmalarda saman KMT oranlarını *Astragalus gummifer*'de %1.61 (Demir ve Keskin, 2016), *Atraphaxis spinosa*'da %1.97 (Karakuş ve Keskin, 2018) olarak tespit edilmiştir. Ayrıca kuru ot ve silaj olarak hasat edilen bazı yem bitkilerinde de KMT oranları *Chenopodium quinoa*'da %2.91 (Temel ve Keskin, 2019a), *Zea mays*'da %2.22 ile %2.99 (Akdeniz ve ark., 2017), *Sorghum* sp'de %1.83 ile

%2.31 (Temel ve ark., 2017) olarak belirlenmiştir. Birçok yem bitkisi otu ve samanı ile kıyaslandığında, Amaran çeşitlerinin saman KMT oranı bakımından hayvan yemi olabileceğini göstermektedir.

Samanda SE Miktarı (Mcal kg⁻¹)

Yemlerde bir miktar enerji hayvan gübresiyle dışarı atılmaktadır. Toplam enerjiden gübreye atılan enerjinin çıkarılmasıyla kalan enerjiye sindirilebilir enerji (SE) denilmektedir (Kutlu ve ark., 2005).

Saman SE içeriği yıllara, yetiştirme şekline ve çeşitlere göre önemli miktarda değişimler olduğu belirlenmiştir. 2018 yılındaki SE miktarı (2.78 Mcal kg⁻¹)'na göre, 2017 yılındaki SE miktarı (2.84 Mcal kg⁻¹), daha yüksek olmuştur. Çeşitler arasında en yüksek SE miktarı 2.96 Mcal kg⁻¹ ile Helios çeşidinde, en düşük SE miktarı ise 2.58 Mcal kg⁻¹ ile Ultra çeşidinde tespit edilmiştir. Amaran çeşitlerinin kuru şartlarda yetiştirilmesi SE miktar (2.92 Mcal kg⁻¹)'nın daha yüksek olacağı belirlenmiştir. Üçlü interaksyona göre SE miktarları 2.46 Mcal kg⁻¹ ile 3.09 Mcal kg⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek SE miktarı her iki yılda da kuru şartlarda yetiştirilen Helios ve Sterk çeşitlerinde tespit edilmiştir (Çizelge 10).

Çizelge 10. Yıl, yetiştirme şekli ve Amaran çeşitlerine göre saman SE miktarı (Mcal kg⁻¹).

Table 10. According to year, cultivation conditions (dry/irrigation) and Amaran varieties, straw DE amount (Mcal kg⁻¹).

Yıllar	Yetiştirme şekli	Çeşitler			Yıl ort.
		Helios	Sterk	Ultra	
2017	Kuru	3.07 a*	3.08 a	2.74 c	2.84 a
	Sulu	2.83 b	2.69 d	2.64 e	
2018	Kuru	3.09 a	3.09 a	2.46 f	2.78 b
	Sulu	2.86 b	2.72 cd	2.48 f	
Çeşit ort.		2.96 a	2.90 b	2.58 c	
Yetiştirme şekli ort.		Kuru: 2.92 a		Sulu: 2.70 b	

*Aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir.

Bazı tahıl, baklagil ve alternatif yem bitkileri üzerine yapılan araştırmalarda saman SE miktarı *Salsola rutenica*'da 2.60 Mcal kg⁻¹ (Temel ve Keskin, 2019b), *Astragalus gummifer*'de 2.14 Mcal kg⁻¹ (Demir ve Keskin, 2016), *Atraphaxis spinosa*'da 2.89 Mcal kg⁻¹ (Karakuş ve Keskin, 2018) olarak tespit edilmiştir. Ayrıca kuru ot ve silaj olarak hasat edilen bazı yem bitkilerinde SE miktarı *Vicia sativa*'da 2.90 Mcal kg⁻¹ ile 3.10 Mcal kg⁻¹ (Temel ve ark., 2015), *Chenopodium quinoa*'da 3.24 Mcal kg⁻¹ (Temel ve Keskin, 2019a), *Zea mays*'da 3.13 Mcal kg⁻¹ ile 3.40 Mcal kg⁻¹ (Akdeniz ve ark., 2017), *Sorghum sp*'de 2.72 Mcal kg⁻¹ ile 3.14 Mcal kg⁻¹ (Temel ve ark., 2017) olarak bulunmuştur. Yapılan araştırma sonuçlarından da görüleceği üzere bazı yem bitkisi otu ve samanı ile kıyaslandığında, Amaran çeşitlerinin saman SE miktarının yüksek olduğu görülmektedir.

Samanda ME Miktarı (Mcal kg⁻¹)

Sindirilebilir enerji miktarından bir miktar enerji idrar ve metan gazı ile dışarı atılmaktadır. İdrar ve metan gazı ile dışarı atılan bu enerji sindirilebilir enerjiden çıkarıldığında kalan enerji miktarına metabolik (metabolizable = çevrilebilir) enerji adı verilir (Kutlu ve ark., 2005).

Yetiştirme şekline göre Amaran çeşitlerinin saman ME miktarları Çizelge 11'de verilmiştir. Çizelge 11'e göre saman ME miktarları yıllara, yetiştirme şekline ve çeşitlere göre önemli miktarda farklılık göstermiştir. En yüksek SE miktarı 2.33 Mcal kg⁻¹ ile 2017 yılında, 2.39 Mcal kg⁻¹ ile kuru şartlarda ve 2.43 ile Helios çeşidinde tespit edilmiştir. Üçlü interaksyona göre SE miktarları 2.02 ile 2.54 Mcal kg⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek ME miktarları her iki yılda da sulu şartlarda yetiştirilen Helios ve Sterk çeşitlerinde tespit edilmiştir.

Yapılan araştırmalarda *Salsola rutenica*, *Astragalus gummifer* ve *Atraphaxis spinosa* bitkilerinin vejetasyon döneminin sonunda bitkinin kurduğu dönemlerdeki ME miktarının 1.76 Mcal kg⁻¹ ile 2.37 Mcal kg⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir (Temel ve Keskin, 2019a; Demir ve Keskin, 2016; Karakuş ve Keskin, 2018). Yine kuru ot ve silaj olarak yetiştirilen *Vicia sativa*, *Chenopodium quinoa*, *Zea mays* ve *Sorghum sp.* tür ve çeşitlerinde ME miktarı 2.23 Mcal kg⁻¹ ile 2.79 Mcal kg⁻¹ arasında bulunmuştur (Temel ve ark., 2015; Temel ve Keskin, 2019b; Akdeniz ve ark., 2017; Temel ve ark., 2017). Araştırmalardan elde edilen sonuçlar bazı yem bitkisi otu ve samanı ile kıyaslandığında, amaran çeşitlerinin saman ME miktarının yüksek olduğunu göstermektedir.

Çizelge 11. Yıl, yetiştirme şekli ve Amaran çeşitlerine göre saman ME miktarı (Mcal kg⁻¹).

Table 11. According to year, cultivation conditions (dry/irrigation) and Amaran varieties, straw ME amount (Mcal kg⁻¹).

Yıllar	Yetiştirme şekli	Çeşitler			Yıl ort.
		Helios	Sterk	Ultra	
2017	Kuru	2.52 a*	2.53 a	2.25 c	2.33 a
	Sulu	2.32 b	2.21 d	2.16 e	
2018	Kuru	2.54 a	2.54 a	2.02 f	2.28 b
	Sulu	2.35 b	2.24 cd	2.04 f	
Çeşit ort.		2.43 a	2.38 b	2.12 c	
Yetiştirme şekli ortalaması		Kuru: 2.39 a		Sulu: 2.22 b	

*Aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir.

Samanda NYD Değeri

İki yıl süreyle yürütülen denemede yetiştirme şekline göre amaran çeşitlerinin saman NYD değerleri Çizelge 12'de verilmiştir. Yıllara göre amaran çeşitlerinin saman NYD değerlerinde önemli bir fark olmamıştır. Diğer taraftan, yetiştirme şekline ve amaran çeşitlerine göre saman NYD değerleri arasında önemli farklar bulunmuştur. Kuru şartlarda yetiştirilen amaran çeşitlerinin saman NYD değerleri (126.5), sulu şartlarda yetiştirilen amaran çeşitlerinin saman NYD değeri (93.3)'nden daha yüksek bulunmuştur. Amaran çeşitlerinde en yüksek saman NYD değeri 125.6 ve 124.1 ile sırasıyla Sterk ve Helios çeşitlerinde belirlenmiştir. En düşük saman NYD değeri (83.4) ise Ultra çeşidinde tespit edilmiştir. Yıl, yetiştirme şekli ve çeşit birlikte değerlendirildiğinde en yüksek saman NYD değerleri kuru şartlarda yetiştirilen Helios ve Sterk çeşitlerinde bulunmuştur.

Bazı tahıl, baklagil ve alternatif yem bitkilerinin saman NYD değerleri *Salsola rutenica*'da 65.92 (Temel ve Keskin, 2019b), *Astragalus gummifer*'de 55.04 (Demir ve Keskin, 2016), *Atraphaxis spinosa*'da 97.3 (Karakuş ve Keskin, 2018), *Chenopodium quinoa*'da 68.6 (Keskin ve Önkür, 2019), *Triticum aestivum*'da 46.6 (Yavuz, 2005) olarak tespit edilmiştir. Ayrıca kuru ot ve silaj olarak hasat edilen bazı yem bitkilerinde de NYD değerleri *Vicia sativa*'da 121.75 ile 149.90 (Temel ve ark., 2015), *Chenopodium quinoa*'da 156.8 (Temel ve Keskin, 2019a), *Zea mays*'da %115.0 ile %170.0 (Akdeniz ve ark., 2017), *Sorghum sp*'de 81.82 ile 120.16 (Temel ve ark., 2017), *Medicago sativa*'da 118.8 (Yavuz, 2005), olarak belirlenmiştir. Birçok yem bitkisi tür ve çeşitleri ile kıyaslandığında Amaran bitkisinde tespit edilen NYD değerinin yüksekliği Amaran bitkisinin yapraklarının büyük ve bol miktarda olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Çizelge 12. Yıl, yetiştirme şekli ve Amaran çeşitlerine göre saman NYD değeri.

Table 12. According to year, cultivation conditions (dry/irrigation) and Amaran varieties, straw RFV amount.

