Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi

Anadolu Journal of Agricultural Sciences
Uluslararası Hakemli Dergi / International Peer Reviewed Journal

ISSN (Print): 1308-8750
ISSN (Online): 1308-8769

http://dergipark.gov.tr/omuanajas

ANADOLU TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ

Anadolu Journal of Agricultural Sciences
Uluslararası Hakemli Dergi / International Peer Reviewed Journal

Sahibi/Publisher
Prof. Dr. Sait BİLGİÇ (rektor@omu.edu.tr)

Editörler/Editors
Prof. Dr. Hüsnü DEMİRSOY (husnud@omu.edu.tr)
Doç.Dr. Hakan ARSLAN (hakan.arslan@omu.edu.tr)
Prof.Dr. Deniz EKİNCİ (dekinci@omu.edu.tr)
Prof.Dr. Hüseyin ÇELİK (huscelik@omu.edu.tr)
Prof.Dr. Miray SÖKMEN (mirays@omu.edu.tr)
Prof.Dr. Kürşat DEMİRYÜREK (kursatd@omu.edu.tr)
Prof.Dr. Bilal CEMEK (bcemek@omu.edu.tr)
Prof. Dr. Orhan DENGİZ (odengiz@omu.edu.tr)
Prof..Dr. Ferat UZUN (fuzun@omu.edu.tr)
Doç.Dr. Ali Vaiz GARİPOĞLU (alivaizg@omu.edu.tr)
Doç.Dr. Alper TANER (alper.taner@omu.edu.tr)
Doç.Dr. Levent MERCAN (lmercan@omu.edu.tr)

Uluslararası Danışma Kurulu / International Advisory Board
Prof. Dr. Abdülbaki BİLGİÇ (abilgic@atauni.edu.tr)
Atatürk Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Canan CAN (can@gantep.edu.tr)
Gaziantep Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. David HERAK (herak@tf.czu.cz)
Czech University of Life Sciences, Czech Republic)
Doç.Dr. Murat ÇANKAYA (cankayamuratt@gmail.com)
Erzincan Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Fikrettin ŞAHİN (fsahin@yeditepe.edu.tr)
Yeditepe Üniversitesi, Türkiye
Prof.Dr. Ahmet ŞAHİN (ahmet.sahin@ahievran.edu.tr)
Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir
Prof.Dr.Süleyman KODAL (kodal@agri.ankara.edu.tr)
Ankara Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Murat ŞENTÜRK (msenturk@agri.edu.tr)
Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Nebahat SARI (nesari@cu.edu.tr)
Çukurova Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Sedat SERÇE (sedatserce@nigde.edu.tr)
Niğde Üniversitesi, Türkiye
Prof.Dr. Kazım ÇARMAN (kcarman@selcuk.edu.tr)
Selçuk Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Hsin Chi (hsinchi@dragon.nchu.edu.tw)
National Chung Hsing University, Taiwan, Republic of China
Prof. Dr. Jozsef RATKY (jratky@@atk.hu)
Res. Inst. for Animal Breeding and Nutrition, Hungary
Prof. Dr. Mogens VESTERGAARD
(mogens.vestergaard@agrsci.dk) University of Aarhus, Denmark
Prof.Dr. Claudiu T. Supuran, (claudiu.supuran@unifi.it)
Univ Florence, Italy
Assit. Prof.Dr. Marketa Mihalikova(mihalikova@af.czu.cz
Czech University of Life Sciences, Czech Republic)
Prof. Dr. Ünal KIZIL (unal@comu.edu.tr)
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye
Prof.Dr.Soner ÇANKAYA (scankaya@omu.edu.tr)
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye
Doç.Dr. Kağan KÖKTEN (kahafe1974@yahoo.com)
Bingöl Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Şenay ŞİMŞEK (senay.simsek@ndsu.edu)
North Dakota State University, USA

Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi Şubat, Haziran ve Ekim aylarında olmak üzere yılda üç sayı olarak yayınlanır. DOAJ, AGRICOLA, CrossRef, ProQuest, OJS, CAB Abstract, EBSCOhost, ULRICH'S Periodical Directory, FAO AGRIS/CARIS, NewJour, Cite Factor, Scientific Indexing Services, Directory of Research Journals Indexing, Open Academic Journals Index, Cosmos Index ve TÜBİTAK-ULAKBİM TR Dizin (Yaşam Bilimleri Veri Tabanı, 1998-) tarafından taranmaktadır.

Anadolu Journal of Agricultural Sciences (ANAJAS) is published as three issues (February, June and October) per a year. ANAJAS is indexed and abstracted in DOAJ, AGRICOLA, CrossRef, ProQuest, OJS, CAB Abstract, FAO AGRIS/CARIS, EBSCOhost, ULRICH'S Periodical Directory, NewJour, Cite Factor, Scientific Indexing Services, Directory of Research Journals Indexing, Open Academic Journals Index, Cosmos Index and TUBITAK-ULAKBIM TR Index (Life Science Data Base, 1998-).

Amaç ve Kapsam
Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi yeni bulgular ortaya koyan erişilebilir ve uygulanabilir temel ve uygulamalı yöntem ve tekniklerin sunulduğu bir forumdur. Tarımsal alanlarda yürütülen çalışmalardan üretilen orijinal makaleleri yayınlamaktadır. Ayrıca, güncel konulardaki davetli derlemelere de yer verilmektedir. Basım dili Türkçe ve İngilizcedir.

Aim and Scope
Anadolu Journal of Agricultural Sciences is a forum for presenting articles on basic and applied research, thus making new findings, methods and techniques easily accessible and applicable in practice. It publishes original papers on research in the fields of agriculture. Invited reviews on popular topics are published. Articles are published in Turkish and English.

ISSN (Print): 1308-8750
ISSN (Online): 1308-8769

http://dergipark.gov.tr/omuanajas

Yazışma adresi / Correspondence
Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, 55139 Atakum/Samsun
Tel: 0 (362) 312 19 19 Fax: 0 (362) 457 60 34 e-mail: zfyayin@omu.edu.tr

ANADOLU TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ
Anadolu Journal of Agricultural Sciences

İçindekiler (Contents) Cilt/Volume: 34 Sayı/Number: 2 June / Haziran 2019 Sayfa No (Page)

Bahçe Bitkileri (Horticultural Sciences)

Kuzey Kıbrıs'ta sık dikim sisteminde yetiştirilen 'Picual' ve 'Koroneiki' zeytin çeşitlerinin meyve ve yağ verim ve kaliteleri
Yield and oil quality of 'Picual' and 'Koroneiki' olive cultivars under high density planting system in Northern Cyprus 107
İbrahim Kahramanoğlu

Karayemişte bazı bitki özellikleri üzerine boğma ve Pro-Ca uygulamalarının etkisi
Effects of girdling and Pro-Ca applications on some plant characteristics in Cherry Laurel
Ali İslam, Orhan Karakaya, Hale Orta, Burhan Öztürk 112

Patlıcan anaç ıslahında Solanum melongena ve Solanum aethiopicum genotipleri arasında türler arası melez uyuşumu ve hibrit tohum özellikleri
Interspecific hybridization and hybrid seed traits of *Solanum melongena* and *Solanum aethiopicum* genotypes for eggplant rootstock breeding
Şeyma Sarıbaş, Ahmet Balkaya, Dilek Kandemir, Onur Karaağaç 117

Bitki Koruma (Plant Protection)

Fındık bahçelerinde kullanılan bazı fungisitlerin Anisandrus dispar Fabricius (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) ile simbiyotik ilişkili Ambrosiella hartigii Batra'ya karşı laboratuvar şartlarında etkinliklerinin belirlenmesi
Determination of efficacy of some fungicides used in hazelnut orchards against Ambrosiella hartigii Batra symbiotically associated with Anisandrus dispar Fabricius (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) under laboratory conditions
İsmail Erper, Rahman Kushiyev, Elif Yıldırım, Muharrem Turkkan, Celal Tuncer 128

Kavunda Fusarium solgunluk hastalığına karşı bazı rizobakterilerin ve bitki aktivatörlerinin etkinliklerinin belirlenmesi
Determination of efficiencies of some rhizobacteria and plant activators against Fusarium wilt disease of melon 135
Kübra Delisoy, Hacer Handan Altınok

Tarım Ekonomisi (Agricultural Economics)

Tarımsal sulamaların ekonomik ve sosyal etkilerinin değerlendirilmesi: Asartepe Barajı üzerine bir uygulama
Evaluation of economic and social effects of agricultural ırrigations: An application on Asartepe Dam
Mehmet Arif Şahinli, Ahmet Özçelik 146

Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği (Agricultural Machinery and Technologies Engineering)

Mekanize fındık hasadı ile toplanan fındığın yatay hava tünelinde taş ve topraktan temizlenme olanaklarının incelenmesi
Examination of the possibility of separation of the hazelnut collected by mechanized hazelnut harvest from stone and soil in horizontal air tunnel 156
Kübra Meriç Kalın, Mehmet Arif Beyhan

Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü (Agricultural Biotechnology)

Saf Gerze tavuğu ve Sinop ili köy tavuğu popülasyonlarının sekiz polimorfik mikrosatellit lokusu bakımından karşılaştırılması
Comparison of Gerze and village chicken populations in Sinop by eight polymorphic microsatellite loci 164
Levent Mercan, Fatih Bilgi, Merve Budak

Mısır (Zea mays L.) bitkisinin üşüme stresine toleransı sırasında yaprak büyüme bölgelerinde mikroRNA aracılıklı redoks regülasyonunun incelenmesi
Investigation of microRNA-mediated redox regulation in leaf growth regions during chiling stress tolerance of maize (Zea mays L.) 172
Fatma Aydınoğlu, Burak Akgül

Tarla Bitkileri (Field Crops)

Farklı kökenli arpa çeşitlerinin tane verimi ve bazı kalite özellikleri yönünden değerlendirilmesi
Determination of different origin barley cultivars in terms of grain yield and some quality traits
Özge Doğanay Erbaş Köse, Zeki Mut 184

Dactylorhiza romana (sebast.) soo. salep orkidelerinde dört yıllık gelişim sürecinin tanımlanması
Description of development period of Dactylorhiza romana (Sebast.) Soo. during four consecutive years
Ömer Çalışkan, Dursun Kurt 195

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme (Soil Science and Plant Nutrition)

Pirina ve balık atıklarının birlikte kompostlanması ve toprak ıslahında kullanılması
Co-composting of olive pomace and fish wastes and use in soil improvement 201
Remzi İlay, Gökhan Erarslan, Yasemin Kavdır

Çarşamba Ovası'nda işlenen tarım alanlarının bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin incelenmesi
Investigation of some physical and chemical soil properties of cultivated fields in Çarşamba Plain
Nalan Kars , İmanverdi Ekberli 210

Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi
Anadolu Journal of Agricultural Sciences
http://dergipark.gov.tr/omuanajas

Research/Araştırma

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 34 (2019)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/omuanajas.466015

Yield and oil quality of 'Picual' and 'Koroneiki' olive cultivars under high density planting system in Northern Cyprus

İbrahim Kahramanoğlu

Faculty of Agricultural Sciences and Technologies, European University of Lefke, Lefke, Northern Cyprus via Mersin 10 Turkey
Corresponding author/Sorumlu yazar: ibrahimcy84@yahoo.com

Geliş/Received 01.10.2018 Kabul/Accepted 24.01.2019

ABSTRACT
This study aimed to determine olive and oil yield and quality of 'Picual' and 'Koroneiki' cultivars grown in high density planting systems in Northern Cyprus. The research was conducted in the city of Güzelyurt located in the western part of Northern Cyprus during 5 consecutive crop years from 2013 (2nd growing year) to 2017 (6th growing year). Planting distance of the two cultivars was adjusted as 4 x 2 m, equalling to 1250 trees ha^{-1}. Results showed that 'Koroneiki' is more promising than 'Picual' and it starts fruit bearing 2 years after planting. The 'Picual' cultivar was found to be late in fruit bearing, but its yield was noted to be significantly higher than the 'Koroneiki', where the cumulative yield of 'Picual' reached 'Koroneiki' in two years. Oil yield (% of fruit weight) of 'Koroneiki' was found to be varied from 21.02 % to 22.67 % and of 'Picual' from 18.47 % to 20.13 %. 'Picual' cultivar with less oil yield (% of fruit weight) than 'Koroneiki' noted to have higher oil per tree (kg).

Keywords:
Olive tree performance
Cumulative olive yield
Fruit weight
Free fatty acidity
Peroxide value

Kuzey Kıbrıs'ta sık dikim sisteminde yetiştirilen 'Picual' ve 'Koroneiki' zeytin çeşitlerinin meyve ve yağ verim ve kaliteleri

ÖZET
Bu çalışmanın amacı Kuzey Kıbrıs'ta sık dikim sisteminde yetiştirilen "Picual" ve "Koroneiki" çeşitlerinin zeytin ve yağ verimi ve kalitesini belirlemektir. Araştırma, Kuzey Kıbrıs'ın batısındaki Güzelyurt şehrinde, 2013'ten (2'nci büyüme yılı) 2017'ye (6'ıncı büyüme yılı) kadar devam eden 5 ardışık ürün yılı boyunca gerçekleştirilmiştir. Her iki çeşit de 4 x 2 m dikim mesafesinde, toplam 1250 ağaç ha^{-1}'a eşit olacak şekilde dikilmiştir. Elde edilen sonuçlar, "Koroneiki" çeşidinin "Picual" çeşidinden daha erkenci olduğunu ve ekimden 2 yıl sonra meyve vermeye başladığını göstermiştir. Anca, 'Koroneiki'ye göre daha geç verime yatan 'Picual' çeşidi, 5 yıl sonundaki kümülatif verimler incelendiği zaman 'Koroneiki'yi yakaladığı görülmüştür. Sonuçlar doğrultusunda 'Koroneiki'nin yağ veriminin (yaş meyve ağırlığının %'si) % 21.02'den % 22.67'ye; 'Picual'ın yağ veriminin ise % 18.47'den % 20.13'e kadar değiştiği belirlenmiştir. 'Picual' çeşidinin 'Koroneiki' daha düşük bir yağ verimi (yaş meyve ağırlığının %'si) olmasına karşın, ağaç başına yağ veriminin (kg) daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler:
Zeytin ağacı peformansı
Kümülatif zeytin verimi
Meyve ağırlığı
Serbest yağ asidi
Peroksit değeri

© OMU ANAJAS 2019

1. Introduction

Olive tree (*Olea europea* L.) is reported to be a drought tolerant species (Orgaz and Fereres, 1997) which is an important tree in the habitats of Cyprus as in many other Mediterranean countries (Meikle 1977; Egoumenidou, 2005). Olive oil is reported to be very beneficial for human health while it helps human body to fight against cardiovascular disease (Serra-Majem et al., 2003). Production and consumption of olives (mainly as olive oil) is continuously increasing all over the world, due to its scientifically noted health benefits (Menendez et al., 2006; Ocakoglu et al., 2009). Olive production in Cyprus is mainly focused on wild varieties with low yield and quality, while at the same time, olive plantations are generally found on hills with high distance among the trees. Yield and quality of olive and olive oil are significantly influenced by olive cultivar (Tura et al., 2007) climate and geographical production area (Cerretaini et al., 2006; Temine et al, 2006), and production system (Lozano-Sanchez et al., 2010).

Many studies suggested that some wild or clonal cultivars are suitable for high density plantations, and

high density plantations improve fruit yield per area (Tous et al., 2010; Farinelli et al., 2012; Abenoza et al., 2014). Abenoza et al. (2014) reported that the choice of correct variety is utmost important in high density planting systems to reach high yield and ensure mechanical harvesting. Traditional varieties of Cyprus are known to be un-suitable for high density planting system (Anestiadou et al., 2017), where few or no studies were carried about the adaptation and suitability of other clonal, newly developed cultivars in Northern Cyprus. The olive cultivar cv. Koroneiki is reported to be suitable for high density planting systems (Allalout et al., 2011) but not tested in Northern Cyprus before (Allalout et al., 2011). This research aimed to study the olive and oil yield and quality performance of 'Koroneiki' and 'Picual' grown in high density planting systems in Northern Cyprus.

2. Materials and Methods

This research was conducted in an experimental orchard, which was established in May 2012 at the Research and Application Farm of the European University of Lefke, near Güzelyurt city (35°11'07.05" N, 32°58'27.92" E, altitude 45 m a.s.l.). Seedlings of *Olea europea* L. cv. 'Picual', and cv. 'Koroneiki' were planted with a pattern of 4 x 2 m (1250 trees ha^{-1}). The researches had been continued for 5 consecutive crop years from 2013 (2^{nd} growing year) to 2017 (6^{th} growing year). Average minimum temperature of the region is around 7 °C (measured in January) where the average highest temperature reaches up to 35 °C in August. The mean rainfall of the region during the 5 years of study was 346.74 mm. The soil of the research area is clay loam with about 2.5% organic matter content. Picual is known as the most abundant variety in the world. The name of the variety is coming from the fruit's pointed tip shape. The oil quality is known as good and is prized for its high stability (resistance to oxidation) and this characteristic gives it great resistance to high temperatures (Anonym, 2018a). The Koroneiki tree was reported to grow in Greece for more than 3,000 years. The fruits of this variety are very small, but they contain high oil content which include very high levels of poly-phenols. In Greece, the Koroneiki is considered as the 'queen of olives' (Anonym, 2018b).

Completely randomized block design was used for the experiments and 3 replications (each with 30 trees) were assigned for each treatment. Trees were trained as a single trunk training system. The orchard was irrigated through a drip irrigation system according to the needs of the plants. Regular control of pests and diseases performed. One to two pesticide applications performed for controlling olive fruit fly (*Bractocera oleae*). Harvesting of 'Picual' was performed in December and of 'Koroneiki' was performed in January, depending on the maturity index and season. Olive skin and pulp colours were used as a guideline for the maturity index. Fruits of the 24 out of 30 trees of each replication were used for yield analyses (kg $tree^{-1}$) which were hand-picked by professional workers. Three trees from each side of the replications were not used for further analysis to prevent any side-effects. Five trees out of 24 were selected from each replication and 10 fruits were sampled from each tree to assess their mean weight (g), polar diameter (mm) and equatorial diameter (mm) in 2016 and 2017. Olive oil was extracted with an industrial olive mill. The malaxation temperature was 28 °C for 30 min. After malaxation, oil was separated with a vertical centrifuge and left to decant. Oil yield per tree (kg) and oil (% of fruit weight) were then calculated. Oil samples were kept in dark bottles at 4 °C till further chemical analysis (Bourazanis et al., 2016). International Organization for Standardization (ISO) 660 analytical method was used for the measurement of free fatty acid (% oleic acid) and peroxide value (mEq O_2 kg^{-1}) was assessed by titration of samples with sodium thiosulfate according to the European Union standard methods (Commission Regulation EEC/2568/91).