Yıllar	Yetiştirme şekli	Çeşitler			Yıl ort.
		Helios	Sterk	Ultra	
2017	Kuru	134.8 b*	148.4 a	97.3 d	110.5
	Sulu	99.8 d	93.7 de	89.5 e	
2018	Kuru	150.5 a	153.7 a	74.4 f	111.4
	Sulu	111.2 c	106.5 c	72.3 f	
Çeşit ort.		124.1 a	125.6 a	83.4 b	
Yetiştirme şekli ort.		Kuru: 126.5 a		Sulu: 95.5 b	

*Aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir.

SONUÇ

Araştırmanın ikinci yılında (2018), birinci yıla (2017) ve uzun yıllar ortalamasına göre sıcaklık, yağış ve nispi nem miktarının fazla gerçekleşmesi samanın HP, ADF ve KMT oranlarının yüksek çıkmasına neden olmuştur. Sulu şartlarda yetiştirilen Amaran çeşitlerinin samanlarının HP, NDF ve ADF içerikleri, kuru şartlarda yetiştirilen amaran çeşitlerinde ise KMS, KMT, SE, ME ve NYD içerikleri daha yüksek bulunmuştur. Helios çeşidinin samanlarındaki HP, KMS, SE, ME, içerikleri diğer çeşitlere göre daha yüksek tespit edilmiştir. Tohum HP içeriğinde ise en yüksek değerler Ultra çeşidinde belirlenmiştir. NYD değeri yönünden Helios ve Sterk çeşitlerinde benzer sonuçlar alınmıştır. Aynı zamanda Helios çeşidinin ADF miktarı da düşük olmuştur.

Araştırma sonuçlarına göre, Helios çeşidinin tercih edilmesi elde edilecek tohum ve samanın daha kaliteli olmasını sağlayacaktır. Helios çeşidinin samanında HP, KMS, SE, ME, NYD değerinin yüksek olduğu, NDF ve ADF içeriğinin düşük olduğu görülmüş olup, belirtilen özellikler sulu ve kuru şartlarda da benzer özelliklere sahip olmuştur.

Ham protein, Kurak şartlarda amaranat yetiştirilmesi durumunda yemin kalite özelliklerinde artışlar olacağı, diğer taraftan bitkinin sulu şartlarda yetiştirilmesi durumunda da yem kalite özelliklerinde düşüşlerin olacağı sonucuna varılmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

YAZAR KATKISI

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamışlardır.

KAYNAKLAR

- Akdeniz, H., Temel, S., Keskin, B., & Hosafloğlu, İ. (2017). *Compositons and Feeding Values of Silage Corn (Zea mays L.) varieties Grown as the Second Crop*. VIII. International Scientific Agriculture Symposium, Jahorina.
- Akyıldız, A. R. (1984). *Yemler Bilgisi ve Laboratuvar Kılavuzu*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 895, Ankara.
- Alegbejo, J. O. (2013). Nutritional Value and Utilization of *Amaranthus* (*Amaranthus* spp.) – A Review. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 6(1), 136–143.
- Anonim. (2020). Amaranth - growing from seed when planted. Amaranth planting and care in the open field seed reproduction. <https://dd-restaurant.ru/en/cabbage/amarant-vyrashchivanie-iz-semyan-kogda-sazhat-amarant-posadka-i-uhod-v-otkrytom/>. Erişim tarihi: 28 Şubat 2020.
- AOAC. (1997). *Official Methods of Analysis*. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists AOAC Intl., Gaithersburg, MD.
- Arendt, E. K., & Zannini, E. (2013). *Cereal Grains for the Food and Beverage Industries*. Woodhead Publishing Series in Food Sciences, Technology and Nutrition, Philadelphia, USA.
- Aufhammer, W., Kübler, E., & Lee, J. H. (1999). Grain quality of the pseudocereals buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench), quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L. × *A. hybridus* L.) in relation to growing conditions. *Die Bodenkultur*, 50(1), 11–24.
- Berghofer, E., & Schoenlechner, R. (2002). *Grain Amaranth*. In Belton P, Taylor J: Pseudocereals and Less Common Cereals: Grain Properties and Utilization Potential. Springer-Verlag.
- Betschart, A. A., Irving, D. W., Shepherd, A. D., & Saunders, R. M. (1981). *Amaranthus cruentus*: milling characteristics, distribution of nutrients within seed components, and the effects of temperature on nutritional quality. *Journal of Food Science*, 46, 1181-1187.
- Bressani, R. (1989). The proteins of grain amaranth. *Food Review International*, 5,13-38.
- Caselato-Sousa, V. M., & Amaya-Farfán, J. (2012). State of knowledge on amaranth grain: a comprehensive review. *Journal of Food Science*, 77(4), R93-R104.
- Cheeke, P. R., & Bronson, J. (1980). *Feeding trials with amaranthus grain, forage and leaf protein concentrates*. Second Amaranth Conference, Rodale Press, Emmaus, PA.
- Connor, J. K., Gartner, R. J. W., Runge, B. M., & Amos, R. N. (1980). *Amaranthus edulis*: an ancient food source re-examined. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 20, 156-161.
- Demir, U., & Keskin, B. (2016). Sakız Geveni (*Astragalus gummifer* L.)'nin Yıllık Besin İçeriğinde Meydana Gelen Değişimlerin Belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(4),121-125.
- Ergun, M., Özbay, N., Osmanoğlu, A., & Çalkır, A. (2014). Sebze ve Tahıl Olarak Amaranat (*Amaranthus spp*) Bitkisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(3), 21-28.
- Fonnesbeck, P. V., Clark, D. H., Garret, W. N., & Speth, C. F. (1984). Predicting energy utilization from alfalfa hay from the Western Region. *Proceeding of American Society of Animal Sciences (Western Section)*, 35, 305-308.
- Gimplinger, D. M., Dobos, G., Schönlechner, R., & Kaul, H. P. (2007). Yield and quality of grain amaranth (*Amaranthus* sp.) in Eastern Austria. *Plant, Soil and Environmental*, 53(3), 105-112.
- Goptsiy, T., Voroncov, N., Popov, V., Zhyravel, D., & Gromenko, S. (2008). *Grain Varieties of Amaranth Developed by Selection at Kharkiv National Agrarian University and the Perspectives of Their Use*. in Amaranth-Plant of the Future: 5th International Symposium of the European Amaranth Association, Nitra, Slovak Republic.

- Grubbens, G. J. H., & van Sloten, D. H. (1981). *Genetic Resources of Amaranths - a Global plan of Action*. Rome: IBPGR.
- Güngör, T., Başalan, M., & Aydoğan, I. (2008). Kırıkkale yöresinde üretilen bazı kaba yemlerde besin madde miktarları ve metabolize olabilir enerji düzeylerinin belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 55, 111-115.
- Hayıt, F., & Gül, H. (2017). Çölyak ve çölyak hastaları için üretilen ekmeklerin kalite özellikleri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 163-169
- Jafari, H.R., Karimi, S., & Alavipoor, F. S. (2018). *Environmental Planning and Management*. In: Hesami M, Joneidabad MR, Kafi M, The Potential for the Use of Mutant Ornamental Plants for Reclamation of Arid Lands. Cambridge Scholars Publishing.
- Jamriska, P. (1996). Vplyv odrod na urodu semena laskavca (*Amaranthus* sp.). [The influence of the variety on seed yield of amaranth (*Amaranthus* sp.)]. *Rostlinna výroba*, 42(3), 109-114.
- Johnson, B. L., & Henderson, T. L. (2002). Water Use Patterns of Grain Amaranth in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal*, 94(6), 1437-1443.
- Kacar, B. (1972). *Bitki ve toprağın kimyasal analizleri*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 453, Ankara.
- Karabulut, A., & Canbolat, Ö. (2005). *Yem Değerlendirme ve Analiz Yöntemleri*. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 2.05.048.0424, Bursa.
- Karakuş, B., & Keskin, B. (2018). Devekıran (*Atraphaxis spinosa* L.) Çalısının Büyüme Sürecinde Besin İçeriğinin Değişimi Üzerine Bir Araştırma. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 4(1), 39 – 44.
- Keskin, B., Akdeniz, H., Temel, S., & Eren, B. (2018). Farklı Tane Mısırsı (*Zea mays* L.) Çeşitlerinin Besleme Değerlerinin Belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49(1), 15-19.
- Keskin, B., & Önkür, H. (2019). *Kinoa (Chenopodium quinoa Willd.)'nın Tohum ve Saplarındaki Bazı Yem Kalite Özelliklerine Sıra Arası ve Sıra Üzeri Mesafelerinin Etkileri*. Umteb 6. Uluslararası Mesleki ve Teknik Bilimler Kongresi, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye.
- Khalil, J. K., Sawaya, W.N., & Hyder, S. Z. (1986). Nutrient composition of *Atriplex* leaves grown in Saudi Arabia. *Journal of Range Management*, 39, 104-107.
- Kır, A. E. (2016). Iğdır ekolojik koşullarında farklı Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) çeşit ve populasyonlarının tohum verimi ve bazı özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Iğdır.
- Kır, A. E., & Temel, S. (2016). Iğdır ovası kuru koşullarında farklı kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) çeşit ve populasyonlarının tohum verimi ile bazı tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(4), 145-154.
- Kır, A. E., & Temel, S. (2017). Sulu koşullarda farklı kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotiplerinin tohum verimi ile bazı tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 353-361.
- Kutlu, H. R., Görgülü, M., & Çelik, L. B. (2005). *Genel Hayvan Besleme Ders Notu*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü Yemler ve Hayvan Besleme Anabilim Dalı, Adana.
- Kutlu, H. R., & Özen, N. (2009). *Hayvan Beslemede Son Gelişmeler*. VI. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, Erzurum.
- Laovoravit, N., Kratzer, F. H., & Becker, R. 1986. The Nutritional Value of Amaranth for Feeding Chickens. *Poultry Science*, 65, 1365-1370.
- Lee, C. (2011). *Grain Amaranth*. University of Kentucky, College of Agriculture, Cooperative Extension Service, <http://www.uky.edu/Ag/CCD/introsheets/amaranth.pdf>. Access date: August 15, 2020.
- Lehman, J. (1989). Proteins of grain amaranth. *Legacy* 2, 3-6.
- Maneerat, W., Prasanpanich, S., Tumwasorn, S., Laudadio, V., & Tufarelli, V. (2015). Evaluating agro-industrial by-products as dietary roughage source on growth performance of fattening steers. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22, 580-584.
- Martirosyan, D. M. (2005). *Functional Foods for Cardiovascular Diseases*. D and A Inc. In: Miroshnichenlo, L. A., Zharkova, U. M., Kulakova, S. N., Kadirov, C. V., Eprintsev, A. T., Kalinicheva, M. V., Amaranth: A Few Aspects of Cultivation, Processing, Studies of Pharmaceutical Properties.
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A., & Wilkinson, R. G. (2011). *Animal Nutrition*. Seventh Edition. Publisher: Pearson.
- MGM. (2019). *T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü*, Ankara.
- Nurfeta, A., Tolera, A., Eik, L. O., & Sundstøl, F. (2009). Feeding value of enset (*Ensete ventricosum*), *Desmodium intortum* hay and untreated or urea and calcium oxide treated wheat straw for sheep. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 93(1), 94-104.

- Oddy, V. H., Robards, G. E., & Low, S. G. (1983). *Prediction of in vivo dry matter digestibility from the fiber nitrogen content of a feed*. Feed Information and Animal Production. Common wealth Agricultural Bureau, Farnham Royal, UK.
- Olaniyi, J. O., Adelasoye, K. A., & Jegede, C. O. (2008). Influence of nitrogen fertilizer on the growth, yield and quality of grain amaranth varieties. *World Journal of Agricultural Science*, 4(4), 506-513.
- Öncel, I., Üstün, S., & Keleş, Y. (2004). *Bitki Fizyolojisi Laboratuvar Kılavuzu*. A.Ü.F.F. Döner Sermaye İşletmesi Yayınları No: 48, Ankara.
- Özaslan, C., & Kendal, E. (2014). Lise Domatesi Üretim Alanlarındaki Yabancı Otların Belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(3), 29-34.
- Pospisil, A., Pospisil, M., Varga, B., & Svecnjak, Z. (2006). Grain yield and protein concentration of two amaranth species (*Amaranthus* spp.) as influenced by the nitrogen fertilization. *European Journal of Agronomy*, 25, 250-253.
- Pospisil, A., Pospisil, M., Macesic, D., & Svecnjak, Z. (2009). Yield and Quality of Forage Sorghum and Different Amaranth Species (*Amaranthus* spp.) Biomass. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 74(2), 85-89.
- Pospisil, A., Pospisil, M., Poljak, M., & Jukic, Z. (2008). Influence of nitrogen fertilization on the chemical composition of amaranth (*Amaranthus* spp.) seed. *Cereal research communications*, 36(Suppl), 1227-1230.
- Rastogi, A., & Shukla, S. (2013). Amaranth: A new millennium crop of nutraceutical values. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53, 109-125.
- Ravindran, V., Hood, R.L., Gill, R. J., Kneale, C. R., & Bryden, W. L. (1996). Nutritional evaluation of grain amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* in broiler diets. *Animal Feed Science Technology*, 63, 323-331.
- Robinson, R. G. (1986). *Amaranth, Quinoa, Ragi, Tef and Niger: Tiny seeds of Ancient History and Modern Interest*. Minnesota Agric. Exp. Stn. Bull, AD-SB-2949.
- Sauer, J. D. (1976). *Grain amaranths, Amaranthus* spp. (*Amaranthaceae*). Evolution of crop plants, Longman, London, United Kingdom.
- Selçuk, H. (2011). *Çukurova koşullarında dane Amaranth'ın (Amaranthus spp.) kuraklığa dayanma yönünden incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Sheaffer, C. C., Peterson, M. A., Mccalin, M., Volene, J. J., Cherney, J. H., Johnson, K. D., Woodward, W. T., & Viands, D. R. (1995). *Acid detergent fiber, neutral detergent fiber concentration and relative feed value*. North American Alfalfa Improvement Conference, Minneapolis.
- Stahlknecht, G. F., & Schulz-Schaeffer, J. R. (1993). *Amaranth Rediscovered*. New crops, Wiley, New York.
- Svirskis, A. (2003). Investigation of Amaranth Cultivation and Utilisation in Lithuania. *Agronomy Research*, 1(2), 253-264.
- Şehu, A., Sakine, Y., & Öno, A. G. (1996). Bazı buğdaygil samanlarının in vivo sindirilme dereceleri ve rumende parçalanma özellikleri. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 43, 469-477.
- Tan, M., & Temel, S. (2012). *Alternatif Yem bitkileri*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders yayınları. Yayın No: 246.
- Temel, I., & Keskin, B. (2019a). Farklı sıra arası ve sıra üzeri mesafelerinin kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'nın besin içeriğine etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5(1), 110-116.
- Temel, S., & Keskin, B. (2019b). Annual evaluation of nutritional values of *salsola ruthenica* evaluated as a potential feed source in arid-pasture areas. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(10), 7137-7144.
- Temel, S., Keskin, B., Akdeniz, H., & Eren, B. (2017). *Nutrient Content of Some Silage Sorghum Varieties Grown as Second Crop Under Iğdir Ecological Condition*. VIII. International Scientific Agriculture Symposium, Jahorina.
- Temel, S., Keskin, B., Yıldız, V., & Kır, A. E. (2015). Iğdır ovası taban koşullarında adi fiğ (*Vicia sativa* L.) çeşitlerinin kuru ot verimi ve kalite özelliklerinin incelenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(3), 67-76.
- Uusikua, N. P., Oelofsea, A., Duodub, K. G., Besterc, M. J., & Faberd, M. (2010). Nutritional value of leafy vegetables of sub-Saharan Africa and their potential contribution to human health: A review, In: *Journal of Food Composition and Analysis*, 23, 499-509.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.
- Venskutonis, P. R., & Kraujalis, P. (2013). Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: a review on composition, properties, and uses. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12, 381-412.
- Yarnia, M., İkincikarakaya, S. Ü., Rezaei, F., & Khawar, K. M. (2011). Çavdar Kalıntılarının, Horoz İbiğinin (*Amaranthus retroflexus* L.) Toprakta Bulunan Tohum Miktarı ve Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(2), 91-96.

Yaroshko, O. M., & Kuchuk, M. V. (2018). *Agrobacterium* – caused transformation of cultivars *Amaranthus caudatus* L. and *A.hybrids* of *A. caudatus* L. x *A. paniculatus* L. *International Journal of Secondary Metabolite*, 5(4), 312-318.

Yavuz, M. (2005). Bazı ruminant yemlerinin nispi yem değeri ve in vitro sindirim değerlerinin belirlenmesi. *Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1), 97-101.



Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (International Journal of Agriculture and Wildlife Science)

http://dergipark.org.tr/ijaws



Araştırma Makalesi

Alüviyal Araziler Üzerinde Gelişen Bazı Toprakların Arazi Yetenek Sınıflarının Belirlenmesi

Sevda Altunbaş¹, Bayram Çağdaş Demirel^{1*}, Gafur Gözükara², Serden Erol¹

¹Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Antalya

²Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Eskişehir

Geliş tarihi (Received): 13.05.2020

Kabul tarihi (Accepted): 08.07.2020

Anahtar kelimeler:

Alüviyal fizyografyalar, arazi yetenek sınıflaması, jeostatistik, kriging

Özet. Bu çalışma kapsamında, Antalya ili Aksu ilçesi Hacıceliller ve Köşeler köylerinde, Aksu çayının üst ve orta zonlarında, alüviyal arazilerin detaylı toprak etüd ve haritalama çalışmaları yapılmıştır. Tarımsal açıdan kıymetli olduğu düşünülen arazide, üç farklı fizyografya üzerinde dokuz farklı toprak serisi tanımlanmıştır. Bu serilerinden Tepelik, Tepeönü ve Çakıllı nehir sırtı fizyografyasında, Desteiçi, Domuztepesi, Fettanlar, Köşeler ve Yeşilyurt yan dere alüviyal fizyografyasında ve İçmesuyu serisi de taşkın düzlüğü fizyografyasında yerini almıştır. Çalışma alanı 250 x 250 m aralıklarında gridlere ayrılarak seri-faz düzeyinde tanımlanmış ve elde edilen verilere göre de arazi yetenek sınıfları oluşturulmuştur. Yapılan arazi değerlendirmeleri sonucunda, nehir sırtı fizyografyası üzerinde yer alan arazilerin, çalışma alanının %43.5'ünü oluşturduğu ve Arazi Yetenek Sınıflamasına göre, I., II., IV. ve VI. sınıflarda yer aldıkları belirlenmiştir. Çalışma alanının %33.3'ünü oluşturan yan dere alüviyal fizyografyası üzerinde ise I, II ve III. sınıf arazilerin dağılımı gösterdiği tespit edilmiştir. Son olarak taşkın düzlüğü fizyografyası, alanın %23.2'lik bir kısmını kaplayarak, II. ve III. sınıf araziler olarak tanımlanmıştır. Grid noktalarının verileri, jeostatistiksel olarak kriging metodu ile değerlendirilerek, çalışma alanına ait arazi yetenek sınıflaması haritası oluşturulmuştur. Sonuç olarak, yapılan bu çalışma ile, farklı fizyografyalarda gelişen toprakların yetenek sınıflarının belirlenmesi ve haritalanması ile ideal arazi kullanım planlamalarına bir altlık oluşturulmuş ve amaç dışı kullanıma engel olmak için bilimsel bir dayanak hazırlanmıştır.

*Sorumlu yazar

cagdasdemirel@akdeniz.edu.tr

Determination of Land Capability Classes of Some Soils Developing on Alluvial Lands

Keywords:

Alluvial physiographies, kriging, land capability classification, geostatistics

Abstract. Detailed soil survey and mapping of alluvial lands have been carried out in the villages of Hacıceliller and Köşeler in Aksu district of Antalya province, in the upper and middle zones of the Aksu stream. On these series, Tepelik, Tepeönü and Çakıllı are on the river ridge physiography, Desteiçi, Domuztepesi, Fettanlar, Köşeler and Yeşilyurt series are on the side stream alluvial physiography, İçmesuyu series is also included in the flood plain physiography. The study area was divided into grids at 250 x 250 m intervals defined at the serial-phase level and land capability classes were created based on the data obtained. As a result of the land evaluations, the lands on the riverside physiography constitutes 43.5% of the study area and according to the Land Capability Classification, I., II., IV. and VI. It was determined that they took place in the classes. On the side stream alluvial physiography, which constitutes 33.3% of the study area, I, II and III. class land has been determined to show distribution. Finally, the flood plain physiography covers 23.2% of the area, and II. and III. defined as class plots. The data of the grid points were evaluated with the kriging method in geostatistics, and the land capability classification map of the study area was created. As a result, with this study, a scientific basis has been prepared in order to create a base for ideal land use planning and to prevent misuse by determining and mapping the skill classes of the soils developed in different physiographies.