Data of the experiments was subjected to independent samples t-test (5% and 1%) to determine any significant differences among the cultivars, and one-way analysis of variance was performed to assess the statistical significance among the years. SPSS 22.0 was used for the data analysis.

3. Results and Discussions

According to the results, the 'Koroneiki' cultivar was found to be more precocious than 'Picual' by boring fruits in the second year (Table 1.). First yield from the 'Picual' cultivar was obtained in 2016 (5^{th} year after planting). Both olive and oil yield of the cultivars showed significant differences in all years. The yield of 'Koroneiki' cultivar showed considerable increase from second year to third year, and then it stayed similar. The highest yield from 'Koroneiki' cultivar was measured in 4^{th} year with 7.96 kg $tree^{-1}$ and is followed by 6^{th} year with a yield of 7.69 kg $tree^{-1}$. The 'Picual' cultivar was found to be late in fruit bearing, but its yield was found to be significantly higher than the 'Koroneiki', where the cumulative yield of 'Picual' reached 'Koroneiki' in two years, and no significant difference was obtained for cumulative olive yield (Figure 1.). According to the results, it might be suggested that both cultivars have no 'on' and 'off' seasons. The oil results of 'Picual' and 'Koroneiki' varied from 18.47 % (first harvest of 'Picual' in 5^{th} year) to 22.67 % (final harvest of 'Koroneiki' in 6^{th} year) (Table 1.). Olive oil yield of the two cultivars showed significant differences. 'Koroneiki' cultivar was found to have higher oil yield than 'Picual' in all years. Olive oil yield (% of fruit weight) is an important parameter, but oil yield per tree (kg) is more important for olive growers. The oil per tree findings of two cultivars varied from 0.09 kg (first harvest of 'Koroneiki' in 2^{nd} year) to 3.46 kg (final harvest of 'Picual' in 6^{th} year) (Table 2.). Cultivars

showed significant differences for olive oil per tree (kg) in all years. Oil yield per tree (kg) of 'Picual' cultivar in 6th year after planting is around double of the 'Koroneiki' cultivar. Cumulative oil yield (kg ha^{-1}) of 'Koroneiki' in 5 consecutive years is found to be higher than the 'Picual' (Figure 1.). However, results may suggest that cumulative oil yield of 'Picual' cultivar would pass 'Koroneiki' in two more consecutive years. Olive and oil yield results of 'Koroneiki' are in conjunction with the results of Barranco (2010) and the results of 'Picual' are in agreement with the notes of Hagagg et al. (2013).

Table 1. Olive yield (kg $tree^{-1}$) and olive oil yield (% of fruit weight) of 'Picual' and 'Koroneiki' cultivars 5 successive growing seasons

Cultivars	2013 – 2nd	2014 – 3rd	2015 – 4th	2016 – 5th	2017 – 6th
	Total Yield (kg $tree^{-1}$)				
Picual	0.00	0.00	0.00	12.15 ** b	17.18 ** a
Koroneiki	0.43 c	6.77 b	7.96 a	6.92 ** b	7.69 ** a
	Oil (% of fruit weight)				
Picual	0.00	0.00	0.00	18.47 ** b	20.13 ** a
Koroneiki	21.12 c	21.02 c	21.72 b	22.00 ** b	22.67 ** a

*Values followed by the ** within the same column are significantly different at 1% level (independent samples t-test); and values followed by the same letter or letters within the same row are not significantly different at 5% level (Tukey's HSD multiple range test

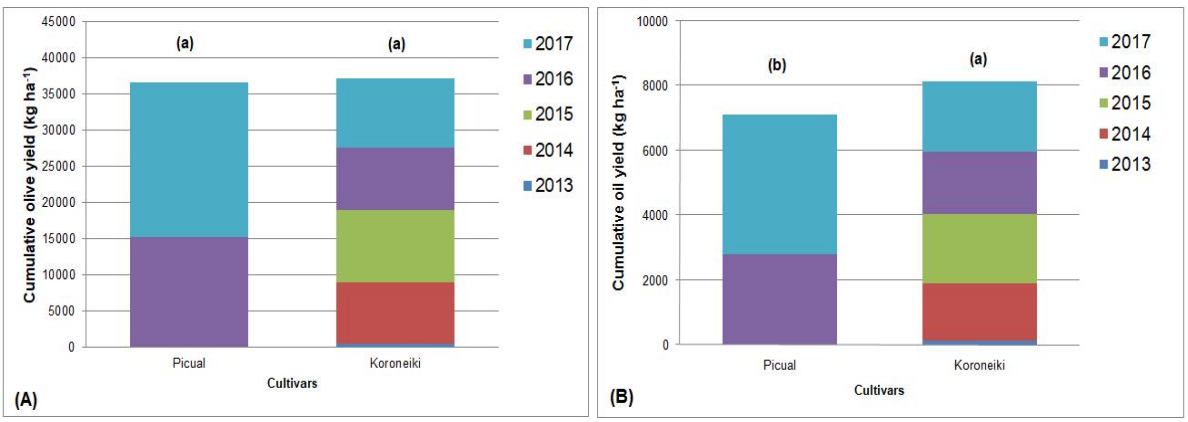


Figure 1. Cumulative yield (kg ha^{-1}), for olive (A) and olive oil (B) of 'Picual' and 'Koroneiki' cultivars after 6 years from plantation. Values followed by the same letter or letters are not significantly different at 1% level (independent samples t-test)

Table 2. Olive oil per tree (kg), free fatty acid (% oleic acid) and peroxide value (mEq O_2 kg^{-1}) of 'Picual' and Koroneiki' cultivars 5 successive growing seasons

Cultivars	2013 – 2nd	2014 – 3rd	2015 – 4th	2016 – 5th	2017 – 6th
	Oil per tree (kg)				
Picual	0.00	0.00	0.00	2.24 ** b	3.46 ** a
Koroneiki	0.09c	1.42b	1.73a	1.52 ** b	1.74 ** a
	Free Fatty Acidity (% oleic acid)				
Picual	0.00	0.00	0.00	0.49 ** a	0.40 ns b
Koroneiki	0.52 a	0.50 a	0.49 a	0.39 ** b	0.38 ns b
	Peroxide value (mEq O_2 kg^{-1})				
Picual	0.00	0.00	0.00	12.83 ** a	11.23 ** b
Koroneiki	6.19 ab	6.07 c	6.15 b	6.21 ** a	6.23 ** a

*Values of same parameter followed by the ** within the same column are significantly different at 1% level (independent samples t-test) and ns represents no significant differences. Values followed by the same letter or letters within the same row are not significantly different at 5% level (Tukey's HSD multiple range test)

The IOC (International Olive Council) standard for free fatty acid (% oleic acid) is reported to be less than 0.8 % and for peroxide value (PV) is smaller than 20 mEq O_2 kg^{-1} oil (Mailer and Beckingham, 2006; EUC, 1991, 2011). FAA values of both cultivars were found to be lower than the upper limit determined by IOC for extra virgin olive oil (Table 2.). Free fatty acid (FAA) is on the other hand is a good indicator for the longer storage of the olive oil, where lower the FAA, higher the storage duration. FAA and PV contents of the two studied cultivars showed slight fluctuations year-to-year. FAA content of the cultivars showed slight decrease since the trees getting older. In the final year, no significant difference was measured among the cultivars for FAA. Previous studies suggested that oil acidity might be variable depending on the age of the trees and climatic conditions (Dag et al., 2011; Rodrigues et al., 2018). In present study, FAA of 'Picual' cultivar was found to be lower; and PV higher than the results of Reboredo-Rodríguez (2015). However, PV of both 'Picual' and 'Koroneiki', in all seasons, were found to be lower than the IOC limit (20 mEq O_2 kg^{-1}). The results are in accordance with the findings of Bourazanis et al. (2016) for Koroneiki. The PV values of 'Picual' cultivars were lower than the IOC limit but higher than 10 mEq O_2 kg^{-1}, in which Mailer and Beckingham (2006) reported that PV values higher than 10 may be considered not good for long shelf life.

Significant differences determined for individual fruit weight between 'Picual' and 'Koroneiki' cultivars (Table 3.). As expected, the fruit weight of 'Picual' was found to be higher than 'Koroneiki'. The polar and equatorial diameter of 'Koroneiki' was also significantly lower than the 'Picual' cultivar (Figure 2.).

Figure 2. Fruits of the 'Picual' and 'Koroneiki' cultivars

Table 3. Mean fruit weight (g), polar fruit diameter (mm) and equatorial fruit diameter (mm) of 'Picual' and 'Koroneiki' cultivars for 2016 and 2017 growing seasons

Varieties and years/ Parameters	Picual			Koroneiki		
	2016	2017	Average	2016	2017	Average
Mean fruit weight (g)	5.16 $^{**\ ns}$	4.91 $^{**\ ns}$	5.04	0.70 $^{**\ ¥}$	0.45 $^{**\ ¥}$	0.58
Polar diameter (mm)	25.02 $^{**\ ns}$	24.77 $^{**\ ns}$	24.90	14.16 $^{**\ ¥}$	12.99 $^{**\ ¥}$	13.58
Equatorial diameter (mm)	18.45 $^{**\ ns}$	18.14 $^{**\ ns}$	18.30	9.73 $^{**\ ¥}$	9.10 $^{**\ ¥}$	9.42

*The first symbol following the values, the ** within the same row represents significant differences among the cultivars in same years; and the second symbol $^{¥}$ represents significant differences among the years; where ^{ns} represents no significant differences for all, at 1% level (independent samples t-test).

4. Conclusions

Current research is the first study reporting the olive and oil yield and quality of 'Picual' and 'Koroneiki' cultivars in high density planting system in Northern Cyprus. It is also important to test their olive and oil yield and quality under normal planting systems. Present study indicates that both cultivars are suitable for high density planting systems in Northern Cyprus having Mediterranean climate. 'Koroneiki' cultivar is found to be a promising cultivar in Northern Cyprus, while olive yield had substantial increase in time. However, 'Picual' cultivar with bigger fruits is noted to have higher cumulative yield than 'Koroneiki' cultivar. It should be kept in mind that yield data for 'Picual' cultivar was collected in only two years; thus further studies are necessary for reliable conclusions. Results also showed that oil yield (% of fruit weight) is not a good indicator for the economic analysis of the cultivars, while oil yield per tree (kg) might be *vice versa* with the oil yield (% of fruit weight).

References

Abenoza, M., Benito, M., Oria, R., Sanchez-Gimeno, A.C. 2014. Quality characterization of the olive oil from var. Tosca 07 grown in a commercial high density orchard. Journal of the American Oil Chemists' Society, 91: 613-622. doi:10.1007/s11746-013-2408-8.

Allalout, A., Krichene, D., Methenni, K., Taamalli, A., Daoud, D., Zarrouk, M. 2011. Behavior of super-intensive Spanish and Greek olive cultivars grown in northern Tunisia. Journal of Food Biochemistry, 35: 27-43. doi:10.1111/j.1745-4514.2010.00364.x.

Anestiadou, K., Nikoloudakis, N., Hagidimitriou, M., Katsiotis, A. 2017. Monumental olive trees of Cyprus contributed to the establishment of contemporary olive germplasm. Plos One 12(11): e0187697. doi:10.1371/journal.pone.0187697.

Anonym. 2018a. The importance of the varieties. https://www.oliveoilsfromspain.org/importance-varieties (Accessed on 21.11.2018).

Anonym. 2018b. The olive table. https://theolivetable.com/koroneiki-olives (Accessed on 21.11.2018).

Barranco, D. 2010. Varieties and rootstocks. In: Barranco, D., Fernández-Escobar, R., Rallo, L. (Eds.), Olive Growing. Juntade Andalucia and Mundi-Prensa, Madrid, pp. 59-82.

Bourazanis, G., Roussos, P.A., Argyrokastritis, I., Kosmas, C., Kerkides, P. 2016. Evaluation of the use of treated municipal waste water on the yield, oil quality, free fatty acids' profile and nutrient levels in olive trees cv Koroneiki, in Greece. Agricultural Water Management, 163: 1-8. doi:10.1016/j.agwat.2015.08.023.

Cerretaini, L., Bendini, A., Del Caro, A., Piga, A., Vacca, V., Caboni, M.F., Toschi, T.G. 2006. Preliminary characterization of virgin olive oils obtained from different cultivars in Sardinia. European Food Research Technology, 222: 354-361. doi:10.1007/s00217-005-0088-9.

Dag, A., Kerem, Z., Yogev, N., Zipori, I., Lavee, S., Ben-David, E. 2011. Influence of time of harvest and maturity index on olive oil yield and quality. Scientia Horticulturae, 127: 358-366. doi:10.1016/j.scienta.2010.11.008.

Egoumenidou, E.R. 2005. The olive tree and olive oil in the traditional life of Cyprus. Cyprus Today. (http://www.aboutcyprus.org.cy/en/the-olive-tree-and-olive-oil-in-the-traditional-life-of-cyprus) (Accessed on 26th of August, 2018).

EUC, 1991. European Union Commission Regulation (EEC) No 2568/91 of 11 July 1991 on the characteristics of olive oil and olive-residue oil and on the relevant methods of analysis.

EUC, 2011. European Union Commission Regulation (EU) No 61/2011 of 24 January 2011 amending Regulation (EEC) No 2568/91 on the characteristics of olive oil and olive-residue oil and on the relevant methods of analysis.

Farinelli, D., Ruffolo, M., Boco, M., Tombesi, A. 2012. Yield efficiency and mechanical harvesting with trunk shaker of some international olive cultivars. Acta Horticulturae, 949: 379-384. doi:10.17660/ActaHortic.2012.949.55.

Hagagg, L.F., Shahin, M.F.M., Mustafa, N.S., Genaidy, E.A.E., Hassan, H.S.A. 2013. Maximizing fruit quality and quantity of "Picual" olives cultured in North Sinai under saline conditions by using bio-stimulating substances. Middle East Journal of Applied Sciences, 3(1): 1-7.

Lozano-Sánchez, J., Segura-Carretero, A., Menendez, J.A., Oliveras-Ferraros, C., Cerretani, L., Fernández-Gutiérrez, A. 2010. Prediction of extra virgin olive oil varieties through their phenolic profile. Potential cytotoxic activity against human breast cancer cells. Journal of Agricultural Food Chemistry, 58(18): 9942-9955. doi:10.1021/jf101502q.

Mailer, R., Beckingham, C. 2006. Testing olive oil quality: Chemical and sensory methods. Primefact, 231:5.

Meikle, R.D. 1977. Flora of Cyprus. Vol. 1. The Bentham – Moxon Trust Royal Botanic Gardens, Kew.

Menendez, J.A., Papadimitropoulou, A., Vellon, L., Colomerand R., Lupu, R. 2006. A genomic explanation connecting "Mediterranean diet", olive oil and cancer: Oleic acid, the main monounsaturated fatty acid olive oil, induces formation of inhibitory "PE3 transcription factor - PEA3 DNA binding site" complexes at the Her-2/neu(erB-2) oncogenese promoter in breast, ovarian and stomach cancer cells. European Journal of Cancer, 42: 2425-2432. doi:10.1016/j.ejca.2005.10.016.

Ocakoglu, D., Tokatli, F., Ozenand, B., Korel, F. 2009. Distribution of simple phenols, phenolic acids and flavonoids in Turkish monovarietal extra virgin olive oils for two harvest years. Food Chemistry, 113: 401-410. doi:10.1016/j.foodchem.2008.07.057.

Orgaz, F., Fereres, E. 1997. Riego. In: Barranco, D., Fernaandez-Escobar, R., Rallo, L. (Eds.), El cultivo del olivo. Mundi-Prensa, Madrid, pp. 251-271.

Reboredo-Rodríguez, P., González-Barreiro, C., Cancho-Grande, B., Fregapane, G., Salvadorand, M.D., Simal-Gándara, J. 2015. Characterisation of extra virgin olive oils from Galician autochthonous varieties and their co-crushings with Arbequina and Picual cv. Food Chemistry, 176: 493-503. doi:10.1016/j.foodchem.2014.12.078.

Rodriguesa, N., Casal, S., Peres, A.M., Baptista, P., Bento, A., Martín, H., Asensio-S-Manzanera, M.C., Pereira, J.A. 2018. Effect of olive trees density on the quality and composition of olive oil from cv. Arbequina. Scientia Horticulturae, 238: 222-233. doi:10.1016/j.scienta.2018.04.059.

Serra-Majem, L., Ngo De La Cruz, J., Ribas, L., Tur, J.A. 2003. Olive oil and the Mediterranean diet: beyond the rhetoric. European Journal of Clinical Nutrition, 57: 2-7. doi:10.1038/sj.ejcn.1601801.

Temime, S.B., Campeol, E., Cioni, P.L., Daoudand, D., Zarrouk, M. 2006. Volatile compounds from Chétoui olive oil and variations induced by growing area. Food Chemistry, 99(2): 315-325. doi:10.1016/j.foodchem.2005.07.046.

Tous, J., Romero, A., Hermoso, J.F. 2010. New trends in olive orchard design for continuous mechanical harvesting. Advances in Horticultural Science, 24: 43-52.

Tura, D., Gigliotti, C., Pedo, S., Failla, O., Bassiand, D., Serraicco, A. 2007. Influence of cultivar and site of cultivation on levels of lipophilic and hydrophilic antioxidants in virgin olive oils (*Olea europea* L.) and correlations with oxidative stability. Scientia Horticulturae, 112: 108-119. doi:10.1016/j.scienta.2006.12.036.

Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi
Anadolu Journal of Agricultural Sciences
http://dergipark.gov.tr/omuanajas

Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 34 (2019)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/omuanajas.469441

Karayemişte bazı bitki özellikleri üzerine boğma ve Pro-Ca uygulamalarının etkisi

Ali İslam*, Orhan Karakaya, Hale Orta, Burhan Öztürk

[a]*Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Ordu*
*Sorumlu yazar/corresponding author: islamali@hotmail.com

Geliş/Received 11/10/2018 Kabul/Accepted 24/01/2019

ÖZET

Bu çalışma karayemişte (*Prunus laurocerasus* L.) taç yüksekliği, taç genişliği, sürgün uzunluğu, gövde çapı, yaprak üst sıcaklığı, yaprak alt sıcaklığı ve yaprak klorofil miktarı üzerine boğma ve Pro-Ca (prohexadione-calcium) uygulamalarının etkisini belirlemek amacı ile 2015-2016 yıllarında yürütülmüştür. Çalışmada materyal olarak Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama ve Araştırma Arazisinde bulunan 4 yaşlı karayemiş genotipleri kullanılmıştır. Pro-Ca uygulaması her iki yılda da 15 Mayıs ve 20 Temmuz tarihlerinde 500 ppm dozunda ağaçların taç kısmı tamamen ıslanacak şekilde sprey olarak uygulanmıştır. Boğma uygulaması 7 Mayıs tarihinde ağaçların gövdesine toprak seviyesinden 15 cm yukarıda bir kelepçe yardımı ile yapılmıştır. Çalışmada vejetasyon süresince 15 günlük periyotlarla ölçüm işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda taç yüksekliği 244 cm (Pro-Ca ve boğma) ile 245 cm (kontrol), taç genişliği 163 cm (kontrol) ile 177 cm (Pro-Ca) arasında belirlenmiştir. En yüksek gövde çapı 60.40 mm olarak Pro-Ca uygulamasında ölçülürken, en düşük 51.19 mm ile kontrol uygulamasında ölçülmüştür. En yüksek sürgün uzunluğu boğma uygulamasında (51.49 cm), en düşük ise Pro-Ca uygulamasında (47.90 cm) belirlenmiştir. Yaprak üst sıcaklığı 22.91 ^{o}C (Pro-Ca) - 24.51 ^{o}C (kontrol), yaprak alt sıcaklığı ise 22.53 ^{o}C (Pro-Ca) - 24.02 ^{o}C (kontrol) arasında ölçülmüştür. En yüksek klorofil miktarı 98.88 olarak Pro-Ca uygulamsında ölçülürken, en düşük ise 92.15 ile boğma uygulamasında ölçülmüştür. Sonuç olarak, Pro-Ca uygulamasının karayemişte vejetatif gelişimi sınırlandırmada daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler:
Prunus laurocerasus
Sürgün uzunluğu
Gövde çapı
Yaprak sıcaklığı
Klorofil

Effects of girdling and Pro-Ca applications on some plant characteristics in Cherry Laurel

This study was carried out to determine the effects of girdling and Pro-Ca (prohexadione-calcium) application on canopy height, canopy width, shoot length, trunk diameter, leaf top temperature, leaf bottom temperature and amount of chlorophyll in leaf in cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.), in 2015 and 2016 years. In the study, cherry laurel genotypes in Application and Research Area of University of Ordu were used as a material. 500 ppm Pro-Ca was sprayed by means completely wet the canopy of trees in both 15 May and 20 July. Girdling application was made using plastic clamp the trunk of trees on 7 May. Measures in the implemented trees were made at 15 days interval during vegetation. The result of study, canopy height was determined between 244 cm (Pro-Ca and girdling applications) and 245 cm (Control). Canopy width was determined between 163 cm (Control) and 177 cm (Pro-Ca application). While the highest trunk diameter was measured as 60.40 mm in Pro-Ca application, the lowest was measured as 51.19 mm in control application. The highest shoot length was determined in girdling application (51.49 cm), the lowest was determined in Pro-Ca application (47.90 cm). Leaf top temperature measured between 22.91 ^{o}C (Pro-Ca application) and 24.51 ^{o}C (Control). Leaf bottom temperature measured between 22.53 ^{o}C (Pro-Ca application) and 24.02 ^{o}C (Control). While the highest amount of chlorophyll in leaf was measured as 98.88 in Pro-Ca application, the lowest was measured as 92.15 mm in girdling application. As a conclusion, Pro-Ca application was determined to be better effective on the vegetative growth in cherry laurel.

Keywords:
Prunus laurocerasus
Shoot length
Trunk diameter
Leaf temperature
Chlorophyll

© OMU ANAJAS 2019

1. Giriş

Karayemiş Rosaceae familyası içerinde yer alan sert çekirdekli bir meyve türüdür (İslam, 2005). Dünya üzerinde Orta ve Batı Asya, Güneydoğu Avrupa ve Anadolu'da doğal olarak yayılış göstermektedir (Ansin ve Özkan, 1998). Ülkemizde özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi'nde doğal olarak yetişen bir meyve türüdür. Bölgede genel olarak ev bahçelerinde veya fındık bahçelerinde sınır bitkisi olarak yetiştirilmektedir (Karadeniz ve Kalkışım, 1996; Bostan ve İslam, 2003). Bu meyve türünün (Karayemişin) bölgede var olan genetik kaynaklarının ortaya çıkarılması amacı yapılmış birçok seleksiyon çalışmaları bulunmaktadır (Bostan ve İslam 2003; Akbulut ve ark., 2007; İslam ve ark., 2010; Macit ve Demirsoy, 2012; İslam ve Deligöz, 2012). Bu çalışmalar neticesinde son yıllarda ticari değeri artan ve popüler bir meyve türü olan karayemişte çeşit adayı olabilecek ümitvar genotipler ortaya çıkarılmıştır.

Meyve yetiştiriciliğinde olumsuz iklim koşulları, kültürel uygulamaların yetersiz ve bilinçsiz yapılması ve kullanılan çeşidin büyüme gücünün fazla olması gibi nedenlerden dolayı ağaçlarda vejetatif gelişim ile generatif gelişim arasındaki denge bozulmaktadır. Genel olarak bu durum vejetaif gelişim lehine olmaktadır. Fizyolojik dengenin bozulması sonucunda ağaçlar yeterince çiçek tomurcuğu oluşturamamakta ve çok fazla sürgün meydana getirmektedir. Ayrıca meyve kalitesi de düşmektedir. Günümüzde vejetatif gelişimin sınırlandırılması amacı ile çeşitli uygulamalar ve kimyasallar kullanılmaktadır (Çağlar ve Ağca, 2009). Bu amaçla meyve ağaçlarında boğma (Sousa ve ark., 2008), bilezik alma, dal eğme (Özçağıran, 1974; Ağca, 2008) ve Prohexadione-calcium (Çağlar ve Ağca, 2009; Hekimci, 2014) uygulamaları yapılmaktadır.

Boğma uygulaması meyve ağaçlarında vejetatif gelişimin sınırlandırılması, çiçek tomurcuğu teşekkülü, meyve tutumu ve meyve iriliğinin arttırılması için kullanılan etkili bir tekniktir (Pretorius ve ark., 2004). Boğma uygulaması fotosentez sonucunda yapraklarda üretilen karbonhidratın köklere aşınımını azaltmakta ve böylece vejetatif gelişimi sınırlandırarak çiçek tomurcuğu teşekkülünü arttırmaktadır (Marafon ve ark., 2008). Yapılan çalışmalarda boğma uygulamasının armutta (Iuchi ve ark., 2008), elmada (Pretorius ve ark., 2004), cevizde (Sabancı ve Çağlar, 2005) ve bademde (Alkan ve Seferoğlu, 2014) vejetatif gelişimi sınırlandırdığını bildirilmiştir.

Prohexadione-calcium (Pro-Ca) meyve ağaçlarında sürgün gelişimini sınırlandırarak vejetatif gelişim ile generatif gelişim arasında dengeyi sağlamaktadır. Pro-Ca bir gibberellik asit inhibitörüdür. Pro-Ca genel olarak elma ve armut yetiştiriciliğinde kullanılmaktadır (Evans ve ark., 1997). Bu meyve türlerinde sürgün gelişimini sınırlandırmasının yanı sıra özellikle ateş yanıklığı hastalığı üzerine etki ettiği bildirilmektedir (Baştaş ve Maden, 2004; Costa ve ark., 2004). Yapılan çalışmalarda Pro-Ca uygulamasının elmada (Medjdoub ve ark,. 2004), armutta (Smit ve ark., 2005) ve kirazda (Elfving ve ark., 2005) sürgün gelişimini azalttığı bildirilmiştir.

Bu çalışma karayemişte vejetatif gelişim üzerine boğma ve Pro-Ca uygulamalarının etkisini belirlenmek amacı ile yürütülmüştür.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmanın materyalini TÜBİTAK projesi kapsamında Doğu Karadeniz Bölgesi'nden seçilen karayemiş genotipleri oluşturmuştur. Çalışmada materyal olarak kullanılan karayemiş genotipleri çelikle çoğaltılmıştır. Çalışma Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama ve Araştırma Arazisi'nde 2011 yılında kurulmuş kapama karayemiş bahçesinde 2015-2016 yıllarında yürütülmüştür.

Çalışma Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre 3 tekerürlü ve her tekerrürde 1 ağaç olacak şekilde kurulmuştur. Çalışmada 500 ppm dozunda Pro-Ca (Regalis, % 10 aktif madde), her iki yılda da 15 Mayıs ve 20 Temmuz tarihlerinde ağaçların taç kısmı tamamen ıslanacak şekilde sabah erken saatlerde ve rüzgarsız bir havada sprey olarak uygulanmıştır. Boğma uygulaması ise vejetasyon başlangıcında (7 Mayıs tarihinde) ağaçların gövdesine toprak seviyesinden 15 cm yukarıda 30 cm uzunluğunda plastik kelepçe kullanılarak yapılmıştır. Uygulama yapılan ağaçlarda ölçümler 15 günlük periyotlar ile vejetasyon sonuna kadar yapılmıştır. Çalışmada taç yüksekliği, taç genişliği, gövde çapı, sürgün uzunluğu, yaprak alt ve üst sıcaklığı ve yaprak klorofil miktarı parametreleri 2 yıl süre ile incelenmiş ve ortalama değerler sunulmuştur.

2.1. Taç yüksekliği (cm)

Her uygulamada yer alan ağaçlarda vejetasyon süresi sonunda dallanmanın ilk başladığı nokta ile ağacın tepe noktası arasındaki mesafenin şerit metre yardımı ile ölçülmesiyle belirlenmiştir (Westwood, 1978).

2.2. Taç genişliği (cm)

Her uygulamada yer alan ağaçlarda vejetasyon süresi sonunda tacın her iki yanındaki sürgünlerin en uç noktası arasındaki mesafenin şerit metre yardımı ile ölçülmesiyle belirlenmiştir (Westwood, 1978).

2.3. Gövde çapı (mm)

Kontrol ve Pro-Ca uygulanmış ağaçlarda toprak seviyesinden 20 cm yukarıda, boğma uygulaması yapılan ağaçlarda ise boğmanın yapıldığı yerin 5 cm üzerinde her iki yılın vejetasyon başlangıcı ve sonunda kumpas yardımı ile gövdenin iki yönlü olarak ölçülmesi ile belirlenmiştir (Pearce, 1975).

2.4. Sürgün uzunluğu (cm)

Her uygulamaya ait ağaçlarda seçilen 3'er sürgünde her iki yılın vejetasyon başlangıcı ve sonunda cetvel kullanılarak ölçülmüştür (Ağca, 2008).

2.5. Yaprak sıcaklığı (˚C)

Yaprak sıcaklığı infrared termometre kullanılarak yaprağın alt ve üst yüzeylerinde ölçülmüştür.

2.6. Yaprak klorofil miktarı (SPAD)

Klorofil miktarı SPAD metre (SPAD-502, Minolta, Japan) kullanılarak her tekerrürde bulunan ağaçlara ait 6 adet yaprakta ölçülmüştür.

2.7. İstatistiksel değerlendirme

Verilerin değerlendirilmesinde SPSS 23.0 istatistik paket programı kullanılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılık Tukey çoklu karşılaştırma yöntemine göre belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışma karayemiş meyve türünde taç yüksekliği, taç genişliği, gövde çapı, sürgün uzunluğu, yaprak alt ve üst sıcaklığı ve yaprak klorofil miktarı parametreleri üzerine boğma ve Pro-Ca uygulamalarının etkisini belirlemek amacı ile iki yıl süre ile (2015-2016) yürütülmüştür. Çalışmada her iki yılda da incelenen özelliklere ait değerlerin ortalaması sunulmuştur.

Taç yüksekliği ve taç genişliği bakımından uygulamalar arasında istatistiksel olarak bir farklılık belirlenmemiştir ($p>0.05$). En yüksek taç yüksekliği 257 cm ile Pro-Ca uygulamasında belirlenirken, en düşük ise 240 cm ile kontrol uygulamasında belirlenmiştir. En yüksek taç genişliği Pro-Ca uygulamasında (180 cm), en düşük ise kontrol uygulamasında (170 cm) ölçülmüştür (Çizelge 1). Çağlar ve Ağca (2009) elmada Pro-Ca uygulamasının ağaç boyu üzerine etkisinin önemsiz olduğunu, taç genişliğini ise önemli ölçüde azalttığını belirlemişlerdir. Çetinbaş ve ark. (2014) Scarlet Spur elma çeşidinde Pro-Ca uygulamasının ağaç boyu ve taç genişliği üzerine etkili olmadığını tespit etmişlerdir. Rufato ve ark. (2015), armutta boğma uygulamasının taç hacmi ve taç gelişimini azalttığını tespit etmişlerdir. Elde ettiğimiz bulgular genel olarak araştırıcıların bulguları ile benzerlik gösterirken, görülen bazı farklılıkların ise meyve türünden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Çalışmada gövde çapı bakımından uygulamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). En yüksek gövde çapı Pro-Ca uygulamasında (60.40 mm), en düşük ise kontrol uygulamasında (51.19 mm) tespit edilmiştir (Çizelge 1). Medjdoub ve ark. (2004), elmada gövde çapı gelişimi üzerine Pro-Ca uygulamasının etkisinin olmadığını belirlemiştir. Çetinbaş ve ark. (2014) Scarlet Spur elma çeşidinde Pro-Ca uygulamasının gövde çapı üzerine etkili olmadığını tespit etmişlerdir. Rufato ve ark. (2015) armutta boğma uygulamasının gövde çapını azalttığını belirlemişlerdir. Gövde çapı bakımından elde edilen bulgular araştırıcıların bulguları benzerlik göstermektedir.

Çizelge 1. Karayemişte farklı uygulamaların morfolojik özellikler üzerine etkisi (2015-2016 yılları ortalaması)

Uygulama	Taç Yüksekliği (cm)	Taç Genişliği (cm)	Gövde Çapı (mm)	Sürgün Uzunluğu (cm)
Kontrol	240 a*	170 a	51.19 b	48.27 b
Boğma	242 a	175 a	57.41 a	51.49 a
Pro-Ca	257 a	180 a	60.40 a	47.90 b

*Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($p<0.05$).

Sürgün uzunluğu bakımından uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0.05$). En yüksek sürgün boyu 51.49 cm ile boğma uygulamasında belirlenirken, en düşük ise 47.90 cm ile Pro-Ca uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 1). Medjdoub ve ark. (2004), elmada; Prive ve ark. (2004), elmada, Elfving ve ark. (2005), kirazda; Blanco ve ark. (2005), Fuji ve Royal Gala elma çeşitlerinde; Smit ve ark. (2005), armutta Pro-Ca uygulamasının sürgün gelişimini azalttığını tespit etmişlerdir. Pretorius ve ark. (2004), elmada; Sabancı ve Çağlar (2005), cevizde; Sousa ve ark. (2008) armutta; Alkan ve Seferoğlu (2014), bademde boğma uygulamasının sürgün gelişimini azalttığını tespit etmişlerdir. Çalışmada Pro-Ca uygulamasından elde edilen bulgular araştırıcıların bulguları ile benzerlik gösterirken, boğma uygulamasından elde edilen bulgular ise farklılık göstermektedir.

Yaprak alt ve üst sıcaklık değerleri bakımdan uygulamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). En düşük yaprak alt sıcaklığı Pro-Ca uygulamasında (22.5 ˚C) belirlenirken, en yüksek ise kontrol uygulamasında (24.0˚C) belirlenmiştir. En düşük yaprak üst sıcaklığı 22.9˚C ile Pro-Ca uygulamasında, en yüksek ise 24.5˚C ile kontrol uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Karayemişte farklı uygulamaların yaprak sıcaklığı ve yaprak klorofil miktarı üzerine etkisi (2015-2016 yılları ortalaması)

Uygulama	Yaprak Alt Sıcaklığı (˚C)	Yaprak Üst Sıcaklığı (˚C)	Yaprak Klorofil Miktarı (SPAD)
Kontrol	24.0 a*	24.5 a	92.31 b
Boğma	23.4 b	23.9 b	92.15 b
Pro-Ca	22.5 c	22.9 c	98.88 a

*Aynı sütunda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($p<0.05$).

Pro-Ca ve boğma uygulaması ile yapılan çalışmalarda yaprak sıcaklığı ile alakalı herhangi bir bulguya rastlanmamıştır. Ancak Khang ve ark. (2010) Pro-Ca uygulamasının Çin lahanasında yaprak alanında azalmaya neden olduğunu ifade etmişlerdir. Bunun yanı sıra Kıran ve ark. (2016)'nın patlıcan bitkisinde farklı su seviyeleri ile yaptıkları çalışmada kontrol grubu (sulama yapılmayan) bitkilerinde yaprak alanının daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca Külahçılar (2017) fındıkta farklı su kısıtlılığı uygulamasında kontrol bitkilerinin (sulama yapılmayan) yaprak sıcaklığının daha yüksek olduğunu ifade etmiştir. Nitekim yürütülen bu araştırmalarda yaprak alanının azalışına bağlı olarak sıcaklığın daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu bağlamda çalışmamızda Pro-Ca ile muamele olmuş bitkilerde yaprak alanının azalması, yaprak sıcaklığının azalışına neden olmuş olabilir.