GİRİŞ

Doğal kaynakların sürdürülebilir olarak kullanılabilmesi ancak kaynakların sahip olduğu özelliklerin ve yeteneklerin bilinmesi ve bu doğrultuda kullanılmasıyla gerçekleştirilebilir. Günümüzde araziler ve arazilerin önemli bileşeni olan toprakların, ideal kullanım biçimlerinin belirlenmesi amacıyla, planlamaya tabi tutulmaları bilinen bir gerçektir (Altunbaş ve ark., 2017; Şimşek ve ark., 2020). Yeteneğine ve özelliklerine uygun şekilde kullanılmayan kaynakların ise genellikle geri dönüşümsüz olarak yok oldukları bilinmektedir. Dünyada bu durumdan en çok etkilenen doğal kaynakların başında ise topraklar gelmektedir. Kullanıcıların kısa vadedeki ekonomik emellerine kıyasla, toprak kaynaklarının kayıpları çoğu zaman dikkat çekici boyuttadır. (Kılıç ve Şenol, 2002; Demirel ve Şenol, 2019). Bir başka deyişle, yaşamın en değerli kaynaklarından olan toprakların plansız kullanılması, her geçen gün büyük bir hızla bozulmasına ve geri dönüşümsüz kaybına sebep olmaktadır. Ülkemizin hızlı ve sürdürülebilir şekilde gelişmesi ancak toprak gibi değerli doğal kaynakların özelliklerinin bilinip ve yeteneklerine göre kullanılması amacıyla hazırlanan haritalarla ve bu verilerin kullanıcılara aktarılabilmesi ile olacaktır (Dinç ve Şenol, 1997).

Bir doğal kaynak olarak toprak karasal ekosistemdeki birçok olay için kritik öneme sahiptir. Sadece canlı varlıklar için değil, aynı zamanda içme suyunun temizlenmesinde ve depolanmasında, su döngüsünde, insanlara ve bitkilere besin maddesi temininde ve barınak olmasında, aynı zamanda sanayide hammadde olarak kullanılmasında ve buna benzer daha sayılabilecek pek çok fayda toprak tarafından ekosisteme sağlanmaktadır.

Alüviyal arazilerin tarımsal üretim için, verimli toprakların bulunduğu yerler olarak kabul edilmesinin yanı sıra gerek ülkemiz ve gerekse dünya gıda güvencesi ve devamlılığı açısından stratejik bir öneme sahip olduğu da kabul edilmektedir. Alüviyal araziler, farklı fizyografik ünitelere sahip olmasıyla beraber birkaç hektar içerisinde dahi değişiklik gösteren ve birbirinden farklı karakteristiklere sahip toprakları barındıran arazilerdir (Cambardella ve ark., 1994; Chien ve ark., 1997; Benayas ve ark., 2004; Aşkın ve ark., 2014; Dengiz ve ark., 2017; Gözükara ve ark., 2019). Alüviyal tarım arazilerinin oluşumları düşünüldüğünde, özellikle iklim, topoğrafya ve zaman faktörlerinden çokça etkilendikleri ve buna bağlı olarak da arazi üzerinde kısa orta ve uzun mesafelerde farklı genetik yapıya sahip topraklar geliştirebildikleri bilinmektedir. Söz konusu durum bu özel arazilerin detaylı bir şekilde etüt edilerek, haritalanması ve özellikleri mukabilinde kullanılmalarını zorunlu kılmaktadır.

Son yıllarda, toprak özelliklerinin arazide ve laboratuvarında daha sağlıklı ölçülmesine ve sayısal veriler üretilmesine olanak sağlayan yeni tekniklerin gelişmesi, mekânsal ve sayısal verilerin çok bantlı ve farklı zamanlarda kayıt edilmesiyle oluşturulan uzaktan algılama verileri ile çok sayıda verinin bir arada kullanılmasına ve yorumlanmasına izin veren CBS yazılım ve donanımları, daha kaliteli toprak haritalarının oluşturulması ve yorumların yapılmasına imkan sağlamaktadır (Şenol ve ark., 2010). Bu gelişmelerin yanı sıra jeostatistik yöntemlerini içeren programların da kullanımı sonucu oluşturulabilen tahmin haritaları, bilim adamları ve karar vericilerin ilgisini çekmiş ve toprak bilimi de dahil birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır (Webster, 1985; Isaaks ve Srivastava, 1989; Mallants ve ark., 1996; Karaman ve ark., 2012; Koca ve Şenol, 2018). Farklı jeostatistiksel uygulamaların ya da metotların kullanıldığı yer bilimi çalışmalarında en uygun tahmin modelinin kriging metodu olduğu bildirilmiştir (Karaman ve ark., 2012).

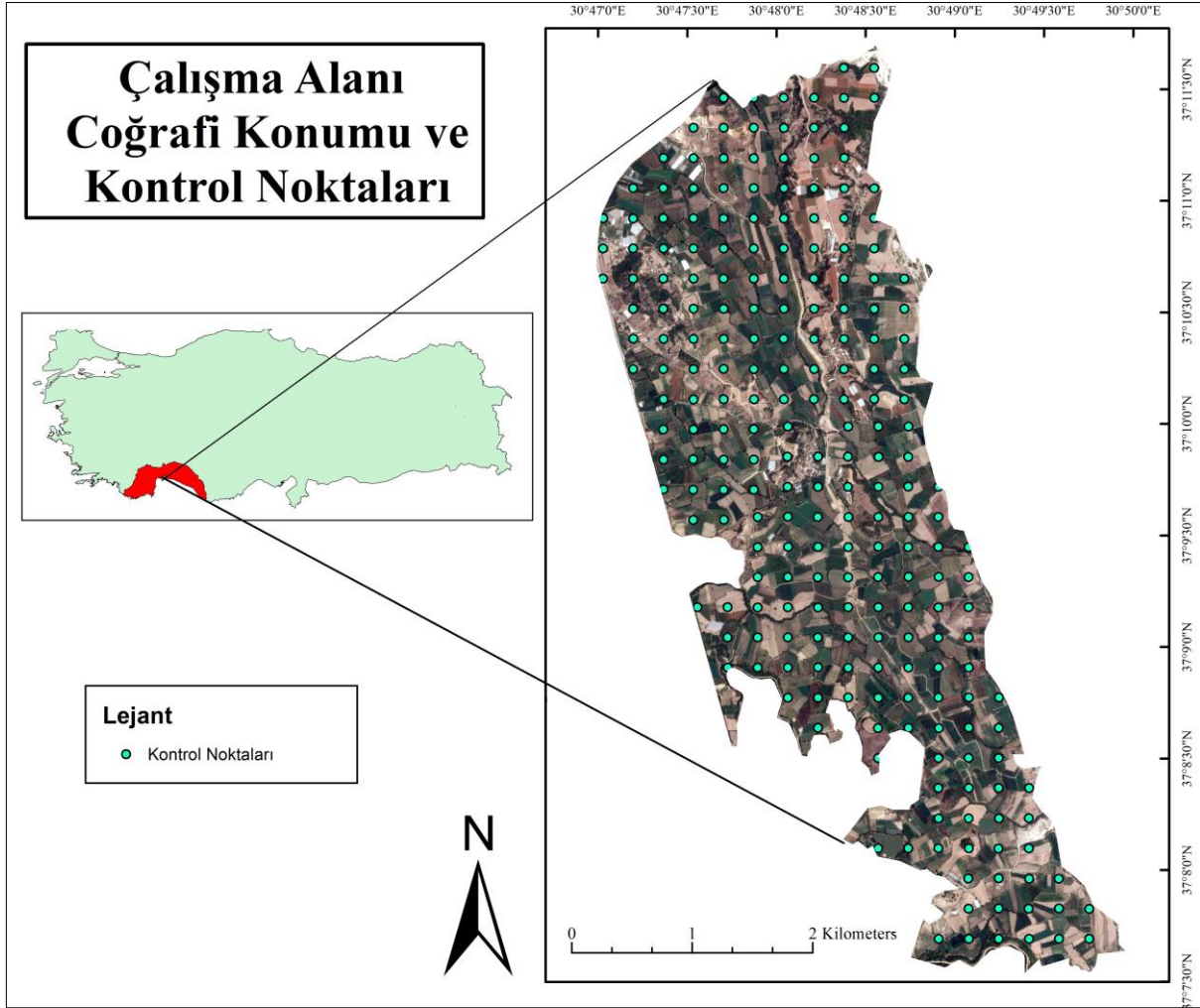
Yapılan bu çalışmada, Antalya ilinde bulunan Aksu çayının üst ve orta zonlarında yer alan Hacıceliller ve Köşeler köylerinde, tarımsal potansiyeli yüksek alüviyal depozitler üzerinde gelişen arazilerin, detaylı temel toprak etüdü yapılarak, yetenek sınıfları belirlenmiştir. Çalışmanın bir sonraki aşamasında grid noktalarında belirlenen haritalama birimlerine ait arazi yetenek sınıflaması yapılmıştır. Her bir grid noktasında belirlenen bu arazi yetenek sınıfları kriging ordinary enterpolasyon ve exponential semivariogram yöntemi kullanılarak, tematik haritaları oluşturulmuştur. Bu tematik haritaların ve fizyografik özelliklerin ilişkilendirilmesi ile alüviyal araziler üzerinde çok farklı toprakların gelişebileceği bir kez daha ispatlanmıştır. Ayrıca haritalanan bu farklı toprakların kullanımında günümüzde ve gelecekte yapılacak hataların giderilmesinde yol gösterici bir kaynak olması hedeflenmiştir. Son olarak, son derece zor şartlarda ve büyük maliyetlerle yapılan detaylı etüt haritalama çalışmalarının küçük bir örneği olan bu alanın, toprak bilgi sistemi haritasına doğru bilgi sağlanmasıyla orta ve büyük ölçekte yapılacak arazi kullanım planlama çalışmalarında sağlam bir altlık oluşturması istenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Bu çalışma Antalya ili, Aksu ilçesi sınırları içerisinde yer alan, Köşeler ve Hacıceliller köylerinin arazilerinde, toplam 1468.19 ha'lık bir alanda yürütülmüştür. Çalışma alanı Aksu çayının Toroslardan doğarak kireç içeriği zengin materyallerinin taşıyıp depoladığı, denizden yüksekliği 43-104 m arasındaki arazilerdir (Şekil 1).

Hacieliller ve Köşeler köyü aynı zamanda DSİ 13. Bölge Müdürlüğü tarafından Aksu Çayı Taşkın Koruma ve Arazi Toplulaştırma Projesi kapsamında da yer almaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanının coğrafi konumu ve kontrol noktaları.
Figure 1. Geographical location of the study area and control points.

Araştırma alanını oluşturan alüviyal araziler üzerinde farklı toprak gruplarının tespitinin yapılması için açılacak olan profil noktalarının tespitinde Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından üretilen 1:25000 ölçekli topografik haritalar, 1981 ve 1992 yıllarına ait hava fotoğrafları, 2016 tarihli Sentinel 2 uydu görüntüsü (10 m), Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından üretilen ortofotolar (30 cm) ve Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından üretilen 1:25000 ölçekli jeoloji haritası temel kartografik materyal olarak kullanılmıştır.

Gerek arazide gerekse büro çalışmaları sonucunda elde edilen verilerin birleştirilerek veri tabanı oluşturulması ve bu bilgilerin ışığında tematik haritaların üretilmesi için ArcGIS 10.2 (ESRI, 2008) programı kullanılmıştır.

Tipik Akdeniz iklim kuşağında yer alan çalışma alanında ortalama yıllık yağış miktarı 1068 mm olup, yağışlar yağmur şeklinde ve çoğunlukla ilkbahar ve kış mevsimlerinde düşmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık ise 18,4 °C'dir (Anonim, 2016). Toprak Taksonomisine göre (Soil Survey Staff 1998) araştırma alanının toprak nem rejimi Xeric, 50 cm 'deki yıllık ortalama toprak sıcaklığının 15-22°C arasında olması nedeniyle toprak sıcaklık rejimi de Thermic olarak sınıflandırılmıştır.

Metot

Araştırma alanında olası farklı toprak serilerini temsil edecek profil noktalarının yerleri, kartografik materyaller kullanılarak yapılmıştır. Fizyografik ünitelerin tespiti ve yorumlanmasında ise arazi ve uydu görüntüsü yorumuna dayanan fizyografik analiz yöntemi kullanılmıştır.

Yapılan yorumlamalar sonucunda belirlenen yerlerde açılan profiller, seri düzeyinde sınıflandırılmıştır. Her bir toprak serisindeki profillerden horizon esasına göre horizon alt ve üst sınır derinliği, renk, tekstür, kıvam, özel görünümler (kütan, kayma yüzeyi, kireç birikimleri, vb.), kök dağılımı, taşlılık ve horizon sınırları dikkate alınarak

profil tanımlamaları yapılmıştır (Soil Survey Staff, 1993; Dinç ve Şenol, 2013). Tanımlanmış her bir toprak serisinin fazları ise arazi özelliklerine bağlı olarak üst toprak tekstürü, eğim, drenaj, taşlılık, olarak belirlenmiş ve buna uygun bir haritalama lejantı hazırlanmıştır.

Profil başında morfolojik tanımlamaları yapılan horizonlardan fiziksel ve kimyasal analizlerde kullanılmak üzere 46 adet toprak örneği morfometrik genetik horizon esasına göre alınmış ve analizi yapılmak üzere laboratuvara sevk edilmiştir. Araştırma alanında yer alan toprak sınırlarının belirlenmesi ve bu sınırların haritalanması amacıyla 250mx250 m aralıklarla çizilen gridlerde yapılan tanımlamalar sonucunda 232 noktanın seri-faz düzeyindeki haritalama birimleri oluşturulmuştur (Şekil 1).

Her bir haritalama birimine ait üst toprak tekstürü, eğim, drenaj ve taşlılık faz özellikleri değerlendirilerek, yetenek sınıflamaları yapılmıştır. Teknik bir sınıflama sistemi olarak kabul edilen arazi yetenek sınıflamasına göre (Klingebiel ve Montgomery, 1966), çalışma alanında yer alan her bir haritalama birimi, öncelikle yetenek sınıflarına, daha sonrada yetenek alt sınıflarına ve yetenek birimlerine göre sınıflandırılmıştır. Toprakların yetenek alt sınıflamasında kullanılan sınırlayıcıların topraktan (s) ve profildeki fazla sudan (w) kaynakladığı belirlenmiştir. Toprak ile ilgili sınırlayıcılar (tekstür, taşlılık) "s" sembolü ile, kültür bitkilerinin gelişmesine engel olan su (yazlık, yüzey ve derin drenaj sorunu, taşkın zararı ve tehlikesi) "w" sembolü ile ve eğim ve erozyon (su veya rüzgar) ile ilgili sınırlayıcı faktörlerin varlığı "e" sembolü ile ifade edilmiştir.

Arazi yetenek sınıfları belirlenen her bir haritalama birimi için veriler, ArcGIS 10.2 yazılımında haritalar üzerine öznitelik verisi olarak eklenmiştir. Öznitelik verisi olarak eklenen yedi farklı arazi yetenek sınıfı ArcGIS 10.2 yazılımının "Geoistical Analyst" modülünden en düşük hata oranını (RMS) veren kriging ordinary interpolasyon ve exponential semivariogram yöntemi marifetiyle ilk önce tahmini arazi yetenek sınıfı haritası oluşturulmuştur. Daha sonra jeostatistiksel analizden elde edilen sonuçların da değerlendirilmesi ile çalışma alanına ait yüksek doğruluk sahip nihai Arazi Yetenek Sınıflaması Haritası oluşturulmuştur.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma Alanı Genel Toprak Özellikleri

Araştırma alanı içinde büro, arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucu elde edilen bulgular ve değerlendirmeler ile Detaylı Temel Toprak Haritası oluşturulmuştur. Söz konusu alanda 3 farklı fizyografik ünite ve 8 farklı toprak serisi tanımlanmıştır. Tespit edilen fizyografik üniteler nehir sırtı, taşkın düzlüğü ve yan dere alüviyalidir. Kuvaterner dönemin ürünü olan bu alüviyal depozitler üzerindeki araziler, denizden yaklaşık 43-104 m yükseklikte, düz ve düze yakın topoğrafyalarda yayılım gösteren genç topraklara sahip arazilerdir.

Havzanın kuzeyinden güneye doğru akan Aksu çayı, düzlüklere çıkınca birçok yan dereye ayrılmış ve bu yan dereler de toprak oluşumunu etkilemiştir. Temelde havzayı oluşturan akarsu sistemi farklı dönemlerde değişen debilerde akmış ve dereler kendi alüviyal yelpazelerini oluşturmuş, buda fizyografik olarak karışmalara neden olmuştur. Akarsu sistemlerinin taşıdıkları materyallerin niteliğine ve depoladığı yerlerin uzaklığına göre yapısal farklılıklar görülmektedir. Akarsu veya derelerin ilk taşkın yaptığı, yatağa yakın bölgelerde daha kaba tekstürlü materyaller görülür iken, akarsu yatağına daha uzak noktalarda ise genellikle derin killi depozitlere rastlanmıştır. Bu nedenle Aksu havzasının üst ve orta zonunu oluşturan çalışma alanında, birbirinden farklı toprak serileri tespit edilmiştir.

Söz konusu serilerin fizyografik dağılımlarını detaylı olarak incelenmesi gerekirse; taşkın düzlüğü fizyografyası, Aksu çayı ve Tehneli Derelerinin yüksek arazilerden getirdikleri alüviyal malzemeleri, yakın geçmişe kadar ki süreçte yaptığı taşkınlarla düz ve düze yakın arazilerde depolanmasıyla oluşmuş fizyografyalardır. Bu fizyografik ünite üzerinde depolanan malzemenin tekstürünün ince olması, farklı şiddetlerde drenaj sorunu yaşamasına neden olmaktadır. Bunun yanı sıra bu fizyografyadaki arazilerin A-C horizon dizilimine sahip kireçli topraklar olması, yeterli toprak gelişim süreçlerinin yaşanmadığının bir göstergesidir. Çalışma alanında bu fizyografya üzerinde yapılan tanımlamalarda sadece İçmesuyu toprak serisi tanımlanmıştır. Tespit edilen toprak serilerine ait arazide yapılan morfolojik tanımlar ve laboratuvarında yapılan fiziksel analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. İçmesuyu serisinde renk, farklı zamanlarda ve farklı malzemelerin taşınım depolanmasına bağlı olarak 10YR 3/3 - 5/4 arasında değişmektedir. Derin profillere sahip bu serinin strüktür özelliği sadece Ap horizonunda yarı köşeli blok, C horizonlarında ise masif olarak tanımlanmıştır. Kıvam özellikleri, içerdikleri kil miktarına bağlı olarak nemli iken sıkı, yağ iken çok yapışkan-çok plastik olarak tespit edilmiştir.

Çalışma alanındaki diğer bir fizyografik ünite olan nehir sırtı fizyografyası; Tehneli deresi ve Aksu çayının geçmişteki taşkınlarının akarsu yatağının her iki kıyısındaki alanlara taşıdığı kaba materyalleri depolanması sonucunda oluşmuş arazilerdir. Bu araziler düz veya düze yakın eğimde olup, geçirgenlikleri oldukça yüksek, kaba tekstürlü dolayısıyla drenaj problemi yaşamayan topraklara sahiplerdir. Bu fizyografik ünite henüz yeterli

profil gelişimi gerçekleşmemiş A-C horizon dizilimine sahip genç topraklardır. Tanımlanan toprak serilerinden Tepeönü serisi, Tepelik serisi ve Çakıllı serisi bu fizyografyada bulunmaktadır. Bu toprak serilerine ait morfolojik tanımlar ve laboratuvarında yapılan fiziksel analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Yapılan profil tanımlama çalışmalarında bu fizyografyada tanımlanan toprak serilerinde toprak rengi üst horizonlarda 5YR veya 10 YR olarak değişkenlik gösterirken alt horizonlarda 2.5 Y olarak tespit edilmiştir. Derin profillerin geliştiği bu serilerde strüktür, A horizonunda yarı köşeli blok ya da granüler, C horizonunda masif olarak belirlenmiştir. Kıvam özellikleri kuru iken zayıf veya orta, nemli iken genellikle sıkı, yaş iken ise düşük kil içeriğine bağlı olarak az yapışkan-az plastik veya yapışkan değil-plastik değil olarak tespit edilmiştir. Çalışma alanının doğusundaki Tepelik ve Çakıllı serileri profillerinde az veya çok yoğun çakıl depoları bulunmuştur.