Yaprak klorofil miktarı bakımından uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık belirlenmiştir ($p<0.05$). En yüksek yaprak klorofil miktarı Pro-Ca uygulamasında (98.88 SPAD) ölçülürken, en düşük ise boğma uygulamasında (92.15 SPAD) ölçülmüştür (Çizelge 2). Khang ve ark. (2010), Çin lahanasında, Dragisic-Maksimovic ve ark. (2017) ahudududa, Sekhar ve ark. (2018) çilekte Pro-Ca uygulamasında kontrole göre daha yüksek klofil miktarı tespit etmişlerdir. Alkan ve Seferoğlu (2014) bademde yaptığı çalışmada kontrole göre boğma uygulamasında daha düşük klorofil miktarı tespit etmiştir. Khang ve ark. (2010) Pro-Ca uygulamasının giberellin sentezini engelleyerek, yaprak boyutunun azalmasına ve bu süreçte yaprakta biriken klorofil miktarının artmasına neden olduğunu ifade etmişlerdir. Bu bakımdan çalışmamızda Pro-Ca ile muamele olmuş bitkilerin klorofil miktarının yüksek olmasının, Pro-Ca'nın yaprak boyutunda azalmaya neden olmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

4. Sonuç

Sonuç olarak, karayemişte bazı bitkisel özellikler üzerine boğma ve Pro-Ca uygulamalarının çalışmada genel olarak diğer uygulamalara göre Pro-Ca uygulamasının sürgün gelişimi sınırlandırması ve yaprak klorofil miktarında artışa neden olması bakımından ön plana çıktığı belirlenmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinasyonu Birimi tarafından AR-1310 nolu proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

Ağca, Z., 2008. Pro-Ca (Prohexadione-Calcium) uygulamasının bazı bodur meyve türlerinde ağaç gelişimi ve meyve özellikleri üzerine etkisi. Yüksek Lisan Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

Akbulut, M., Macit, İ., Ercisli, S., Koc, A, 2007. Evaluation of 28 cherry laurel (*Laurocerasus officinalis*) genotypes in the Black Sea region, Turkey. New Zealand Journal of Crop And Horticultural Science, 35 (4): 463-465.

Alkan, G., Seferoğlu, HG., 2014. Bazı badem çeşitlerinin Aydın ekolojisindeki fenolojik ve morfolojik özellikleri. Meyve Bilimi, 1(2): 38-44.

Ansin, Z., Özkan, Z.C., 1998. *Prunus laurocerasus* L. In: Spermatophyta. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Genel Yayın No. 167, Fakülte Yayın No:19, 512s., Trabzon.

Bastas, K.K., Maden, S., 2004. Ateş yanıklığı (*Erwinia amylovora* (BURR..) WINSLOW et al.)'nın prohexadione-ca (BAS 125 W) ve benzothiadiazole+metalaxyl (BION MX44 WG) ile savaşımı üzerinde araştırmalar. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(33): 49-58.

Blanco, A., Medjdoub, R., Val, J., 2005. Inhibition of vegetative growth in red apple cultivars using prohexadione-calcium. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 80(2): 263–271.

Bostan, S.Z., İslam, A., 2003. Pomological and phenological traits of local cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) types grown in Trabzon province of Turkey. The Journal of Agricultural Faculty of Ondokuz Mayis University, 18 (1): 27-31.

Costa, G., Sabatini, E., Spinelli, F., Andreotti, C., Spada, G., Mazzini, F., 2004. Prohexadione-ca controls vegetative growth and cropping performance in pear. Acta Horticulturae, 653: 127-132.

Çağlar, S., Ağca, Z., 2009. Pro-Ca (Prohexadione-Calcium) uygulamasının Mondial Gala/M9 elma ağaçlarının gelişimi ve bazı meyve özellikleri üzerine etkisi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, (2): 101-106.

Çetinbaş, M., Butar, S., Atasay, A., İşçi, M., Koçal, H., 2014. The Effect of Pro-Ca (Prohexadione Calcium) application on the shoot growth and fruit characteristics of 'Scarlet spur cv.' Apple. 25th International Scientific-Experts Congress on Agriculture and Food Industry – Izmir, 265-268.

Dragisic-Maksimovic, J.J., Poledica, M.M., Radivojević, D.D., Milivojevic, J.M., 2017. Enzymatic profile of' Willamette' raspberry leaf and fruit affected by Prohexadione-Ca and young canes removal treatments. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 65(24): 5034-5040.

Elfving, D.C., Lang, G.A., Visser, D.B., 2005. Effects of Prohexadione-Calcium and Ethephon on growth and flowering of 'Bing' sweet cherry. Acta Horticulturae, 667: 439–446.

Evans, R.R., Evans, R.E., Rademacher, W., 1997. Prohexadione-Calcium for suppression of vegetative growth in Eastern Apples. Acta Horticulturae, 451:663-666.

Hekimci, B., 2014. İncir (*Ficus carica* cv." Bursa siyahı") fidanlarında farklı uygulamaların bodurlaştırma üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.

İslam, A., 2005. Karayemiş yetiştiriciliği ve önemi. Ege Karadeniz Dergisi, 28(4): 25-32.

İslam, A., Çelik, H., Aygün, A., Kalkışım, Ö., 2010. Selection of native cherry laurels (*Prunus laurocerasus* L.) in the Blacksea Region. International Conference on Organic Agriculture in Scope of Environmental Problems 03-07 February 2010, Famagusta, 15-16.

İslam, A., Deligöz, H., 2012. Ordu ilinde karayemiş (*Laurocerasus officinalis* L.) seleksiyonu. Akademik Ziraat Dergisi, 1(1): 37-44.

Kang, S.M., Kim, J.T., Hamayun, M., Hwang, IC., Khan, A.L., Kim, Y.H., Lee, I.J., 2010. Influence of prohexadione-calcium on growth and gibberellins content of Chinese cabbage grown in alpine region of South Korea. Scientia Horticulturae, 125(2): 88-92.

Karadeniz, T., Kalkisim, O., 1996. Investigations on selection of cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) grown in Akcaabat. Journal of Yuzuncuyıl University Agricultural Faculty, 6(1): 147-153.

Kıran, S., Kuşvuran, Ş., Özkay, F., Ellialtıoğlu, Ş., 2016. Tuza tolerant ve hassas patlıcan genotiplerinin kuraklık stresi koşullarında bazı morfolojik özelliklerinde meydana gelen değişimler. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(2): 130-138.

Külahçılar, A., 2017. Tombul fındık çeşidinde mini yağmurlama sulama yönteminde farklı su seviyesi uygulamalarının verim ve kaliteye etkisi. Yüksek Lisan Tezi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.

Macit, I., Demirsoy, H., 2012. New promising cherry Laurel (*Prunus laurocerasus* L.) genotypes in Turkey. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 18(1): 77-82.

Medjdoub, R., Val, J., Blanco, A., 2004. Prohexadione-Ca inhibits vegetative growth of 'Smoothee Golden Delicious' apple trees. Scientia Horticulturae, 101(3): 243–253.

Özçağıran, R., 1974. Meyve ağaçlarında anaç ile kalem arasındaki fizyolojik ilişkiler. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, No:243, 45s., Bornova.

Pearce, S.C., 1975. Field experimentation with fruit trees and other perennial plants. Technical Communication, No. 23. C. A. B., London, U. K. 182 s.

Pretorius, J.JB., Wand, S.J.E., Theron, K.I., 2004. Fruit and shoot growth following combined girdling and thinning of 'Royal Gala' apple trees. In XXVI International Horticultural Congress: Key Processes in the Growth and Cropping of Deciduous Fruit and Nut Trees, 636: 401-407.

Prive, J.P., Cline, J., Nichols, D., Fava, E., Embree, C., Byl, M., 2004. Preliminary results on the efficacy of apple trees treated with the growth retardant prohexadione-calcium (Apogee®) in Eastern Canada. Acta Horticulturae, 636: 137–144.

Rufato, L., Machado, B.D., Luz, A.R., Marcon Filho, J.L., Hipólito, J.S., Kretzschmar, A.A., 2014. Effect of trunk girdling on growth and crop yield of' packham's triumph'pear. In XII International Pear Symposium, 1094: 265-268.

Sabancı, A., Çağlar, S., 2005. Cevizlerde kuşaklı boğma uygulaması üzerine bir araştırma. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 8(2): 135-139.

Sekhar, R.S., Mehta, K., Kundu, S., Ghosh, B., 2018. Effect of growth regulators on physiological parameters of strawberry (Fragaria x ananassa Duch.) cv. Chandler. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7(4): 2423-2428.

Smit, M., Meintjes, J.J., Jacobs, G., Stassen, P.J.C., Theron, K.I., 2005. Shoot growth control of pear trees (Pyrus Communis L.) with Prohexadione-Calcium. Scientia Horticulturae, 106: 515–529.

Sousa, R.M., Calouro, F., Oliveira, C.M., 2007. Influence of trunk girdling on growth and fruit production of 'Rocha'/BA29. In X International Pear Symposium, 800: 319-324.

Westwood, M.N., 1978. Temperate zone pomology. W. H. Freeman and Co., Sanfransisco, USA., 428 s.

Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi
Anadolu Journal of Agricultural Sciences
http://dergipark.gov.tr/omuanajas

Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 34 (2019)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/omuanajas.558940

Patlıcan anaç ıslahında *Solanum melongena* ve *Solanum aethiopicum* genotipleri arasında türler arası melez uyuşumu ve hibrit tohum özellikleri

Şeyma Sarıbaş[a], Ahmet Balkaya[a], Dilek Kandemir[b*], Onur Karaağaç[c]

[a]*Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun*
[b]*Ondokuz Mayıs Üniversitesi Samsun Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Samsun*
[c]*Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu, Amasya*
[*]*Sorumlu yazar/corresponding author: mdilek@omu.edu.tr*

Geliş/Received 29/04/2019 Kabul/Accepted 16/06/2019

ÖZET

Aşılı fide üretiminde anaç seçimi oldukça önemlidir. Anaç olarak, istenilen özelliklere sahip tür içindeki genotipler kullanılabildiği gibi tür içi veya türler arası melez anaçlar da kullanılabilmektedir. Bu çalışmada, yerel patlıcan genotipleri (*Solanum melongena*) ile yabani patlıcan genotiplerinin (*Solanum aethiopicum*) türler arası melezlenebilirlik durumları ile bu kombinasyonlara ait meyvelerden elde edilen hibrit tohum özellikleri incelenmiştir. Araştırmada, genetik materyal olarak ülkemizin farklı lokasyonlarından toplanarak karakterizasyonları yapılmış ve uzun süre kendilemeler yapılarak saflaştırılmış durumda bulunan 6 adet yerel patlıcan genotipi (*S. melongena*) ana ebeveyn ve 10 adet yabani patlıcan genotipi (*S. aethiopicum*) ise baba ebeveyn olarak kullanılmıştır. İlkbahar ve sonbahar dönemi olmak üzere iki yetiştirme döneminde de, türler arası melez kombinasyonları (*S.melongena* x *S.aethiopicum*) için 30'ar adet melezleme yapılmıştır. Bu melez kombinasyonlarında tutan meyve sayısı ve meyve tutum oranları (%) belirlenmiştir. Çalışmada, ilkbahar döneminde yapılan melez kombinasyonlarına ait hasat edilen meyvelerin tohumlarında; tohum eni (mm), boyu (mm) ve kalınlığı (mm), tohum şekil indeksi, 100 tane ağırlığı (g), abortif tohum sayısı / meyve (adet), abortif tohum oranı (%) ve tohum sayısı / meyve (adet) özellikleri incelenmiştir. İki farklı dönemde yapılan melezlemeler sonucunda; ebeveynlere bağlı olarak ortalama meyve tutum oranı % 47.2 olarak belirlenmiştir. Ana ebeveynlerden SM6 (% 59) ve SM8 (%55) ile baba ebeveynlerden SA8 (% 58), SA6 (% 55), SA12 (% 51) ve SA17-1 (% 50) genotipleri, melez uyuşumu en yüksek genotipler olarak tespit edilmiştir. Meyve başına hibrit tohum sayısı yönünden SM6 x SA6 kombinasyonunda 275 adet ile en yüksek tohum verimi elde edilmiştir. Bu kombinasyonu; SM8 x SA6 (202.17 adet), SM12 x SA6 (200.0 adet) ve SM6 x SA17-2 (116.5 adet) kombinasyonları takip etmiştir. Araştırma sonuçları, hem türler arası melez meyve tutum oranı ve hem de meyve başına elde edilen tohum sayısı yönünden SM8 X SA6, SM6 X SA6, SM12 X SA6 ve SM6 X SA17-2 kombinasyonlarının aşılı patlıcan fidesi üretiminde anaçlık olarak kullanılma potansiyeli bakımından öne çıktığını göstermiştir.

Anahtar Sözcükler:
Aşılı fide
Anaç
Melezleme
Tohum
Solanum melongena
Solanum aethiopicum

Interspecific hybridization and hybrid seed traits of *Solanum melongena* and *Solanum aethiopicum* genotypes for eggplant rootstock breeding

ABSTRACT

Choosing the best rootstock in grafted seedling production is very important. As rootstocks, genotypes within the species with the desired traits can be used, and intraspecific or interspecific hybrid rootstocks can be used. In this study, the hybridization ability of local eggplant genotypes (*Solanum melongena*) and relative eggplants genotypes (*Solanum aethiopicum*) and the hybrid seed characteristics obtained from the fruits of these combinations were determined. In this study, genetic materials consisting of 6 local eggplant genotypes (*S. melongena*) which were collected from different locations of Turkey were used as the female parents and 10 relative eggplant genotypes (*S. aethiopicum*) were used as the male parents. Both in the spring and autumn periods, 30 hybridizations were made for each interspecific combinations (*S. melongena* x *S. aethiopicum*). The fruit set number and the fruit set percentage (%)

Keywords:
Grafted seedling
Rootstock
Hybridization
Seed
Solanum melongena
Solanum aethiopicum

Bu çalışma, "Aşılı Patlıcan Üretiminde Genetik Kaynakların Anaç Islah Programında Değerlendirilmesi ve Yerli Hibrit Anaçların Geliştirilmesi" isimli doktora tez çalışmasından üretilmiştir.

were determined in these hybrid combinations. In the study, seed characteristics (seed width (mm), length (mm) and thickness (mm), seed volume, seed shape index, 100 grain weight (g), abortive seed number / fruit, abortive seed ratio, and number of seeds / fruits) of the spring period combinations' hybrid seeds have been investigated. As a result of hybridization in two different periods; average fruit set percentage was determined as 47.2% depending on the parents. Crossing compatibility was found to be highest in the female parents of SM 6 (59 %), SM8 (55 %) and in the male parents of SA8 (58%), SA6 (55 %), SA12 (51 %), SA17-1 (50 %) genotypes. In terms of the number of hybrid seeds per fruit, the highest number was obtained from interspecific combination of SM6 x SA6 (275). It was followed by the SM8 x SA6 (202.2), SM12 x SA6 (200.0) and SM6 x SA17-2 (116.5) interspecific combinations. The results showed that the interspecific combinations of SM8 X SA6, SM6 XSA6, SM12 X SA6 and SM6 X SA17-2 were used as rootstock in the production of grafted eggplant seedlings in terms of both cross-species hybrid fruit set ratio and the number of seeds per fruit.

© OMU ANAJAS 2019

1. Giriş

Aşı çoğaltım tekniği, her ne kadar meyvecilikle özdeşleştirilmiş olsa da günümüzde sebze fidesi üretiminde de yoğun bir kullanım alanı bulmuştur. Aşılı fide üretimi hem tohum ve hem de aşı ile çoğaltmanın kombine edildiği bilgi, beceri ve teknoloji gerektiren bir tekniktir (Karaağaç, 2013). Sakata ve ark. (2007), aşılı sebze fidesi üretiminde ilk olarak *Cucurbita moschata* anaçları üzerine karpuzun aşılandığını, daha sonra *Lagenaria siceraria* ve *Benincasa hispida* türlerinde aşılama uygulamalarının denendiğini ve 1930'lu yıllardan itibaren Japonya'nın birçok bölgesinde su kabağı üzerine aşılı karpuzun üretimde kullanılmaya başlandığını bildirmişlerdir. Günümüzde sebzelerde aşılama tekniği, özellikle *Cucurbitaceae* (karpuz, hıyar ve kavun) ve *Solanaceae* (domates, patlıcan ve biber) familyası sebzelerinde yaygın olarak uygulanmaktadır. Ülkemizde aşılı fide üretimi, 1998 yılında 70.000 adet ile domatesle başlamıştır. 2001 yılında üretilen 2.5 milyon adet aşılı fidenin 1.5 milyonunu karpuz fidesi oluşturmuştur (Yılmaz ve ark., 2005). Ülkemizde 2015 yılında üretilen aşılı sebze fidelerinin sayısı 175 milyon adede ulaşmıştır. Bu değerin 77 milyon adedini aşılı karpuz fidesi (% 44.5) oluşturmaktadır. Bunu yaklaşık 74 milyon adet ile aşılı domates fidesi (% 42.5) izlemiştir. Bu türleri patlıcan (%7.5) ve hıyar fideleri (% 5.3) takip etmektedir (Fidebirlik, 2016). Aşılı fide sektörü çok hızlı bir gelişme göstermesine rağmen, aşılı fide üretiminde kullanılan anaçların çok büyük bir kısmı başka ülkelerden ithal edilmektedir. Ülkemizde aşılı sebze fidesinde kullanılmak üzere yeterli sayıda anaç ıslah programları bulunmamaktadır. Bu nedenle, ülkemizdeki yerel sebze popülasyonlarının anaç ıslahı programlarında kullanımlarının artırılması ve sürekliliğinin sağlanması büyük bir önem taşımaktadır (Balkaya ve ark., 2015).

Sebze türlerinde aşılamada kullanılan anaçlar niteliklerine göre kalemin erkencilik, verim ve meyve kalitesi ile biyotik ve abiyotik stres koşullarına dayanımları üzerinde etkili olmaktadır. Bu nedenle aşılı fide üretiminde kullanılacak anaçların seçimi çok önemlidir. Aşılı sebze fidesi üretiminde kullanılacak anaçların tohumları homojen fide çıkışı sağlamalı, hipokotil özellikleri iyi olmalı ve anaç-kalem arasında iyi bir uyuşma göstermelidir (Karaağaç ve Balkaya, 2013; Kandemir ve ark., 2016).