Çizelge 1. Profillerin morfolojik ve fiziksel özellikleri.

Table 1. Morphological and physical properties of profiles.

Profil No	Horizon	Derinlik (cm)	Renk (Yaş)	Strüktür ve Yaş Kıvam	Özel Görünümler	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Bünye
İçmesuyu Serisi	Ap	0-18	10YR 3/3	KKYKB; ÇY-ÇP	-	22.96	45.28	31.76	CL
	Ad	18-30	10YR 3/4	Masif; ÇY-ÇP	-	18.96	47.28	33.76	SiCL
	C ₁	30-48	10.YR 4/3	Masif; Y-P	-	11.96	51.64	36.40	SiCL
	2C ₁	48-79	10YR 4/4	Masif; ÇY-ÇP	-	14.96	39.28	45.76	C
	2C ₂	79-120	10YR 4/3	Masif; ÇY-ÇP	-	26.96	33.64	39.40	CL
	3C	120+	10YR 5/4	Masif; ÇY-ÇP	-	34.96	33.64	31.40	CL
Tepeönü Serisi	A ₁	0-18	10YR 4/3	ZOYKB; AY-AP	-	64.96	11.28	23.76	SCL
	A ₂	18-35	2.5Y 4/3	ZOYKB; AY-AP	-	44.96	33.28	21.76	L
	AC	35-74	2.5Y 4/4	ZKYKB; AY-AP	-	60.96	27.00	12.04	SL
	C ₁	74-133	2.5Y 4/4	Masif; AY-AP	-	24.96	46.64	28.4	CL
	C ₂	133+	2.5Y 4/3	Masif; AY-AP	Az yoğun pas lekeleri	50.96	29.28	19.76	L
Tepelik Serisi	Ap	0-17	5YR 3/4	OOG; YD-PD	0.2-0.3 cm çaplı az yoğun çakıl	40.96	24.00	35.04	CL
	A ₂	17-34	5YR 3/3	KOG; YD-PD	0.2-0.3 cm çaplı az yoğun çakıl	46.32	13.64	40.04	SC
	2C	34-53	-	Masif; YD-PD	0.5-5 cm çaplı çok yoğun çakıl	60.32	15.64	24.04	SCL
	3C	53-73	-	Masif; YD-PD	0.5-5 cm çaplı yoğun çakıl	80.32	7.64	12.04	SL
	4C	73+	-	Masif; YD-PD	0.2-10 cm çaplı çok yoğun çakıl	86.32	4.64	9.04	LS
Çakıllı Serisi	Ap	0-14	10YR 4/4	OOYKB; YD-PD	-	44.32	33.28	22.40	L
	A ₂	14-37	10YR 4/4	ZKYKB; AY-AP	-	36.96	35.28	27.76	CL
	C	37-82	2.5Y 5/4	Masif; YD-PD	0.5-5 cm çaplı çok yoğun çakıl	80.96	10.64	8.40	LS
	2C	82+	-	Masif; YD-PD	5-10 cm çaplı çok yoğun çakıl	-	-	-	-
Desteği Serisi	A ₁	0-15	2.5Y 4/3	OOKB; ÇY-ÇP	Az yoğun pas lekeleri	30.32	39.92	29.76	CL
	A ₂	15-34	2.5Y 4/3	OKKB; ÇY-ÇP	Orta yoğun pas lekeleri	28.96	40.28	30.76	CL
	AC	34-51	10YR 4/3	Masif; ÇY-ÇP	Yoğun pas lekeleri	29.32	38.92	31.76	CL
	C ₁	51-87	2.5Y 4/3	Masif; ÇY-ÇP	Yoğun pas lekeleri	33.32	33.28	33.40	CL
	C ₂	87+	5Y 5/4	Masif; Y-P	Aşırı yoğun pas lekeleri	34.96	34.28	30.76	CL
Köseler Serisi	Ap	0-22	7.5YR 3/2	ZOYKB; YD-PD	0.5-5 cm çaplı yoğun taşlılık	37.96	38.28	23.76	L
	C	22-84	7.5YR 2/3	Masif; AY-AP	3-10 cm çaplı yoğun taşlılık	39.96	28.28	31.76	CL
	2C	84+	10YR 4/3	Masif; YD-PD	0.5-1 cm çaplı az yoğun taşlılık	50.96	24.00	25.04	SCL
Fettanlar Serisi	Ap	0-11	2.5Y 4/3	ZKYKB; Y-P	0.5-1 cm çaplı orta yoğun taşlılık	21.68	46.28	32.04	CL
	A ₂	11-26	10YR 4/4	OOYKB; Y-P	0.5-1 cm çaplı orta yoğun taşlılık	17.68	46.28	36.04	SiCL
	C ₁	26-51	10YR 4/4	Masif; ÇY-ÇP	0.5-1 cm çaplı yoğun taşlılık	23.32	35.64	41.04	C
	C ₂	51-80	10YR 4/3	Masif; ÇY-ÇP	Az yoğun pas lekeleri	31.32	31.64	37.04	CL
	2C	80-94	10YR 4/3	Masif; Y-P	Yoğun pas lekeleri	39.96	26.28	33.76	CL
	3C	94+	-	Masif; AY-AP	1-5 cm çaplı köşeli çakıllar	76.68	3.56	19.76	SL
Yeşilyurt Serisi	Ap	0-18	2.5Y 4/3	OKG; AY-AP	-	32.96	45.00	22.04	L
	Ad	18-58	2.5Y 4/3	OOKB; AY-AP	-	29.32	48.64	22.04	L
	C ₁	58-83	2.5Y 4/3	Masif; AY-AP	-	39.63	35.64	24.40	L
	2C ₁	83-105	2.5Y 4/4	Masif; AY-AP	-	49.96	25.64	24.40	SCL
	2C ₂	105+	2.5Y 4/4	Masif; AY-AP	-	59.32	19.28	21.40	SCL
Domuz Tepesi Serisi	Ap	0-29	2.5Y 5/4	ZOYKB; AY-AP	1-10 cm çaplı orta yoğun taşlılık	36.96	37.00	26.04	L
	C	29-49	2.5Y 5/4	Masif; AY-AP	-	38.96	40.64	20.40	L
	2C ₁	49-75	5Y 5/4	Masif; Y-P	-	36.96	43.00	20.04	L
	2C ₂	75-100	2.5Y 5/4	Masif; Y-P	-	5.32	65.64	29.04	SiCL
	3C ₁	100-118	2.5Y 5/4	Masif; Y-P	Çok yoğ. pas lek., az yoğ. Kireç ben.	28.96	30.64	40.40	C
	3C ₂	118-129	2.5Y 5/4	Masif; Y-P	Çok yoğ. pas lek., az yoğ. Kireç ben.	28.96	64.64	6.40	SiL
	3C ₃	129+	2.5Y 5/4	Masif; Y-P	Çok yoğ. pas lek., az yoğ. Kireç ben.	14.96	77.00	8.04	SiL

Strüktür: KKYKB: kuvvetli küçük yarı köşeli blok, KOYKB: kuvvetli orta yarı köşeli blok, OOG: orta orta granüler, OOKB: Orta orta yarı köşeli blok OOOYKB: Orta orta yarı köşeli blok, ZOYKB: Zayıf orta yarı köşeli blok, ZKYKB: Zayıf küçük yarı köşeli blok; Yaş Kıvam: AY-AP: Az yapışkan az plastik, Y-P; Yapışkan plastik, ÇY-ÇP: Çok yapışkan çok plastik.

Aksu çayının çok eski dönemlerinde, traverten düzlükleri üzerine taşıdığı malzemeleri depolaması ile yan dere alüviyalleri fizyografyası oluşmaya başlamıştır. Yakın geçmişte ve günümüzde ise Aksu çayı ve Tehneli derelerinin yüksek arazilerden, düzlüklere ulaşan yan dere kollarıyla, yukarı havzalardan getirdikleri farklı nitelikte materyalleri kısa mesafeler içerisinde yeniden depolamalarıyla yan dere alüviyallerini oluşturmuştur. Bu fizyografyada gelişen toprak serileri çalışma alanının batısında bulunmaktadır Söz konusu fizyografya üzerindeki topraklar genç olmaları sebebiyle A-C horizon dizilimine sahip kireçli topraklardır. Yapılan toprak tanımlama çalışmalarında taşkın düzlüğü fizyografyası üzerinde Desteçi, Köseleler, Fattanlar, Yeşilyurt ve Domuz Tepesi toprak serileri tespit edilmiştir. Serilere ait morfolojik tanımlar ve fiziksel kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir. Profilde renk üst katmanlarda genellikle 2.5 Y ve 7.5 YR olarak tanımlanırken alt horizonlarda ise 2.5 Y ve 10 YR olarak tanımlanmıştır. Tanımlanan toprak profilinin A horizonunda strüktür granüler, yarı köşeli blok veya köşeli blok, C horizonunda masif olarak tespit edilmiştir. Kıvam özellikleri kil içeriğinin yüksek olduğu katmanlarda kuru iken sert, nemli iken sıkı ve yaş iken de çok yapışkan çok plastik, kil içeriğinin düşük olduğu katman ve profillerde ise yapışkan değil plastik değil olarak tespit edilmiştir. Bu serilerden Desteçi toprak serisi profilinde üst horizonlardan aşağılara doğru pas lekeleri az yoğun dan aşırı yoğun a doğru dağılım gösterirken diğer serilerden Fattanlar ve Domuz Tepesi toprak serilerinde sadece alt horizonlarda yoğun pas lekeleri tespit edilmiştir. Tanımlanan diğer toprak serilerinde pas lekesi görülmemiştir.