Sebzelerde aşılama ile ilgili ilk çalışmalarda, yabani türler toprak kökenli bazı hastalık, zararlı ve diğer olumsuz koşullara karşı dayanıklı olmaları nedeniyle kültür formlarına anaç olarak kullanılmıştır. Yabani türlerin istenmeyen özelliklerinden kalemin olumsuz etkilenmesi ve yabani formlar ile kültür formları arasında ortaya çıkan uyuşmazlıkların aşılması amacıyla kültür formları ile yabani formlar arasında türler arası melezlemeler yapılarak uygun ticari anaçlar geliştirilmiştir (Balkaya, 2014). Patlıcanda ilk aşı çalışması, 1950'li yıllarda *Solanum aethiopicum* anacı kullanılarak başlamıştır (Oda, 1999; Iwamoto ve ark., 2007). Patlıcanda aşılı fide kullanılmasının en önemli nedeni; Verticillium solgunluğu, Fusarium solgunluğu, bakteriyel solgunluk ve kök ur nematodları gibi toprak kaynaklı patojenlerin kontrolünün sağlanmasıdır (King ve ark., 2010). Dünyada aşılı patlıcan fidesi üretiminde daha çok *Solanum torvum*, *Solanum incanum* x *Solanum melongena* ve *S. melongena* x *S. aethiopicum* türlerinin melezlenmesi ile elde edilen hibrit çeşitler anaç olarak kullanılmaktadır (Gisbert ve ark., 2011a; Balkaya, 2014). Aşılı patlıcan fidesi üretiminde *S. torvum* türünün anaç olarak; Fusarium solgunluğuna, Verticillium solgunluğuna, bakteriyel solgunluğa ve kök ur nematoduna yüksek düzeyde dayanım sağladığı bildirilmektedir (Yamakawa, 1982; Çürük ve Dayan, 2017). Bununla birlikte, bu türün tohumlarının bir örnek tohum çimlenmesinin olmaması ve hipokotil uzunluğunun çok kısa olması anaç olarak kullanımını sınırlandırmaktadır (King ve ark., 2010). Yapılan çalışmalarda; *S. aethiopicum* ve *S. incanum* gibi patlıcanın yabani formları ile yakın akraba türlerinde toprak kaynaklı hastalık etmenlerine dayanıklılık sağlayan genlerin bulunduğu, buna karşın *S. melongena* türünde dayanıklılık düzeylerinin daha düşük düzeylerde olduğu ortaya konulmuştur (Collonnier ve ark., 2001; Boyacı, 2007; Toppino ve ark., 2008).

Islah programlarında gerçekleştirilen türler arası melezlemelerde; ebeveynlere bağlı olarak (çoğu zaman ya polen tüpü ya da embriyo gelişiminin durması sonucunda) melez başarı oranları yönünden düşük sonuçlar elde edilmektedir (Karaağaç, 2013). Türler arası melezlemede, başarı oranının artması, güçlü ve sağlıklı melez bitkilerin elde edilmesine yönelik olarak öncelikle; melez uyuşumu yüksek genotiplerin seleksiyonu (Whitaker ve Robinson, 1986); embriyo kültürü (İko ve ark., 2003), protoplast füzyonu

(Tatlioglu, 1993; Yamaguchi ve Shiga, 1993), köprü melezlemeleri (Rhodes, 1959), tomurcuk tozlaması (Hayase, 1961; Yongan ve ark., 2002a), tekrarlamalı tozlama (Yongan ve ark., 2002b) ve büyümeyi düzenleyici maddelerin kullanımı (Nascimento ve ark., 2007) gibi birçok uygulamadan yararlanılmaktadır. Bu yöntemlerin içerisinde, anaç ıslah programlarının başarı ile yürütülmesi ve kullanılacak türler arası melez tohumlukların çok sayıda ve pratik bir şekilde başarılı olarak üretilebilmesi için öncelikle birbiriyle karşılıklı uyuşur ebeveyn genotiplerin seleksiyonu daha fazla ön plana çıkmaktadır (Karaağaç ve Balkaya, 2013).

Daunay (2008), *S. aethiopicum*, *S. macrocarpon* ve *S. incanum* yabani patlıcan türlerinin, *S. melongena* ile türler arası melezlenmesinde melez başarısının ebeveynlere göre değişkenlik gösterdiğini bildirmiştir. Behera ve Singh (2002), *S. melongena* ile *S. aethiopicum* türler arası melezlemede meyve tutum oranın oldukça fazla olduğunu ve melez meyvelerden elde edilen tohumların canlılık oranlarının da oldukça yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Gisbert ve ark. (2011b), *S. melongena* x *S. aethiopicum* melezlemesi ile geliştirilmiş türler arası melez anaçlarda yüksek çimlenme (% 90) ve aşı başarısının (% 100) elde edildiğini belirlemişlerdir. Araştırıcılar, bu melez kombinasyonunun düzensiz çimlenen *S. torvum* anaç türüne bir alternatif olduğunu ve yeni patlıcan anaçlarının geliştirilmesinde ümit verici melez kombinasyon olduğunu vurgulamışlardır.

Türkiye'de aşılı patlıcan fidesi üretiminde kullanılmak üzere yerli anaçların ıslahı konusunda yürütülen kapsamlı bir ıslah programı bulunmamaktadır. Bu nedenle; aşılı patlıcan yetiştiriciliğinde biyotik ve abiyotik stres koşullarına dayanıklı, meyve kalitesini olumsuz yönde etkilemeyen ve verim potansiyelini daha fazla arttırmaya yönelik patlıcan anaçlarının ıslahı ve geliştirilmesine yönelik çalışmaların artırılmasına büyük bir gereksinim vardır. Bu çalışmada, Üniversite Özel Sektör işbirliği kapsamında (San-Tez projesi), Gento Tohumculuk Tarım Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. gen havuzunda bulunan Fusarium solgunluk hastalığına dayanıklı yerel patlıcan genotipleri (*S. melongena*) ile ABD USDA Tohum Gen Bankasından temin edilen ve Fusarium ve Verticillum solgunluk hastalıklarına karşı dayanıklı olarak belirlediğimiz yabani patlıcan genotiplerinin (*S. aethiopicum*) türler arası melezlenebilirlik durumlarının tespit edilerek, melez uyuşumu ve tohum kalitesi yüksek üstün kombinasyonların seleksiyonu amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Bu çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü ile Gento Tohumculuk Tarım Sanayi ve Tic. Ltd. Şti. tarafından 2015-2016 yılları arasında Antalya'da firmaya ait AR-GE ıslah serasında yürütülmüştür. Denemede, *S. melongena* (SM) x *S. aethiopicum* (SA) türler arası melezleme programı için 6 adet *S. melongena* genotipi (SM3, SM6, SM8, SM9, SM11, SM12) ana ebeveyn ve 10 adet *S. aethiopicum* genotipi (SA3, SA6, SA8, SA11, SA12, SA13, SA14, SA16, SA17-1, SA17-2) ise baba ebeveyn olarak kullanılmıştır. Ana ebeveynler; Gento Tohumculuk firması tarafından daha önceden morfolojik karakterizasyonu yapılarak genetik yönden saflaştırılmış olan (S5 generasyonunda) ve Fusarium solgunluğuna dayanıklı olarak belirlenen yerel patlıcan genotiplerinden seçilmiştir. Baba ebeveynler ise ABD USDA Tohum Gen Bankasının patlıcan gen havuzu içerisinden seçilen, Fusarium ve Verticilium solgunluğuna dayanıklı olduğu belirlenen yabani patlıcan genotiplerden oluşturulmuştur.

2.2. Yöntem

2.2.1. Patlıcan anaç ıslah programında yer alan patlıcan türlerine ait ebeveynlerin (S. melongena ve S. aethiopicum) türler arası melezlenebilirlik durumlarının belirlenmesi

Çalışmanın ilk aşamasında; *S. melongena* x *S. aethiopicum* türler arası melezlerinin elde edilmesi gerçekleştirilmiştir. Melezleme çalışmaları, 2015 yılında Antalya'da ilkbahar ve sonbahar olmak üzere iki farklı dönemde yapılmıştır. Yabani patlıcan ile yerel patlıcan genotiplerinin fideleri, Antalya'da Gento Tohumculuk Tarım Sanayi ve Tic. Ltd. Şti. firmasına ait olan Kayaburnu fide işletmesinde yetiştirilmiştir. Bitkilerin yetiştirilerek melezleme çalışmalarının yapılacağı Kayaburnu fide işletmesinde bulunan patlıcan anaç ıslah serasında, toprak işlendikten sonra toprak analiz sonuçlarına göre patlıcan yetiştiriciliği için uygun bir gübreleme ve sulama programı takip edilmiştir. Her genotipten 10 adet olacak şekilde 4-5 gerçek yapraklı fideler seraya dikilmiştir. Gübreleme, ilaçlama vb. kültürel uygulamalara yetiştiricilik süresince düzenli olarak devam edilmiştir.

İlkbahar döneminde melezleme çalışmalarına 24.04.2015 tarihinde başlanmış ve patlıcan genotiplerinin çiçeklenme senkronizasyonuna göre çalışmada yer alan tüm ebeveynler için 40 gün süreyle melezleme işlemlerine devam edilmiş ve 04.06.2015 tarihinde sonlandırılmıştır. Sonbahar döneminde ise melezlemelere 01.10.2015 tarihinde başlanmış, 45 gün süreyle devam edilmiş ve 15.11.2015 tarihinde sonlandırılmıştır. Araştırmada her bir dönemde altı adet anne (*S. melongena)* ve on adet baba (*S. aethiopicum)* ebeveyn arasında oluşturulan 60 adet kombinasyonda, (herbir kombinasyon için 30 adet türler arası melezleme olacak şekilde) toplam 1800 adet melezleme yapılmıştır. Melezleme için, önce baba bitkide bulunan çiçekte polenleri yayılmak üzere olan anterler, sapı ile birlikte alınarak steril bir tüpte biriktirilmiştir. Ardından ana bitkide yer alan çiçekte erkek organlar koparıldıktan sonra, baba genotiplerden alınan çiçek tozları, çiçeğin stigmasına fırça yardımıyla uygulanmıştır. Türler arası

melezleme sonrası çiçek, hava geçirgenliği olan bir bez torba ile kapatılıp izole edilerek, dışarıdan yabancı polen girişi engellenmiştir. Melezlemeden 2 gün sonra döllendiği kesinleşen ve irileşmeye başlayan meyvelerden torbalar alınmış ve etiketlenerek kayıt altına alınmıştır. Melezlemeler sonucunda tutan meyve sayısı (adet) ve tutan meyve oranları (%) belirlenmiştir.

2.2.2. Patlıcan anaç ıslah programındaki kombinasyonlardan (Solanum melongena x Solanum aethiopicum) hasat edilen meyvelerinin tohum özelliklerinin belirlenmesi

İlkbahar dönemi yapılan melezlemeler sonucunda elde edilen melez meyvelerin tohum özellikleri incelenmiştir. Melez patlıcan meyvelerinde tohum çıkarma işlemi; tohumluk meyvelerin tamamen olgunlaştığı, meyve renklerinin bronz-kahverengi renge dönüştüğü dönemde yapılmıştır. Tohum çıkarma işlemleri için melez meyvelerde hasada 18.06.2015 tarihinde başlanmış ve kademeli olarak 27.07.2015 tarihine kadar devam edilmiştir.

Hasatların tamamlanmasından sonra hibrit tohum elde edilen kombinasyonlarda tohum özellikleri olarak; tohum eni (mm), boyu (mm) ve kalınlığı (mm), tohum şekil indeksi (tohum eninin, tohum boyuna bölünmesiyle elde edilmiştir. Değerin "1" katsayısına yaklaşması yuvarlak şekilli, bu katsayıdan uzaklaşması ise oval şekilli olduğunu göstermektedir), 100 tane ağırlığı (g), abortif tohum sayısı / meyve (adet), abortif tohum oranı (%) ve tohum sayısı / meyve (adet) incelenmiştir. Tohum hacmi (V), Karaağaç ve ark. (2011)'na göre aşağıda verilen 'Eşitlik 1 ve 2' ile hesaplanmıştır.

$$V = \frac{\pi B^2 L^2}{6(2L-B)} \quad (1)$$

$$B = (WT)^{0.5} \quad (2)$$

L: boy; W: en; T: kalınlık

2.2.3. Verilerin Analizi

Denemeler; tesadüf parselleri faktöriyel deneme desenine göre (anne x baba) üç tekerrürlü ve her tekerrürde 5 adet bitki kullanılarak kurulmuştur. % değerleri içeren kriterlerde öncelikle arcsin transformasyonu yapılmıştır. İstatistiksel olarak önemli bulunan kriterlerde Duncan çoklu karşılaştırma testine göre gruplandırma yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Araştırma sonucunda altı adet anne (*S. melongena)* ve on adet baba (*S. aethiopicum)* ebeveyn arasında yapılan diallel melezlemeler sonucunda 60 adet kombinasyonda (60 adet) değişen oranlarda meyve tutumu gerçekleşmiştir. İki farklı dönemde yapılan melezlemelerde meyve tutum oranı ortalama % 47.2 olarak belirlenmiştir (Çizelge 1). İlkbahar döneminde yapılan melezlemelerde ortalama % 43, sonbahar döneminde ise % 51 oranında başarı sağlanmıştır. Sonbahar döneminde melezleme başarı oranının daha yüksek olması, sera ortam sıcaklığının ilkbahar dönemine göre daha düşük olmasına bağlanabilir. İstatistiksel değerlendirmelerde hem ana ebeveyn ve hem de baba ebeveynlerin iki farklı dönemdeki melez tutma başarı oranları çok önemli düzeylerde farklılık göstermiştir. Ana ebeveynlerden SM6 ve SM8 genotipleri, sırasıyla ortalama % 59 ve % 55 başarı oranları ile en üst istatistiksel grupta yer almış ve *S. aethiopicum* türü ile en iyi uyuşan genotipler olarak tespit edilmiştir. Ana ebeveynler arasında en düşük melez uyuşum performansı, % 30 oranı ile SM3 genotipinde belirlenmiştir. Baba ebeveynlerde (*S. aethiopicum*) türler arası melezlemeye en iyi pozitif tepkiyi gösteren genotiplerin sırasıyla SA8 (% 58), SA6 (% 55), SA12 (% 51) ve SA17-1 (% 50) oldukları tespit edilmiştir. En düşük tozlayıcı baba ebeveyn performansı SA16 (% 38) genotipinde belirlenmiştir (Çizelge 1). Türler arası melezlemede başarılı meyve tutum oranları yönünden her iki melezleme döneminde de kombinasyonlar incelenmiştir. Genel olarak kombinasyonların büyük bir bölümünde, ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde elde edilen melez başarı oranlarının birbirinden farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Bunun nedeni, dönemsel klimatik farklılıklar ve melezleme hatalarından kaynaklanabilir. Bununla birlikte çalışmada, türler arası melezleme denemesinde olası deneme farklılıklarına rağmen bazı kombinasyonlarda her iki dönemde de oldukça iyi performanslar elde edilmiştir. Örneğin SM6 ebeveyninin ana olarak kullanıldığı beş farklı kombinasyonda [SM6 x (SA14, SA13, SA8, SA12 ve SA11)], her iki dönemde de ortalama % 60 - 79 arasında başarı sağlanmıştır. Ana ebeveyn olarak SM6 genotipinin üstün performansını SM8 genotipi takip etmiştir. SM8 genotipinin kullanıldığı 10 kombinasyonun 7'sinde, her iki dönem ortalaması olarak % 55'in üzerinde meyve tutum oranı sağlanmıştır. Türler arası melezlemede başarılı meyve tutum oranı yönünden baba ebeveynlerden SA8 genotipi öne çıkmıştır. Çalışmada; SA8'in baba ve SM6'nın (S: % 50, İ: % 100), SM11'in (S: % 47, İ: % 80), SM3'ün (S: % 20, İ: % 100), SM12'nin (S: % 57, İ: % 60) ana olarak kullanıldığı kombinasyonlarda ümit var meyve tutum oranları elde edilmiştir. En yüksek meyve tutum oranı gösteren kombinasyonların; sonbaharda SM9 x SA11 (% 80), SM6 x SA14 (% 77), SM11 x SA11 (% 77) ve ilkbaharda ise SM6 x SA8 (% 100), SM3 x SA8 (% 100) oldukları saptanmıştır.

Literatürde S. *melongena* türü ile en iyi uyuşum gösteren yabani patlıcan türlerinin; *S. aethiopicum, S. incanum*, *S. macrocarpon* ve *S. Iinneanum* olduğu bildirilmiştir (Sihachakr ve ark., 1994; Daunay, 2008). Ali ve Fujieda (1990), *S. melongena* x *S. aethiopicum* kombinasyonlarında yaptıkları melezlemeler sonucunda meyve tutum oranının % 13 - 80 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Afful ve ark. (2018), farklı ebeveynler ile beş adet *S. melongena* x *S. aethiopicum* kombinasyonunda 655 melezleme işlemi yapmışlar ve meyve tutum

oranlarının % 1.3 - 2.7 arasında değişim gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Prohens ve ark. (2012), dört adet *S. melongena* x *S. aethiopicum* kombinasyonunda yeterli sayıda meyve eldesi ve hibrit tohum üretimini gerçekleştirmişlerdir. Devi ve ark. (2015), 20 adet *S. melongena* genotipi ile *S. aethiopicum* arasında melezlemeler yapmış, ancak kombinasyonların yarısında meyve tutumu sağlayamamışlardır. Diğer kombinasyonlarda meyve tutum oranları % 10.0 - % 75.0 arasında dağılım göstermiştir. Plazas ve ark. (2016), 12 yabani patlıcan türü ile *S. melongena* arasında türler arası melezleme çalışması yapmışlar ve meyve tutum oranlarının % 0.0 (*S. elaeagnifolium*, S. *sisymbriifolium*, S. *pyracanthos*) ile % 24.0 (*S. dasyphyllum*) arasında dağılış gösterdiğini bildirmişlerdir. Bletsos ve ark. (2004), *S. melongena* x *S. macrocarpon* arasında yaptıkları 246 adet melezleme sonucunda ortalama % 20.9 meyve tutum oranı elde etmişlerdir. Rao ve Rao (1984), S. *melongena* ile bazı yabani türler arasında (*S. surattense, S. indicum, S. trilobatum, S. torvum*) yaptıkları melezlemelerde en yüksek meyve tutum oranını % 23 ile S. *melongena* x *S. torvum* kombinasyonundan elde etmişlerdir. Yaptığımız çalışmada elde edilen meyve tutum oranları, literatürde yer alan türler arası melezleme çalışmalarındaki meyve tutum oranları ile kıyaslandığında oldukça yüksek oranlarda melez uyuşum başarısının elde edildiği ortaya çıkmıştır.

Türler arası melez anaç ıslahında meyve başına hibrit tohum sayısı da en önemli seleksiyon kriterlerinden birisidir. Bunun en önemli nedeni meyve tutumu sağlanmış olsa dahi meyvedeki hibrit tohum sayısı ve tohum kalitesi yetersiz düzeylerde olabilmesidir. *S. melongena* (SM) x *S. aethiopicum* (SA) kombinasyonlarında meyve başına hibrit tohum sayıları (adet), Çizelge 2'de verilmiştir. Meyve başına hibrit tohum sayıları yönünden hem ana ve hem de baba ebeveynler arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 1. Türler arası *Solanum melongena* (SM) x *Solanum aethiopicum* (SA) kombinasyonlarında tutan meyve oranlarının (%) değişimi

Dönem	Ana / Baba	SM3	SM6	SM8	SM9	SM11	SM12	Baba ort.
SB	SA3	17 b-f	43 a-f	53 a-f	63 a-f	50 a-f	67 a-e	45 BC
İB		60 a-f	60 a-f	60 a-f	20 b-f	30 b-f	10 d-f	
SB	SA6	43 a-f	30 b-f	50 a-f	53 a-f	67 a-e	70 a-d	55 AB
İB		70 a-d	50 a-f	60 a-f	80 ab	20 b-f	60 a-f	
SB	SA8	20 b-f	50 a-f	50 a-f	53 a-f	47 a-f	57 a-f	58 A
İB		100 a	100 a	60 a-f	20 b-f	80 ab	60 a-f	
SB	SA11	20 b-f	53 a-f	43 a-f	80 ab	77 a-c	63 a-f	48 A-C
İB		0 f	70 a-d	70 a-d	50 a-f	30 b-f	20 b-f	
SB	SA12	13 c-f	57 a-f	70 a-d	43 a-f	47 a-f	57 a-f	51 A-C
İB		40 a-f	80 ab	60 a-f	60 a-f	40 a-f	40 a-f	
SB	SA13	10 d-f	73 a-d	67 a-e	60 a-f	50 a-f	63 a-f	43 BC
İB		20 b-f	80 ab	50 a-f	30 b-f	0 f	10 d-f	
SB	SA14	17 b-f	77 a-c	60 a-f	60 a-f	50 a-f	63 a-f	43 BC
İB		0 f	80 ab	40 a-f	10 d-f	20 b-f	40 a-f	
SB	SA16	3 ef	43 a-f	50 a-f	53 a-f	53 a-f	53 a-f	38 C
İB		30 b-f	20 b-f	50 a-f	40 a-f	30 b-f	20 b-f	
SB	SA17-1	37 a-f	57 a-f	43 a-f	73 a-d	63 a-f	67 a-e	50 A-C
İB		50 a-f	50 a-f	50 a-f	30 b-f	40 a-f	40 a-f	
SB	SA17-2	17 b-f	60 a-f	47 a-f	63 a-f	57 a-f	73 a-d	44 BC
İB		40 a-f	40 a-f	60 a-f	20 b-f	10 d-f	40 a-f	
Ana ort.		30 D	59 A	55 AB	48 BC	43 C	49 BC	47.2
Dönem		Sonbahar: 51 A			İlkbahar: 43 B			

Ana: P<0.01, Baba: P<0.01, Ana x Baba: P<0.01, Ana x Baba x Dönem: P<0.01, CV (%): 21

Çizelge 2. *Solanum melongena* (SM) x *Solanum aethiopicum* (SA) kombinasyonlarında meyve başına hibrit tohum sayıları (adet)

Ana / Baba	SM3	SM6	SM8	SM9	SM11	SM12	Baba ort.
SA3	2.00 fg	1.50 fg	29.00 d-g	0.50 g	0.00 g	0.00 g	5.50 C
SA6	45.86 c-g	**275.00 a**	**202.17 b**	0.00 g	64.00 c-g	**200.00 b**	131.17 A
SA8	3.50 e-g	29.40 d-g	14.75 d-g	0.00 g	0.00 g	40.00 d-g	14.61 BC
SA11	0.00 g	0.00 g	28.00 d-g	0.00 g	1.33 fg	8.50 d-g	6.31 C
SA12	0.00 g	0.33 g	1.80 f-g	1.00 fg	0.00 g	0.00 g	0.52 C
SA13	4.00 e-g	0.25 g	3.29 e-g	15.33 d-g	0.00 g	0.00 g	3.81 C
SA14	0.00 g	29.86 d-g	71.50 c-f	0.00 g	0.00 g	17.00 d-g	19.89 BC
SA16	1.00 g	0.33 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.06 C
SA17-1	9.75 d-g	4.00 e-g	73.75 c-e	1.00 fg	77.50 cd	44.00 d-g	35.00 B
SA17-2	34.75 d-g	**116.50 c**	0.00 g	0.50 g	0.00 g	20.00 d-g	28.63 B
Ana ort.	10.09 B	45.72 A	42.43 A	1.83 B	14.28 B	32.95 A	24.55

Ana: P<0.01, Baba: P<0.01, Ana x Baba: P<0.01, CV (%): 24

Aynı zamanda ana x baba interaksiyonu da istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Çalışma sonucunda incelenen 60 adet kombinasyondan ortalama 24.55 adet hibrit tohum elde edilmiştir. SM6, SM8 ve SM12 genotiplerinin ana ebeveyn olarak kullanıldıkları kombinasyonlardan sırasıyla ortalama 45.72, 42.43 ve 32.95 adet tohum elde edilmiştir. Araştırmada, uyuşmazlık seviyesi en yüksek olan ana ebeveyn ortalama meyve başına 1.83 adet tohum eldesi ile SM9 genotipi olmuştur. Baba ebeveynler içerisinden SA6'nın kullanıldığı kombinasyonlarda ise ortalama 131.17 adet tohum alınmıştır. SA6 baba ebeveyni yüksek tohum verimi ile üst grupta tek başına yer almıştır. Diğer baba ebeveynlerin tohum sayıları ise ortalama 0.06 (SA16) – 35.0 (SA17-1) adet arasında dağılım göstermiştir. Ortalama meyve başına hibrit tohum sayısı yönünden SM6 x SA6 kombinasyonunda 275 adet ile en yüksek tohum verimi elde edilmiştir. Bu kombinasyonu; SM8 x SA6 (202.17 adet), SM12 x SA6 (200.0 adet) ve SM6 x SA17-2 (116.5 adet) kombinasyonları takip etmiştir.

Afful ve ark. (2018), meyve tutumunun sağlandığı *S. melongena* x *S. aethiopicum* kombinasyonlarında meyve başına 0 - 202 adet arasında değişen sayılarda tohum elde etmişlerdir. Bu değerleri, Ali ve Fujieda (1990), ortalama 25 adet ve Devi ve ark. (2015) ise 0 - 106.7 arasında bulmuşlardır. *S. melongena* x *S. macrocarpon* kombinasyonunda meyve başına tohum sayısının 67 adet (Oyelana ve Ugborogho, 2008), *S. melongena* x *S. torvum* melezinde 58 - 83 adet (Kumchai ve ark., 2013) ve *S. melongena* x *S. elaeagnifolium* kombinasyonunda ise ortalama 12.2 adet (García-Fortea ve ark., 2019) olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada, 60 adet kombinasyonun tamamından meyve elde edilmesine rağmen 22 tanesinin meyvesinden hiç tohum alınamamıştır. Bu durum, meyve tutum oranından ziyade meyvedeki tohum sayısının çok daha önemli bir kriter olduğunu göstermektedir. Nitekim SM6 x SA13 kombinasyonunda meyve tutma oranı ortalama % 77 oranında olmasına rağmen meyve başına tohum sayısının sadece 0.25 adet olduğu tespit edilmiştir.

Türler arası melez kombinasyonlarına ait tohum boyutları incelendiğinde belirgin düzeyde farklılıkların olduğu saptanmıştır. En uzun tohumlar, SM3'ün ana ebeveyn olarak kullanıldığı kombinasyonlarda ölçülmüştür (Çizelge 3). SM3 x SA16 (4.52 mm), SM3 x SA17-1 (4.39 mm), SM3 x SA8 (4.25 mm), SM3 x SA13 (4.19 mm) ve SM3 x SA6 (4.17 mm) kombinasyonlarına ait tohumlar daha uzun ve aynı istatistiksel grupta yer almışlardır. En kısa tohumlar ise SM6 x SA13 (3.01 mm) ve SM8 x SA6 (3.03 mm) kombinasyonlarında ölçülmüştür. Kombinasyonlara ait tohum eni değerleri, 2.73 mm - 3.95 mm arasında dağılış göstermiştir. SM9 genotipinin ana olarak kullanıldığı kombinasyonlara ait tohumların enleri en dar (ortalama 2.95 mm) ve SM3'ün ana olarak kullanıldığı kombinasyonlarda ise tohum enleri en geniş (ortalama 3.65 mm) grubu oluşturmuşlardır. Tohum kalınlık değerleri yönünden en yüksek değer; 1.23 mm ile SM9 x SA12 ve SM9 x SA17-2 kombinasyonlarında ölçülmüştür. En ince tohumlar ise SM11 x SA6 (0.79 mm), SM6 x SA16 (0.80 mm) ve SM6 x SA6 (0.80 mm) kombinasyonlarında tespit edilmiştir. Genel olarak en kalın tohumlar SM9, en ince tohumlar ise SM12'nin ana olarak kullanıldığı kombinasyonlarda saptanmıştır. Tohum hacim özellikleri yönünden en yüksek değerler; sırasıyla SM3 x SA16 (5.46 mm^3), SM3 x SA17-2 (5.42 mm^3) ve SM3 x SA17-1 (5.33 mm^3) kombinasyonlarında belirlenmiştir. Ayrıca SM8 x SA6 (2.98 mm^3) SM6 x SA16 (3.00 mm^3) ve SM8 x SA14 (3.02 mm^3) en düşük hacimli tohumları içeren

kombinasyonlar olarak belirlenmiştir. Araştırma sonucunda en iri tohumlar, ortalama 5.07 mm^3 hacimle SM3, en küçük tohumlar ise SM8 (3.78 mm^3)'in ana olarak kullanıldığı kombinasyonlarda tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Türler arası patlıcan (*S. melongena* (SM) x *Solanum aethiopicum* (SA)) melez kombinasyonlarının tohum boyutları ve hacimleri yönünden değişimleri

Kombinasyonlar	Tohum boyu (mm)	Tohum eni (mm)	Tohum kalınlığı (mm)	Tohum hacmi (mm^3)
SM3 x SA3	3.77 e-j	3.20 d-j	1.12 a-d	4.72 a-g
SM3 x SA6	4.17 a-d	3.50 b-d	0.93 h-k	4.53 b-h
SM3 x SA8	4.25 a-c	3.95 a	0.91 i-l	5.15 a-c
SM3 x SA13	4.19 a-d	3.57 bc	0.97 f-k	4.88 a-e
SM3 x SA16	4.52 a	3.79 ab	0.96 f-k	5.46 a
SM3 x SA17-1	4.39 ab	3.78 ab	0.96 f-k	5.33 ab
SM3 x SA17-2	4.06 b-e	3.75 ab	1.03 c-h	5.42 a
SM6 x SA3	4.00 c-f	3.34 c-i	0.96 f-k	4.33 c-j
SM6 x SA6	3.77 e-j	3.06 g-l	0.80 lm	3.05 lm
SM6 x SA8	3.59 i-k	2.99 j-l	0.93 h-k	3.40 k-m
SM6 x SA12	3.98 c-g	3.41 c-f	1.06 b-f	4.95 a-e
SM6 x SA13	3.01 l	3.07 g-k	1.05 b-g	3.62 i-m
SM6 x SA14	4.00 c-f	3.29 c-j	1.09 b-e	4.92 a-e
SM6 x SA16	3.73 e-j	3.04 h-l	0.80 lm	3.00 m
SM6 x SA17-1	3.84 d-i	3.30 c-j	1.02 c-i	4.45 c-i
SM6 x SA17-2	3.75 e-j	3.02 h-l	0.97 f-k	3.73 h-m
SM8 x SA3	3.67 f-j	3.19 d-j	0.95 f-k	3.82 h-m
SM8 x SA6	3.03 l	2.73 l	1.00 e-j	2.98 m
SM8 x SA8	3.86 d-i	3.38 c-g	0.98 e-k	4.38 c-i
SM8 x SA11	3.70 e-j	3.20 d-j	0.96 f-k	3.90 g-k
SM8 x SA12	3.53 i-k	3.28 c-j	0.99 e-j	4.03 f-k
SM8 x SA13	3.54 i-k	3.15 e-j	0.96 f-k	3.72 h-m
SM8 x SA14	3.29 k	2.81 kl	0.94 g-k	3.02 m
SM8 x SA17-1	3.82 d-j	3.17 d-j	1.05 b-g	4.37 c-i
SM9 x SA3	4.05 b-e	3.03 h-l	1.16 ab	4.85 a-f
SM9 x SA12	3.59 i-k	3.03 h-l	1.23 a	4.79 a-f
SM9 x SA13	3.46 jk	2.80 kl	1.01 c-j	3.38 k-m
SM9 x SA17-1	3.72 e-j	2.78 kl	1.13 a-c	4.02 f-k
SM9 x SA17-2	3.67 f-j	3.11 f-k	1.23 a	5.01 a-d
SM11 x SA6	3.78 e-j	3.41 c-f	0.79 m	3.41 k-m
SM11 x SA11	4.01 c-f	3.26 c-j	0.96 f-k	4.22 d-k
SM11 x SA17-1	3.77 e-j	3.35 c-h	1.03 c-h	4.52 b-h
SM12 x SA6	3.49 i-k	3.01 i-l	0.96 f-k	3.49 j-m
SM12 x SA8	3.97 c-h	3.46 b-e	0.89 j-m	4.11 e-k
SM12 x SA11	3.85 d-i	3.41 c-f	0.94 g-k	4.21 d-k
SM12 x SA14	3.60 h-k	3.22 d-j	0.94 g-k	3.76 h-m
SM12 x SA17-1	3.70 e-j	3.26 c-j	0.94 g-k	3.89 g-l
SM12 x SA17-2	3.61 g-l	3.23 d-j	0.87 k-m	3.46 k-m
P	0.01	0.01	0.01	0.01
CV (%)	2.3	2.5	3.0	4.8

İncelenen kombinasyonların tohum şekil indeksleri, 1.08 (SM3 x SA17-2, SM8 x SA12) ile 1.34 (SM9 x SA3, SM9 x SA17-1) arasında değişim göstermiştir. SM8 ve SM12'nin bulunduğu kombinasyonlara ait tohumlar yuvarlağa yakın iken SM9'un ebeveyn olarak kullanıldığı kombinasyonlara ait tohumların ise daha oval olduğu saptanmıştır. Birim tohum ağırlığının fazla olması endosperm hacminin fazlalığıyla direkt ilişkilidir (Bremner ve ark., 1963). Bu nedenle birim ağırlığı fazla olan tohumların olumsuz ortam koşullarına karşı tohum gücü değerleri daha fazla olmaktadır. Ayrıca bu durum elde edilecek fidenin güçlü olmasına da katkı sağlamaktadır. En yüksek 100 tane ağırlığı SM9 x SA17-2 kombinasyonunda 1.17 g olarak belirlenmiş ve tek başına istatistiksel grup oluşturmuştur. Bu kombinasyonu; SM9 x SA3 (1.00 g) ve SM3 x SA17-1 (0.92 g) kombinasyonları izlemiştir. SM6 x SA12 kombinasyonu ise 0.34 g ile 100 tane ağırlığı yönünden en son sırada yer almıştır. Genel olarak SM3 ve SM9 genotipinin kullanıldığı melez kombinasyonlarında 100 tane ağırlığı daha yüksek, SM12'nin ebeveyn olarak kullanıldığı kombinasyonlarda bu değerin daha düşük olduğu bulunmuştur (Çizelge 4). Daunay ve ark. (1993), *S. melongena* x *S. aethiopicum* kombinasyonundaki meyve başına tohum ağırlıklarının 0.3 - 0.95 g arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Plazas ve ark. (2016), 12 yabani patlıcan türü ile *S. melongena* arasında yaptıkları melezleme çalışmalarında; meyve başına tohum ağırlıklarının 0.09 g (*S. violaceum)* ile 2.67 g (*S. insanum*) arasında dağılış gösterdiğini bildirmişlerdir. Çalışma sonuçları, 100 tane ağırlıkları yüksek bulunan kombinasyonlarda tohum sayısının oldukça düşük sayılarda olduğunu göstermektedir. 100 tohum ağırlığı yönünden ilk sıralarda yer alan kombinasyonların tohum sayıları sırasıyla 0.50 (SM9 x SA17-2), 0.50 (SM9 x SA3) ve 9.75 (SM3 x SA17-1) adet olarak bulunmuştur (Çizelge 2). Bu nedenle meyve başına tohum sayısı fazla olan kombinasyonlar içerisinde 100 tane ağırlıklarının da kıyaslanması yararlı olacaktır. Tohum sayısı yönünden öne çıkan SM6 x SA6 (275.0 adet), SM8 x SA6 (202.17 adet), SM12 x SA6 (200.0 adet) ve SM6 x SA17-2 (116.5 adet) kombinasyonlarının 100 tane ağırlıkları sırasıyla 0.38 g, 0.45 g, 0.43 g ve 0.59 g olarak tespit edilmiştir. Belirtilen bu iki özellik bir arada değerlendirildiğinde; SM8 x SA6 kombinasyonu ön plana çıkmaktadır.

Türler arası melez anaç ıslahında diğer bir seleksiyon kriteri ise meyvede oluşan tohumlardaki abortif tohum oranıdır. Çalışmada 60 kombinasyon içerisinde tohum alınabilen 38 kombinasyonda ortalama % 4.4 abortif tohum oluşumunun meydana geldiği saptanmıştır. Kombinasyonların 17'sinde abortif tohum meydana gelmemiştir. Kullanılan ana ebeveyne göre abortif tohum oranı incelendiğinde, en düşük oran SM9 (% 0.97) ve en yüksek oran ise SM3 (% 12.75) genotipinin kullanıldığı kombinasyonlarda tespit edilmiştir. En yüksek abortif tohum oluşumu SM3 x SA16 (% 33.33), SM6 x SA3 (% 22.22) ve SM3 x SA8 (% 21.43) kombinasyonlarında saptanmıştır. Ayrıca abortif tohum oranı yüksek olan kombinasyonların tamamına yakınında tohum sayısı değerlerinin de düşük sayılarda olduğu bulunmuştur. Tohum sayısı değerleri yönünden öne çıkan SM6 x SA6, SM8 x SA6, SM12 x SA6 ve SM6 x SA17-2 kombinasyonlarında abortif tohum oluşumu değerleri sırasıyla % 7.27, % 1.07, % 1.67 ve % 1.29 olarak hesaplanmıştır.