Çalışma Alanı Toprakları Arazi Yetenek Sınıflaması

Yapılan detaylı toprak etüd ve arazi değerlendirme çalışmaları, toprakların yeteneklerinin korunması ve üretkenliklerinin sürdürülebilirliği için yapılan çalışmalardır. Bu hedeflere yönelik olarak gerekli planlamaların yapılması ve bu planlamalar doğrultusunda uygun yönetim biçimlerinin oluşturulması için, toprakların farklı kullanımlara uygunluklarını gösteren ve teknik bir sınıflama sistemi olan arazi yetenek sınıflamasının yapılması gerekmektedir. Bu kapsamda çalışma alanı toprakları için yapılan Arazi Yetenek Sınıflarının alansal dağılımları ve toplam alan içindeki yüzdeleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Arazi yetenek sınıfları (AYS) alansal dağılımı.

Table 2. Spatial distribution of land capability classes (AYS).

AYS	Alan (ha)	Alan (%)
I	176.9	12.0
IIs	427.8	29.1
IIws	332.4	22.6
IIIs	312.6	21.3
IIIsW	15.01	1.0
IIIws	78.5	5.3
IVe	44.9	3.1
VIe	80.1	5.5

Yapılan sınıflandırma çalışmasında, arazilerin genellikle II. ve III. sınıf oldukları tespit edilmiştir. Arazi yetenek sınıflamasına göre I. sınıf araziler 176.9 ha, II. sınıf araziler 760.2 ha, III. sınıf araziler 406.11 ha, IV. sınıf araziler 44.9 ha ve VI. sınıf araziler 80.1 ha olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanında tespit edilen özellikler arazilerin VII ve VIII. sınıf araziler olmasını gerektirmediği için bu sınıflamalar yapılmamıştır. Çalışma alanında üç farklı fizyografik ünite üzerinde gelişen yetenek sınıflama dağılımları ve bunların kapladıkları alanlar Çizelge 3’de verilmiştir. Ayrıca çalışma alanına ait fizyografya haritası ve bunlar üzerinde tanımlanan arazi yetenek sınıfları (AYS) Şekil 2’de birlikte verilmiştir.

Çizelge 3. Fizyografya ve arazi yetenek sınıfları.

Table 3. Physiography and land capability classes.

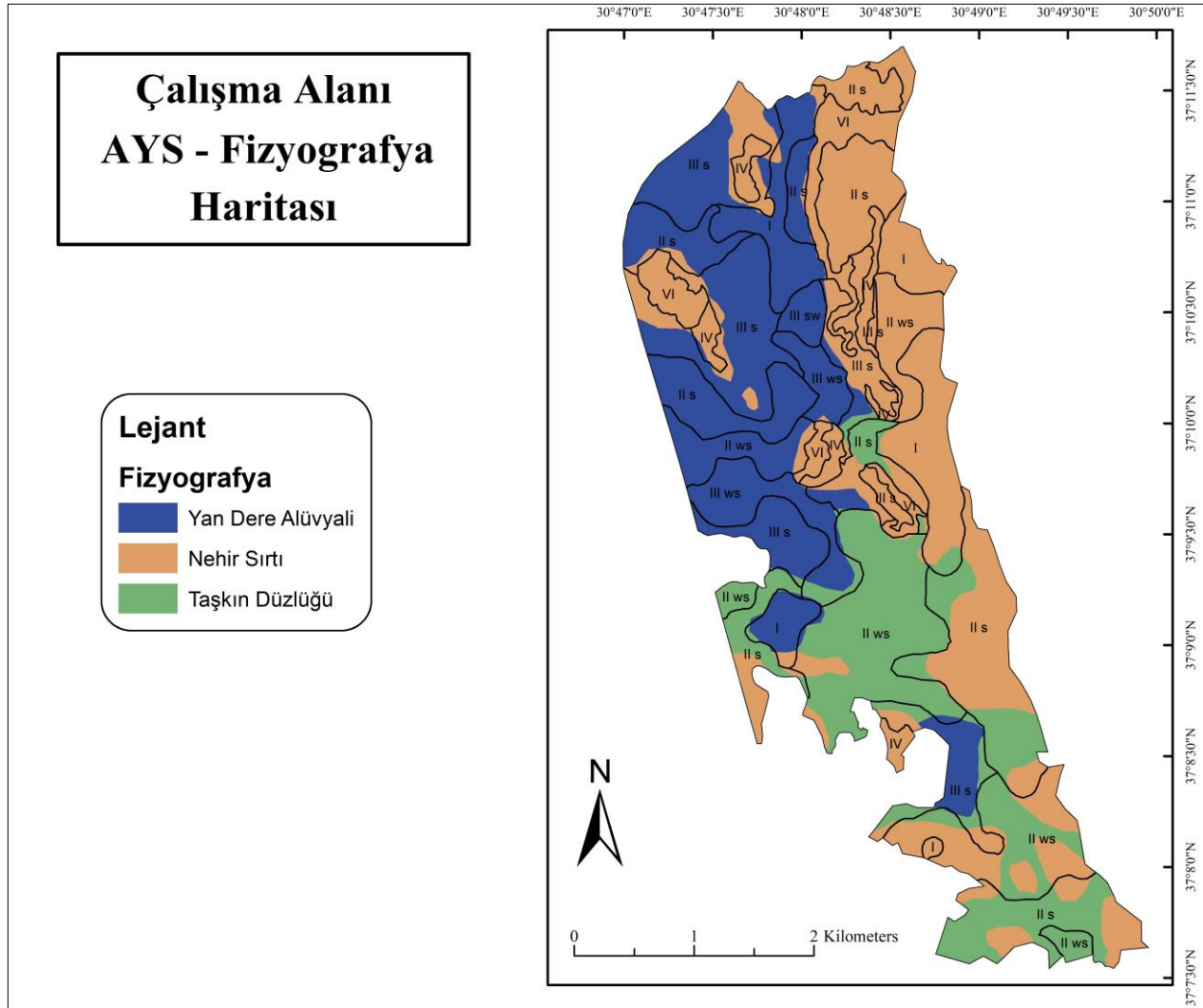
Fizyografik Ünite	AYS	Alan (ha)	Alan (%)
Nehir Sırtı	I, IIs, IIws, IIIs, IVe, VIe	638.03	43.5
Yan Dere Alüviyalı	I, IIs, IIws, IIIs, IIIsW, IIIws	488.79	33.3
Taşkın Düzlüğü	IIs, IIws, IIIs	341.37	23.2

Çizelge 3 incelendiğinde nehir sırtı fizyografyasının 638.03 ha’lık alanla en fazla dağılım gösteren fizyografya olduğu görülmektedir. Bu fizyografya üzerinde yer alan Tepeönü, Tepelik ve Çakıllı toprak serilerinin bulunduğu arazilerin yetenek sınıfları I, IIs, IIws, IIIs, IVe, VIe olarak sınıflandırılmıştır. Nehir sırtı fizyografyasında yapılan tanımlamalarda Tepeönü serisinde alanlarında az da olsa (toplam nehir sırtı fizyografyasının %5.4’ü) düzeltilebilir

drenaj özelliğine sahip IIws arazi yetenek sınıfı tanımlanmıştır. Üzerinden malzeme alınmış VIII. sınıf araziler haritalanması güç olacağı için yetenek sınıfı VI olarak tanımlanan araziler ile birleştirilerek haritalandırılmışlardır.

Çalışma alanında en büyük ikinci dağılıma sahip fizyografya olan Yan Dere Alüviyal fizyografyası 488.79 ha dır. Bu fizyografya üzerindeki arazilerin yetenek sınıfı I, II s, IIws, III s, IIIsw, IIIws olarak sınıflandırılmıştır. IIws arazi yetenek sınıfı Yeşilyurt ve Domuz tepesi toprak serilerinde tanımlanırken IIIws arazi yetenek sınıfı ise Desteçi, Fettanlar ve Domuz tepesi toprak serileri üzerinde tanımlanmıştır. Arazi yetenek sınıfı I. sınıf olarak tanımlanan araziler bu fizyografyada sadece Köşeler serisi topraklarında belirlenmiştir.

Taşkın Düzlüğü fizyografyası üzerinde tanımlanan arazilerin yetenek sınıfları 341.37 ha'dır. Arazi Yetenek sınıflamasına göre, II s, IIws, III s sınıfları belirlenmiştir. Bu fizyografya üzerinde tanımlanan tek seri olan İçmesuyu serisi topraklarında 120 cm derinliğe kadar yapılan tanımlama işlemlerinde tekstüründe kil yüzdesinin %31-46 arasında değişmesi, strüktürün özellikle 18 cm' den sonraki alt katmanlarda gelişmemiş (masif) olması ve düz ve düze yakın eğime sahip araziler olması drenaj sorunlarını beraberinde getirmiştir. Drenaj sorununun arazi yetenek sınıflamasında daha çok önemli hale geldiği bu fizyografyada pas lekeleri bazı yerlerde çok fena düzeyinde (0-30cm) görülmüştür.



Şekil 2. Çalışma alanının fizyografya ve arazi yetenek sınıfı haritası.

Figure 2. Physiography and land capability class map of the study area.

SONUÇ

Bilindiği üzere akarsuların aşındırma, taşıma ve depolama işlevleri vardır. Bu kapsamda bizim çalışma alanımız da Aksu çayı ve yan kollarının, geçtiği yerlerden aşındırarak kopardığı materyalleri, taşıyıp getirdiği ve depoladığı, zaman zaman taşkınlar yaparak, akış yataklarının dışına çıktığı geniş bir alanı kapsamaktadır. Alüviyal araziler, tüm dünyada genç araziler olarak bilinmektedirler. Bir başka deyişle pek çoğu Kuvaterner dönemin oluşuklarıdır. Yapılan arazi ve laboratuvar çalışmaları göstermiştir ki, çalışma alanına ait araziler de Kuvaterner dönemin ürünü olan genç araziler olup, yine üzerlerinde gelişen topraklar da A-C horizon dizilimine

sahip genç topraklardır. Genç olmaları nedeniyle de toprak profillerini geliştirecek prosesler henüz tam olarak yaşanmamıştır.

Alüviyal arazilerde çok farklı fizyografik ünitelerin gelişebildiği bilinmektedir. Ancak yapılan bu çalışma Aksu çayının bir kısım orta ve daha çok alt zonunu kapsamaması nedeniyle, sadece üç fizyografik ünite tespit edilebilmiştir. Arazide yapılan tespitler ve laboratuvarla desteklenen veriler göz önüne alındığında, fizyografyalardaki değişimlerle, toprak özellikleri arasında sıkı bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Bu sebeple Aksu çayı hemen her yıl taşmasına rağmen, toprak oluşumunu etkileyecek düzeyde bir fizyografik ünite ve üzerinde geniş alanları kapsayacak toprakları oluşturamamıştır. Yapılan incelemeler göstermiştir ki, araştırma sahasında en az alana sahip fizyografik ünite taşkın düzlüğüdür. Eğimin düz ve düze yakın olduğu topografyalarda daha çok rastlanan taşkın düzlüğü fizyografyasına bizim araştırma alanımızda sadece İçmesuyu serisi topraklarında rastlanılmıştır. Söz konusu seri topraklarında, profil boyunca kil miktarı yüksektir. Siltli killi tın, killi tın ve kil tekstüre sahip horizonlardan, sadece Ap horizonunda küçük, yarı köşeli blok strüktür tespit edilmiştir. Bu bulgu da toprakların henüz çok genç olduğunu bir diğer kanıttır. Yüksek kil içeriği ve az gelişen strüktüre bağlı olarak, yer yer drenaj sorunu gözlenmektedir. Ancak bu sorunlar bile arazilerin II. ve III. sınıf olarak tanımlanmalarına engel olamamıştır.

Akarsuların hemen sağ ve sol sahillerinde yer alan ve yanlamasına depolamada ilk depolanan malzemenin yer aldığı fizyografya, nehir sırtı fizyografyasıdır. Çalışma alanının %43.5' ini oluşturan bu fizyografya üzerinde Tepelik, Tepeönü ve Çakıllı serisi toprakları tespit edilmiştir. Alüviyal fizyografyalar içinde en kaba malzemenin biriktiği fizyografya olarak bilinen nehir sırtı toprakları, çalışma alanında tekstürel olarak incelendiğinde, diğer serilere nazaran daha kaba tekstüre sahip (SC, L, CL, SCL, SL, LS) oldukları bulunmuştur. Strüktürel olarak incelendiklerinde ise, yüzey ve yüzeye yakın A horizonlarında orta büyüklükte yarı köşeli blok gelişebilmiş, diğer strüktür gelişimi görülen horizonlarda ise orta büyüklükte granüler strüktüre rastlanılmıştır. Bu nedenle nehir sırtı fizyografyasının bulunduğu topraklarda büyük ölçüde drenaj sorunu ile karşılaşmamıştır. Ancak bu toprakların hafif bünyeli olmaları, su tutma kapasitelerinin düşük olması da göz önüne alınarak, bitki besin elementlerinin kolayca profilden yıkanarak uzaklaşabileceği, yine amenajman planlamalarında sulamanın gübrelemenin ve toprak işlemenin fizyografya ve toprak özelliklerine uygun bir program dahilinde yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Daha çok eğimli topografyaların bulunduğu yan dere alüviyal fizyografyası, Aksu çayını besleyen yan derelerin alüvyallerinin oluşturduğu arazilerdir. Çalışma alanında bu fizyografya üzerinde gelişen toprak serileri, Desteiçi, Köşeler, Fattanlar, Yeşilyurt ve Domuz tepesi serileridir. Söz konusu serilerin tekstür özellikleri (C, CL, SiCL, SCL, L, SL ve SiL) genellikle orta ve ağır tekstürlüdür. Strüktür ise sadece yüzey ve yüzeye yakın horizonlarında gelişim göstermekte, granüler ve yarı köşeli blok şeklinde sıralanmakta ve C horizonlarında ise masif bir yapı arz etmektedir. Strüktür gelişiminin zayıf ve nispeten tekstürün ağır olması profillerde görülen pas lekelerini açıklar niteliktedir.

Çalışma alanı verimli alüviyal arazilerin tipik örneklerinden olup 3 farklı fizyografya üzerinde 8 farklı arazi yetenek sınıfı dağılım göstermektedir. Arazilerinin % 81.3'ü; I. sınıf (% 12), II. sınıf (% 41.7) ve III. sınıf (% 27.6) arazi yeteneğine sahip arazilerdir. Arazi yetenek sınıflarının fizyografyalara göre dağılımına bakıldığında sadece nehir sırtı fizyografyasında eğimle ilgili kısıtlamaların olduğu ancak drenaj ya da toprak profilindeki fazla su sorununun ise her fizyografyada sorun olarak tespit edilmiştir. IVe arazi yetenek sınıfına ait araziler ise genellikle eğimin dik veya çok dik olduğu arazilerdir.

Genel olarak alüviyal araziler verimli tarım arazileri olarak bilinmelerine rağmen, sahip oldukları özellikleriyle pek çok sorunu da barındırabilmektedirler. Tam da bu sebeple özelliklerinin detaylı bir şekilde bilinip, haritalanması ve yetenekleri nispetinde kullanılması büyük önem arz etmektedir. Yetenekleri haricinde kullanılan topraklar çok kısa sürede tarımsal üretim potansiyellerini kaybedecekler, kirlenecekler veya amaçları dışında kullanılacaklardır. Sonuç olarak yapılan bu çalışma ile önemli bir akarsuyun bir bölümü detaylı bir şekilde etüt edilerek haritalanmış ve arazi özellikleri ile toprak özellikleri beraber değerlendirilerek arazinin yetenek sınıfları ortaya çıkarılmıştır. Amenajman planlamalarında dikkat edilmesi gereken hususların altı çizilmiştir. Tarımsal arazilerin miktar olarak arttırılamayacağını bildiğimiz bu günlerde, var olan kaynakları korumak, koruma-kullanma dengesini kurmak ve yasalarla söz konusu arazileri başka amaçlarla kullandırmamak bilim adamlarının en temel görevi olmalıdır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

YAZAR KATKISI

Yazarlar projenin arazi, ofis, laboratuvar çalışmaları ve makalenin yazılması aşamalarında birlikte çalışmışlardır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, FBA-2016-1536 numaralı Araştırma Projesinin bir bölümüdür. Katkılarından dolayı Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Altunbaş, S., Gözükara, G., Şimşek, O., & Buyurgan, K. (2017). Aksu Ovası Topraklarının Arazi Kullanım Planlamasında Kullanılmak Üzere Temel Toprak Etütlerinin Yapılması ve Özelliklerinin Belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri, Normal Araştırma Projesi, Antalya.
- Anonim. (2016). *İklim Verileri*. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Antalya.
- Aşkın, T., Kızılkaya, R., Olekhov, V., Mudrykh, N., Samafalova, I., & Türkmen, F. (2014). Toprak organik karbonu: Jeostatistiksel bir yaklaşım. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 2(1), 13-18.
- Benayas, J. M. R., Sacher-Colomer, M. G., & Escudero, A. (2004). Landscape- and field-scale control of spatial variation of soil properties in Mediterranean montane meadows. *Biogeochemistry*, 69, 207-225.
- Cambardella, C. A., Moorman, A. T., & Novak, J. M. (1994). Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, 58, 1501-1511.
- Chien, Y. J., Lee, D. Y., & Guo, H. Y. (1997). Geostatistical analysis of soil properties of mid-west Taiwan soils. *Soil Science*, 162, 291-298.
- Demirel, B. Ç., & Şenol, S. (2019) Hızlı büyüme potansiyeline sahip yerleşim alanlarının detaylı toprak etütleri ve arazi değerlendirmeleri: Mustafalar Köyü örneği, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(4), 711-721.
- Dengiz, O., Gürsoy, F., & Sağlam, M. (2017) Aluviyal araziler üzerinde oluşmuş farklı toprakların uygun toprak işleme durumlarının belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 32(1), 104-96.
- Diñç, U., & Şenol, S. (2013). *Toprak Etüd ve Haritalama*, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:161, Ders Kitapları ,Yayın No: 50, Adana.
- ESRI, 2008. *ArcGIS 10.2*, Environmental System Research Institute. Redland CA, USA.
- Gözükara, G., Altunbaş, S., & Sarı, M. (2019). Mekansal değişimin alüviyal fanlar üzerinde oluşan toprakların özelliklerine etkisi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32(3), 425-435.
- Isaaks, E. H. & Srivastava, R. M. (1989). *An Introduction to Applied Geostatistics*. Oxford University Press, NewYork.
- Karaman, M. R., Susam, T., Turan, M., Tutar, A., & Şahin, S. (2012). Çilek tarımı yapılan arazide uzaysal doğal organik madde değişimlerinin jeostatistiksel yöntemlerle belirlenmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Dergisi*, 1, 197-20.
- Kılıç, Ş., & Şenol, S. (2002). Antakya yöresi topraklarının bazı fiziksel, kimyasal özellikleri ve sınıflandırılması. *Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(1-2), 1-14.
- Klingebiel, A. A., & Montgomery, P. H. (1966). *Land-Capability Classification*. US Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Washington, DC.
- Koca, Y. K., Şenol S. (2018). *Jeostatistiksel modellemenin detaylı toprak etütlerinde kullanılma olanaklarının seçilen test alanında belirlenmesi*. International Engineering and Natural Sciences Conference, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır.
- Mallants, D., Mohanty, B. P., Jacques, D., & Feyen, J. (1996). Spatial variability of hydraulic properties in a multi-layered soil profile. *Soil Science*, 161(3), 167-181.
- Şenol S., Aksoy E. , Çullu M. A., Bayramın İ., Kılıç Ş., Dingil M., & Koca Y. K. (2010). *Türkiye’de toprak koruma ve arazi kullanım kanunu gereği yapılması zorunlu toprak etütleri ve önemi*. Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, Ankara.
- Şimşek, O., Altunbaş, S., Demirel, B. Ç., & Gözükara, G. (2020). Alüviyal fizyografyalar üzerinde gelişen farklı topraklarda arazi değerlendirme çalışmaları. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 33(1), 129-135.
- Webster, R. (1985). Quantitative spatial analysis of soil in the field. In: B.A Stewart, (Eds.), *Advances in Soil Science*, Springer: NewYork.