Literatürde *S. melongena* ile *S. aethiopicum* türleri, kendi aralarında uyuşur türler olarak bilinmelerine rağmen partenokarpik meyve ve çok az tohum oluşumunun da meydana geldiği bildirilmiştir (Collonnier ve ark., 2001; Calvo-Asensio ve ark., 2014). Devi ve ark. (2015), *S. melongena* x *S. aethiopicum* kombinasyonlarında ve Prohens ve ark. (2012), *S. melongena* x *S. aethiopicum* genotiplerinin geriye melezlenmesi aşamasında yüksek seviyede partenokarpik meyve oluşumlarının meydana geldiğini belirtmişlerdir. Buna rağmen; Ali ve Fujieda (1990), bu kombinasyonlarda abortif tohum oluşumunun olmadığını bildirmişlerdir. Literatürdeki bu farklılık, kullanılan ebeveynlerin, tercih edilen kombinasyonların ve çevresel klimatik faktörlerin benzer olmamalarından kaynaklanmış olabilir.

4. Sonuç

Ülkemizde aşılı fide üretim teknolojisinde son yıllarda önemli gelişmeler olmasına rağmen, aşılı fide üretiminde kullanılan anaç çeşit ıslahı konusunda yeterli sayıda ıslah çalışması bulunmamaktadır. Anaç ıslah çalışmalarında yabani türler bazı üstün dayanıklılık özellikleri yönünden önemli varyasyon kaynağıdır ve bu yönden anaç çeşit ıslah programlarında çok fazla tercih edilmektedir. Patlıcan için türler arası melezlemedeki başarı derecesi, kullanılan yabani türlere ve *S. melongena* genotiplerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Bu çalışmada 6 adet ana (*S. melongena*) ile 10 adet baba (*S. aethiopicum*) ebeveyn kullanılarak oluşturulan kombinasyonlarda (60 kombinasyon) ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde 1800'er adet olmak üzere toplam 3600 melezleme yapılmıştır. Melezlenebilirlik yönünden İki farklı dönemde yapılan melezlemelerde meyve tutum oranı ortalama % 47.2 olarak belirlenmiştir. En yüksek meyve tutum oranı gösteren kombinasyonların; sonbaharda SM9 x SA11 (% 80), SM6 x SA14 (% 77), SM11 x SA11 (% 77) ve ilkbaharda ise SM6 x SA8 (% 100), SM3 x SA8 (% 100) oldukları saptanmıştır. İlkbahar döneminde meyve başına hibrit tohum sayıları yüksek olan SM6 x SA6 (275 adet), SM8 x SA6 (202.17 adet), SM12 x SA6 (200 adet) ve SM6 x SA17-2 (116.5 adet) kombinasyonlarında ilkbahar dönemindeki meyve tutum oranlarının sırasıyla % 50, % 60, % 60 ve % 40 olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4. Türler arası patlıcan melez kombinasyonlarının bazı tohum özellikleri

Kombinasyonlar	Tohum şekil indeksi	100 tane ağırlığı (g)	Abortif tohum oranı (%)
SM3 x SA3	1.18 b-h	0.75 c-h	0.00 f
SM3 x SA6	1.19 b-g	0.58 g-m	16.20 b-d
SM3 x SA8	1.13 g-j	0.82 b-e	21.43 bc
SM3 x SA13	1.17 c-i	0.86 b-d	12.50 c-e
SM3 x SA16	1.19 b-g	0.79 c-f	33.33 a
SM3 x SA17-1	1.16 d-i	0.92 bc	0.00 f
SM3 x SA17-2	1.08 j	0.78 c-g	5.76 ef
SM6 x SA3	1.20 b-f	0.57 h-m	22.22 b
SM6 x SA6	1.23 bc	0.38 mn	7.27 d-f
SM6 x SA8	1.20 b-f	0.58 g-m	0.68 f
SM6 x SA12	1.17 c-i	0.34 n	0.00 f
SM6 x SA13	1.18 b-h	0.50 i-n	0.00 f
SM6 x SA14	1.22 b-d	0.53 i-n	0.48 f
SM6 x SA16	1.23 bc	0.54 i-n	0.00 f
SM6 x SA17-1	1.16 d-i	0.56 h-m	0.00 f
SM6 x SA17-2	1.24 b	0.59 f-l	1.29 f
SM8 x SA3	1.15 e-i	0.52 i-n	1.72 f
SM8 x SA6	1.11 ij	0.45 j-n	1.07 f
SM8 x SA8	1.14 f-j	0.66 d-i	5.08 ef
SM8 x SA11	1.15 e-i	0.59 f-l	2.68 f
SM8 x SA12	1.08 j	0.50 i-n	0.00 f
SM8 x SA13	1.12 h-j	0.61 f-l	0.00 f
SM8 x SA14	1.17 c-i	0.52 i-n	0.70 f
SM8 x SA17-1	1.21 b-e	0.67 d-i	1.02 f
SM9 x SA3	1.34 a	1.00 ab	0.00 f
SM9 x SA12	1.19 b-g	0.62 e-k	0.00 f
SM9 x SA13	1.24 b	0.50 i-n	4.35 ef
SM9 x SA17-1	1.34 a	0.64 e-j	0.00 f
SM9 x SA17-2	1.18 b-h	1.17 a	0.00 f
SM11 x SA6	1.11i-j	0.59 f-l	4.69 ef
SM11 x SA11	1.23 bc	0.75 c-h	0.00 f
SM11 x SA17-1	1.13 g-j	0.61 f-l	0.00 f
SM12 x SA6	1.16 d-i	0.43 k-n	1.67 f
SM12 x SA8	1.15 e-i	0.50 i-n	0.00 f
SM12 x SA11	1.13 g-j	0.65 e-j	0.00 f
SM12 x SA14	1.12 h-j	0.41 l-n	0.00 f
SM12 x SA17-1	1.13 g-j	0.61 f-l	18.18 bc
SM12 x SA17-2	1.12 h-j	0.61 f-l	5.00 ef
P	0.01	0.01	0.01
CV (%)	1.4	7.8	27

Çalışma sonucunda, türler arası melezlenebilirlik ve meyvedeki tohum sayısı birlikte incelendiğinde; SM8 X SA6, SM6 X SM6 ve SM12 X SA6 kombinasyonlarının ümit var anaç kombinasyonları olduğu belirlenmiştir. Aşılı patlıcan fidesi üretimine yönelik olarak geliştirilen bu yerli anaç adaylarının, gelecekte anaç çeşit ıslah programlarında değerlendirilerek ülke tarımına kazandırılması yönünde çalışmalara devam edilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, SANTEZ / TEYDEB (Proje No: 0832.STZ.2014) tarafından desteklenen projeden elde edilen verilerle hazırlandığı için, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığına ve Tübitak'a maddi desteklerinden dolayı teşekkür ederiz. Ayrıca çalışmanın arazi kısmındaki yardımlarından ötürü, Gento Tohumculuk Tarım Sanayi ve Tic. Ltd. Şti. çalışanlarına da teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Afful, N.T., Nyadanu, D., Akromah, R., Amoatey, H.M., Annor, C., Diawouh, R.G., 2018. Evaluation of crossability studies between selected eggplant accessions with wild relatives *S. torvum*, *S. anguivi* and *S. aethiopicum* (Shum group). J. Plant Breed. Crop Sci., 10: 1-12.

Ali, M., Fujieda, K., 1990. Cross compatibility between eggplant (*Solanum melongena*) and wild relatives. J. Jpn. Soc. Hortic. Sci., 58: 977-984.

Balkaya, A., Kandemir, D., Sarıbaş, Ş., 2015. Türkiye sebze fidesi üretimindeki son gelişmeler. TÜRKTOB Türkiye Toh. Bir. Der., 4(13): 4-8.

Balkaya, A., 2014. Aşılı sebze üretiminde kullanılan anaçlar. TÜRKTOB Türkiye Toh. Bir. Der., 3(106): 4-7.

Behera, T.K., Singh, N., 2002. Inter-specific crosses between eggplant (*Solanum melongena* L.) with related *Solanum* species. Sci. Hort., 95(1-2): 165-172.

Bletsos, F., Roupakias, D., Tsaktsira, M., Scaltsoyjannes, A., 2004. Produc-tion and characterization of interspecific hybrids between three eggplant (*Solanum melongena* L.) cultivars and *Solanum macrocarpon* L. Sci. Hort., 101(1-2):11–21.

Boyacı, H.F., 2007. Patlıcanlarda Fusarium splgunluğuna dayanıklılık kaynakları ve dayanıklılığın kalıtımı. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 96s, Adana.

Bremner, P.M., Eckersall, R.N., Scott, R.K., 1963. The relative importance of embryo size and endosperm size in causing the effects associated with seed size in wheat. The Journal of agricultural Science, 61(1): 139-145.

Calvo-Asensio, I., Prohens, J., Gisbert, C., 2014. Vigor for in vitro culture traits in *S. melongena* × *S. aethiopicum* hybrids with potential as rootstocks for eggplant. Sci. World J. 2014, 1–8.

Collonier, C., Fock, I., Kashyap, V., 2001. Applications of biotechnology in eggplant. Plant Cell Tiss. Org., 65(2): 91-107.

Çürük, S., Dayan, A., 2017. *Solanum melongena* ve *Solanum torvum*'un türler arası melezlerinin morfolojik özellikleri. Mediterranean Agricultural Sciences, 30(3): 179-188.

Daunay, M.C., Chaput, M.H., Sihachakr, D., Allot, M., Vedel, F., Ducreux, G., 1993. Production and characterization of fertile somatic hybrids of eggplant (*Solanum melongena* L.) with *Solanum aethiopicum* L. Theor. Appl. Genet., 85(6-7): 841-85.

Daunay, M.C. 2008. Handbook of Plant Breeding: Vegetables II, Springer, New York, USA, 163-220.

Devi, C.P., Munshi, A.D., Behera, T.K., Choudhary, H., Vinod Gurung, B., Saha, P., 2015. Cross compatibility in interspecific hybridization of eggplant, *Solanum melongena*, with its wild relatives. Sci. Hort. 193: 353-358.

Fidebirlik, 2016. Fide Üreticileri Alt Birliği. http://www.fidebirlik.org.tr/, (Erişim tarihi: 06 Şubat 2019)

García-Fortea, E., Gramazio, P., Vilanova, S., Fita, A., Mangino, G., Villanueva, G., Arrones, A., Knapp, S., Prohens, J., Plazas, M., 2019. First successful backcrossing towards eggplant (*Solanum melongena*) of a New World species, the silver leaf nightshade (*S. elaeagnifolium*), and characterization of interspecific hybrids and backcrosses. Sci. Hort., 246: 563-573.

Gisbert, C., Prohens, J., Nuez F., 2011a. Performance of eggplant grafted on to cultivated, wild, and hybrid materials of eggplant and tomato. Int. J. of Plant Pro., 5(4): 367-380.

Gisbert, C., Prohens, J., Raigon, M.D., Stommel, J.R., Nuez, F., 2011b. Eggplant relatives as sources of variation for developing new rootstocks: Effects of grafting on eggplant yield and fruit apparent quality and composition. Sci. Hort., 128(1): 14-22.

Hayase, H., 1961. *Cucurbita* crosses: XIII. Utilization of bud pollination in obtaining interspesific hybrids of *C. Pepo* x *C. Maxima*. Japanese J. of Breed., 25: 181-190.

Iwamoto, Y., Hirai, M., Ohmido, N., Fukui, K., Ezura, H., 2007. Fertile somatic hybrids between *Solanum integrifolium* and *S. sanitwongsei* (sny. S. kurzii) as candidates for bacterial wilt-resistant rootstock of eggplant. Plant Biotechnology, 24: 179-184.

İko, M., Ivani, A., Bohanec, B., 2003. Genome size analysis in the genus *Cucurbita* and its use for determination of interspecific hybrids obtained using the embryo-rescue technique. Plant Science, 165(3): 663-669.

Kandemir, D., Sarıbaş, H.Ş., Balkaya, A., 2016. Aşılı patlıcan üretiminde kullanılan anaçların verim ve

kalite üzerine etkileri. Tarım Gündem Dergisi, 6(33): 24-28.

Karaağaç, O., Özbakır, M., Balkaya, A., 2011. Barbunya fasulye (*Phaseolus vulgaris* var. pinto) tohumlarının farklı nem içeriklerinde bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi. IV. Tohumculuk Kongresi, 14–17 Haziran, Samsun.

Karaağaç, O., 2013. Karadeniz Bölgesinden Toplanan Kestane Kabağı (*C. maxima* Duchesne) ve Bal Kabağı (*C. moschata* Duchesne) Genotiplerinin Karpuza Anaçlık Potansiyellerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 238s, Samsun.

Karaağaç, O., Balkaya, A., 2013. Interspecific hybridization and hybrid seed yield of winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.) and pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) lines for rootstock breeding. Sci. Hort., 149: 9-12.

King, S., Davis, A.R., Zhang, X., Crosby, K., 2010. Genetics, breeding and selection of rootstocks for Solanaceae and Cucurbitaceae. Sci. Hort., 127(2): 106-111.

Kumchai, J., Wei, Y.C., Lee, C.Y., Chen, F.C., Chin, S.W., 2013. Production of interspecific hybrids between commercial cultivars of the eggplant (*Solanum melongena* L.) and its wild relative *S. torvum*. Genet. Mol. Res. 12: 755-764.

Nascimento, W.M., Pinheiro, F., Freitas, R.A., 2007. Utilizaço do ethephon para a produço de sementes de hbrido de abbora tipo t etsukabuto (Utilization of 226 ethephon on hybrid seed production of tetsukabu to type squash), Revista Brasileira de Sementes, 29(2): 10-14.

Oda, M., 1999. Grafting of vegetables to improve greenhouse production. Food & Fertilizer Technology Centre Extension Bulletin, 480: 1-11.

Oyelana, O.A., Ugborogho, R.E., 2008. Phenotypic variation of F1 and F2 populations from three species of Solanum L. (*Solanaceae*). Afr. J. Biotechnol., 7: 2359-2367.

Plazas, M., Vilanova, S., Gramazio, P., Rodriguez-Burruezo, A., Rajakapasha, R., Ramya, F., Niran, L., Fonseka, H., Kouassi, B., Kouassi, A., Prohens, J., 2016. Interspecific hybridization between eggplant and wild relatives from different genepools. J. Am. Soc. Hort. Sci., 141: 34-44.

Prohens, J., Plazas, M., Raigón, M.D., Seguí-Simarro, J.M., Stommel, J.R., Vilanova, S., 2012. Characterization of interspecific hybrids and first backcross generations from crosses between two cultivated eggplants (*S. melongena* and *S. aethiopicum* Kumba group) and implications for eggplant breeding. Euphytica, 186: 517-538.

Rao, S.V., Rao, B.G.S., 1984. Studies on the crossability relationships of some spinous *Solanum*. Theor. Appl. Genet., 67: 419-426.

Rhodes, A.M., 1959. Species hybridization and interspecific gene transfer in the genus, *Cucurbita*. Proceeding American Society Horticultural Science, 74: 546-552.

Sakata, Y., Ohara, T., Sugiyama, M., 2007. The history and present state of the grafting of cucurbitaceous vegetables in Japan. Acta Hort, 731: 159–170.

Sihachakr, D., Daunay, M.C., Serraf, I., Chaput, M.H., Mussio, I., Haicour, R., Rossignol, L. Ducreux, G., 1994. Somatic hybridization of eggplant (*Solanum melongena* L.) with its close and wild relatives. In: Bajaj YPS (ed) Biotechnology in Agriculture and Forestry, Somatic Hybridization in Crop Improvement, Vol I, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 255-278.

Tatlioglu, T., 1993. Cucumber (*Cucumis sativus* L.) In: Kalloo G, Bergh BO. Genetic improvement of vegetable crops. Tarrytown, NY, Pergamon Press, 197-234.

Toppino, L., Vale, G., Rotino, G.L., 2008. Inheritance of Fusarium wilt resistance introgressed from *Solanum aethiopicum* Gilo and Aculeatum groups into cultivated eggplant (*S. melongena*) and development of associated PCR-based markers. Molecular Breeding, 22 (2): 237-250.

Whitaker, T.W., Robinson, R.W., 1986. Squash breeding. In: Bassett M.J. (Ed.). Breeding Vegetable Crops. Westport, Connecticut: Avi, 209-242.

Yamaguchi, J., Shiga, T., 1993. Characteristics of regenerated plants via protoplast electrofusion between melon (*Cucumis melo*) and pumpkin (interspecific hybrid, *Cucurbita maxima* x *C. moschata*). Japanese Journal of Breeding, 43: 173-182.

Yamakawa, K., 1982. Use of rootstocks in solanaceous fruit–vegetable production in Japan. Japan Agricultural Research Quarterly, 15: 175-179.

Yılmaz, S., Çelik, İ., Boyacı, F., Yeşilova, Ö., 2005. Aşılı domates fide üretiminde kullanılan *Solanum torvum*'un *Fusarium oxysporium* f. sp. *melongena*'ya karşı reaksiyonları ve anaç performansının belirlenmesi. II. Tohumculuk Kongresi, 9-11 Kasım, Adana.

Yongan, C., Bingkui, Z., Enhui, Z., Zunlian, Z., 2002a. Study on affinity of sexual hybridization between *Cucurbita maxima* and *Cucurbita moschata*. Cucurbit Genetics Cooperative Report, 25: 54-55.

Yongan, C., Bingkui, Z., Enhui, Z., Zunlian, Z., 2002b. Germplasm innovation by interspecific crosses in pumpkin. Cucurbit Genetics Cooperative Report, 25: 56-57.

Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi
Anadolu Journal of Agricultural Sciences
http://dergipark.gov.tr/omuanajas

Research/ Araştırma

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 34 (2019)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/omuanajas.470201

Determination of efficacy of some fungicides used in hazelnut orchards against *Ambrosiella hartigii* Batra symbiotically associated with *Anisandrus dispar* Fabricius (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) under laboratory conditions

İsmail Erper[a], Rahman Kushiyev[a*], Elif Yıldırım[a], Muharrem Turkkan[b], Celal Tuncer[a]

[a] *Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Samsun*
[b] *Ordu University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Ordu, Turkey*
*Sorumlu yazar/corresponding author: rahmankushiyev@gmail.com

Geliş/Received 13/10/2018 Kabul/Accepted 30/05/2019

ABSTRACT

Anisandrus dispar Fabricius (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) cultivate symbiotic fungus *Ambrosiella hartigii* Batra in the galleries found in sapwood of host trees for feeding. Therefore, controlling the symbiotic fungus means depriving *A. dispar* of a source of food. In the study, the efficacy of five doses (0.25x, 0.5x, 1.0x, 2.0x and 4.0x; where x is the field rate recommended by the manufacturer) of five fungicides including active ingredients of boscalid+kresoxim methyl, fluopyram+tebuconazole, penconazole, sulphur and tetraconazole used in hazelnut orchards against powdery mildew caused by *Erysiphe corylacearum* was evaluated against *A. hartigii* (TR-Ah-06 isolate) under laboratory conditions. The results of the study showed that all doses of the fungicides significantly inhibited the mycelial growth of *A. hartigii* when compared to the control ($P<0.05$). Among them, fluopyram+tebuconazole, penconazole and tetraconazole even at the lowest dose completely inhibited the mycelial growth of the fungus. However, the mycelial growth was reduced at the rates of 29.56-100% depending on the increasing doses of boscalid+kresoxim methyl. Sulphur inhibited the mycelial growth of *A. hartigii* at the rates of 78.57-100% depending on the increasing doses. In addition, the ED_{50}, MIC and MFC values of fluopyram+tebuconazole, penconazole and tetraconazole were determined to be lower even than the 0.25x, which was the lowest dose at the experiment. The results showed that the fungicides, especially fluopyram+tebuconazole, penconazole and tetraconazole were effective against *A. hartigii.*

Keywords:
Ambrosia beetles
Ambrosiella hartigii
Effect
Fungicides
Hazelnut
Symbiotic fungus

Fındık bahçelerinde kullanılan bazı fungisitlerin *Anisandrus dispar* Fabricius (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) ile simbiyotik ilişkili *Ambrosiella hartigii* Batra'ya karşı laboratuvar şartlarında etkinliklerinin belirlenmesi

ÖZET

Anisandrus dispar Fabricius (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) beslenmek amacıyla konukçu ağaçların odun dokusunda açtıkları galerilerde simbiyoitk fungus *Ambrosiella hartigii* Batra'yı yetiştirmektedir. Bu nedenle simbiyotik fungusun kontrol edilmesi *A. dispar*'ı bir besin kaynağından mahrum etmek anlamına gelmektedir. Bu çalışmada fındık bahçelerinde fındık külleme hastalığına neden olan *Erysiphe corylacearum*'a karşı kullanılan boscalid+kresoxim methyl, fluopyram+tebuconazole, kükürt, penconazole ve tetraconazole etkili maddeli beş fungisitin beş dozunun (0.25x, 0.5x, 1.0x, 2.0x ve 4.0x; buradaki x üretici firma tarafından tavsiye edilen dozu ifade etmektedir) laboratuvar şartlarında *A. hartigii* (TR-Ah-06 izolatı) üzerindeki etkinliği test edilmiştir. Sonuç olarak, fungisitlerin tüm dozları kontrol ile kıyaslandığında bu fungusun misel gelişmesini önemli derecede engellemiştir ($P<0.05$). Bunlar arasında en düşük dozdaki fluopyram+tebuconazole, penconazole ve tetraconazole fungusun misel gelişmesini tamamen inhibe etmiştir. Ayrıca, boscalid+kresoxim methyl'in dozlarının artmasına bağlı olarak *A. hartigii*'nin misel gelişmesi %29.56-100 arasında azalmıştır. Kükürtün dozlarının artmasına bağlı olarak bu fungusun misel gelişmesi ise %78.57-100 oranında engellenmiştir. Buna ek olarak, fluopyram+tebuconazole, penconazole ve tetraconazole'nin ED_{50}, MIC ve MFC değerleri en düşük dozdan bile düşük bulunmuştur. Sonuçlar bu

Anahtar Sözcükler:
Ambrosia böcekleri
Ambrosiella hartigii
Etki
Fındık
Fungisitler
Symbiyotik fungus

fungisitlerin özellikle fluopyram+tebuconazole, penconazole ve tetraconazole'nin *A. hartigii*'ye karşı oldukça etkili olduğunu göstermiştir.

© OMU ANAJAS 2019

1. Introduction

Ambrosia beetles (Coleoptera: Curculionidae; Platypodinae and Scolytinae) are closely tied to symbiotic fungi known commonly as ambrosia fungi (Harrington et al., 2014). They construct galleries in the nutrient-poor sapwood of host trees, and cultivate the symbiotic fungi (mostly *Ambroseilla* spp. and *Raffaelea* spp.) in the galleries for their nutrition (Harrington, 2005). Ambrosia beetles, which generally do not eat wood, feed solely on the symbiotic fungi growing in the galleries (Beaver, 1989; Biedermann, 2007). Exceptionally, the larvae of some species also feed on fungus-colonized wood as well as symbiotic fungi (Biedermann, 2007). The fungi provide important organic molecules necessary for developing of larvae and adults (Norris, 1979; Beaver, 1989). The symbiotic fungi are usually found in the genera, *Ambrosiella* and *Raffaelea* (Six et al., 2009; Harrington et al., 2010). Among them, *Ambrosiella hartigii* Batra has been identified as the symbiotic fungus associated with *Anisandrus dispar* Fabricius (Scolytinae) in Turkey and other some countries (Batra, 1967; Bucini et al., 2005; Kushiyev, 2015).

Ambrosia beetle, *A. dispar* is a widespread pest in hazelnut orchards in Turkey as well as some fruit trees (Ak et al., 2005; 2011; Tuncer et al., 2017). The beetle leads to significant yield losses by drying hazelnut branches and trees (Saruhan and Akyol, 2012). In addition to the direct beetle damage, the symbiotic fungus *A. hartigii*, which produce mycelium abundantly in the sapwood, could disrupt the flow of water and nutrients of host trees (Castrillo et al., 2011). Moreover, this fungus is indirectly harmful due to its role as food source for larvae and adults of *A. dispar*. Therefore, the control of the fungus may provide indirect control of the beetle. Because, controlling the symbiotic fungus means depriving the beetle of a food source.

Generally, plant pathogenic and saprophytic fungi are controlled by chemical fungicides. Previously, in a few studies, antifungal effects of different chemical fungicides on some symbiotic fungi such as *A. hartigii* and *Raffaelea* sp. associated with ambrosia beetles were tested (Joseph et al., 2002; Mayfield et al., 2008; Kagezi et al., 2015; Erper et al., 2018). In a study, it was determined that 0.01 ppm of propiconazole inhibited the mycelial growth of *Raffaelea* sp. associated with ambrosia beetle, *Xyloborus glabratus* Eichh. (Scolytinae) at the rate of 84% (Mayfield et al., 2008). Erper et al. (2018) found that the lowest dose (0.25x) of captan, cyprodinil+fludioxonil, imazalil and prochloraz completely inhibited the mycelial growth of two isolates of *A. hartigii* isolated from *A. dispar*, and also from *Xylosandrus germanus* Blandford (Scolytinae), which is another important ambrosia beetle in hazelnut orchards. Also, they showed that azoxystrobin, iprodione and thiram depending on increased doses reduced the mycelial growth of the symbiotic fungus at the rates of 50-85%, 64-100% and 75-100%, respectively.

Recently, a new and highly destructive powdery mildew caused by *Erysiphe corylacearum*, a member of the family Erysiphaceae and distinct from *Phyllactinia guttata*, has been reported in 16 provinces of Turkey licensed for hazelnut production, and its prevalence was 100% in most of them (Sezer et al., 2017). Some agronomic practices have been used to control the powdery mildew in Turkey, including the use of cultural treatments such as removal and disposal of infected leaves from orchards. Fungicide application including sulphur, carboxamides, strobilurin and DeMethylation Inhibitors [(DMI) -Triazoles)] is done intensely in all hazelnut areas where the disease is seen (Anonymous, 2018).

The object of this study was to evaluate the *in vitro* efficacy of boscalid+kresoxim methyl, fluopyram+tebuconazole, penconazole, sulphur and tetraconazole fungicides used to control of the powdery mildew in hazelnut orchards on the mycelial growth of *A. hartigii* for alternative control of *A. dispar*.

2. Materials and Methods

2.1. Isolation of the symbiotic fungus

Fungal isolate (TR-Ah-06) isolated from *A. dispar*'s female adult was used in the present study. The beetle was obtained from hazelnut orchard in Samsun province of Black Sea region (Turkey) during April 2018. The obtained female adult was disinfected by 1 mL PBS (phosphate buffered saline) containing 0.1% Tween 80 (15 sec.) and 40% ethanol (5 sec.) and put on sterile filter paper to dry (Erper et al., 2018). After the beetle was dissected, and it was placed on Petri dishes (6 cm dia.) containing Potato Dextrose Agar (PDA; Merck Ltd., Darmstadt, Germany) The Petri dishes were incubated for 4 days at 25 ±1°C under dark conditions. Then the isolate was identified as *A. hartigii* according to the macroscopic and microscopic characteristics (Batra, 1967).

2.2. Chemical fungicides

The fungicides used in the study were given in Table 1. Antifungal efficacy of five fungicides at five doses (0.25x, 0.5x, 1.0x, 2.0x and 4.0x; where x is the field rate recommended against powdery mildew caused by *E. corylacearum* on hazelnut by the manufacturer in Turkey) were evaluated to *A. hartigii* under laboratory conditions.

Table 1. Chemical fungicides selected for *in vitro* testing

Chemical group	Active ingredient	Trade name	Manufacturer	Registered doses in Turkey
Mixture	200 g L^{-1} boscalid+ 100 g L^{-1} kresoxim methyl	Collis SC	Basf	0.30 mL L^{-1}
	200 g L^{-1} fluopyram+ 200 g L^{-1} tebuconazole	Luna Experience SC 400	Bayer	0.25 mL L^{-1}
DMI[a]- Triazoles	100 g L^{-1} penconazole	Fullpas 100 EC	Agrobest	0.35 mL L^{-1}
	100 g L^{-1} tetraconazole	Domark 10 EC	Hektaş	0.50 mL L^{-1}
Sulphur	80% sulphur	Saupolo 80 WG	Astranova	4.0 g L^{-1}

[a]DeMethylation Inhibitors (DMI)

2.3. Effect of the fungicides on mycelial growth

Antifungal effect of the five fungicides on mycelial growth of *A. hartigii* were tested according to Erper et al. (2018). The five doses of the fungicides were added to autoclaved PDA medium at 50°C, and then the ameliorated PDA medium were dispensed aseptically into 9-cm Petri dishes (20 mL per Petri). The same amount of unamended PDA medium was dispensed into Petri dishes for control treatment. A mycelial disc (6-mm-dia.) cut from 5-day-old culture of *A. hartigii* was placed in the center of each Petri dish, and the Petri dishes were incubated at 25°C in the dark for 4 days. When the control fungal colonies had grown to the point of nearly covering the Petri dishes, all the dishes were measured at two perpendicular points. Mycelial growth values were converted into percentage of mycelial growth inhibition (MGI), in relation to the control treatment by using the formula MGI (%) = [(dc – dt)/dc] × 100, where dc and dt represented mycelial growth diameter in the control and amended Petri plates, respectively. Each treatment was replicated five times, and the experiment was repeated ones.

2.4. ED_{50}, MIC and MFC values of the fungicides

Probit analysis was used to calculate the doses of five fungicides causing 50% reduction (ED_{50}) in the mycelial growth of *A. hartigii* (IBM SPSS Statistic Program, New York, USA). The minimum concentration [minimum inhibition concentration (MIC)] that completely inhibited the mycelial growth was also determined in parallel experiments. Toxic effects of the fungicides on the fungus were determined according to Thompson (1989) and Tripathi et al. (2004). Mycelial discs taken from ameliorated Petri dishes that exhibited no fungal growth were used to re-inoculate unameliorated dishes containing PDA, which were observed for 9 days at 25°C for revival of the fungal growth. The minimum fungicide concentration required to completely and irreversibly inhibit fungal growth after transference to unameliorated PDA medium was referred to as the minimum fungicidal concentration (MFC).

2.5. Statistical analysis

The results of this study were separately subjected to analysis of variance (One-Way ANOVA) using the IBM SPSS Statistics Program, and significant differences between the means were determined by using Tukey's HSD test ($P<0.05$).

3. Results

In the present study, antifungal effects of boscalid+kresoxim methyl, fluopyram+tebuconazole, penconazole, sulphur and tetraconazole against *A. hartigii* were tested under laboratory conditions. The results showed that all doses of the five fungicides significantly inhibited the mycelial growth of *A. hartigii* compared with the control ($P<0.05$) (Table 2). Especially, the mycelial growth of the fungus was completely inhibited even at the lowest dose of fluopyram+tebuconazole, penconazole and tetraconazole. There was no significant difference between the inhibitory effects of all doses of fluopyram+tebuconazole, penconazole and tetraconazole ($P<0.05$). On the other hand, boscalid+kresoxim methyl reduced the mycelial growth of the fungus at the rates of 29.56-100% depending on the increasing fungicide doses in comparison with the control treatment. There was significant differences among five doses of boscalid+kresoxim methyl ($P<0.05$). In addition, sulphur inhibited the mycelial growth of *A. hartigii* at rates of 78.57-100% depending on increasing doses, and there was statistically difference among five doses of the fungicide ($P<0.05$) (Table 2).

The ED_{50}, MIC and MFC values of the fungicides on *A. hartigii* were determined as 0.151, 1.2, >1.2 for boscalid+kresoxim methyl; <0.0625, <0.0625, <0.0625 for fluopyram+tebuconazole; <0.0875, <0.0875, <0.0875 for penconazole; 0.27, 16.0, 16.0 for sulphur; and <0.125, <0.125, <0.125 for tetraconazole, respectively (Table 3).

The results showed that the ED_{50}, MIC and MIC values of the fungicides were varied against the fungus. For example; the ED_{50} values of

fluopyram+tebuconazole, penconazole, sulphur and tetraconazole were found to be lower even than the 0.25x which is the lowest dose, but this value of boscalid+kresoxim methyl was found as higher than the lowest dose. On the other hand, the MFC values of fluopyram+tebuconazole, penconazole and tetraconazole, which showed fungitoxic activity against the fungus, were determined to be lower than the 0.25x dose. However, the MFC values of boscalid+kresoxim methyl and sulphur on *A. hartigii* were found as >4.0x and 4.0x, which is the highest dose, respectively (Table 3).

Table 2. Antifungal effects of the fungicides on the mycelial growth of *Ambrosiella hartigii*

Fungicides	Doses (g/mL L^{-1})	Inhibition of mycelial growth (%)
Boscalid+kresoxim methyl	0.075	29.56[a]±0.44[b]h[c]
	0.15	34.44±0.86 g
	0.3	81.78±0.27 e
	0.6	95.53±0.44 b
	1.2	100.00±0.00 a
Fluopyram+tebuconazole	0.0625	100.00±0.00 a
	0.125	100.00±0.00 a
	0.25	100.00±0.00 a
	0.5	100.00±0.00 a
	1.0	100.00±0.00 a
Penconazole	0.0875	100.00±0.00 a
	0.175	100.00±0.00 a
	0.35	100.00±0.00 a
	0.7	100.00±0.00 a
	1.4	100.00±0.00 a
Sulphur	1.0	78.57±0.43 f
	2.0	83.93±0.47 d
	4.0	92.17±0.36 c
	8.0	95.53±0.12 b
	16.0	100.00±0.00 a
Tetraconazole	0.125	100.00±0.00 a
	0.25	100.00±0.00 a
	0.5	100.00±0.00 a
	1.0	100.00±0.00 a
	2.0	100.00±0.00 a
Control	0	0.00±0.00 i

[a]Values represent the mean of five replications of fungicides doses used for *A. hartigii*
[b]Mean values followed by standard error of the mean
[c]Means followed by the same letter are not significant different according to the Tukey's HSD ($P<0.05$)

Table 3. The ED_{50}, MIC and MFC values of the fungicides inhibiting mycelial growth of *Ambrosiella hartigii*

	Fungicides				
	Boscalid+ kresoxim methyl	Fluopyram+ tebuconazole	Penconazole	Sulphur	Tetraconazole
ED_{50}[a]	0.151	<0.0625	<0.0875	0.27	<0.125
MIC[b]	1.2	<0.0625	<0.0875	16.0	<0.125
MFC[c]	>1.2	<0.0625	<0.0875	16.0	<0.125

[a]The concentration that caused 50% reduction
[b]Minimum inhibition concentration
[c]Minimum fungicidal concentration

4. Discussion

Ambrosia beetles are currently uncontrollable threat to forest ecosystems and fruit industries throughout the world (Hulcr and Dunn, 2011). The control of these beetles is very limited because the majority of their life is spent under the bark of trees, where they are physically protected from sprayed insecticides (Reding et al., 2010). Therefore, there is a need to find new alternative control methods against ambrosia beetles. The management of symbiotic fungi which are solely food source of ambrosia beetles could provide an important alternative control approach for the beetles. But, studies on symbiotic fungi have been ignored so far. Some studies have indicated that females of ambrosia beetles do not begin ovipositing until their symbiotic fungus is growing within their tunnels (French and Roeper, 1972; Weber and McPherson, 1983; Weber and McPherson, 1984; Ranger et al., 2016). This feature, which is seen in ambrosia beetles, is significantly advantage for the development of alternative control methods. If the development of symbiotic fungi in the galleries can be prevented by chemical fungicides, an effective control against ambrosia beetles may be achieved.

The current study indicated that the five fungicides (boscalid+kresoxim methyl, fluopyram+tebuconazole, penconazole, sulphur and tetraconazole) were effective on the mycelial growth of *A. hartigii* associated with *A. dispar* at *in vitro*. Especially, fluopyram+tebuconazole, penconazole and tetraconazole even at the lowest dose showed the fungitoxic effect on the mycelial growth of the fungus. Moreover, boscalid+kresoxim methyl and sulphur considerably reduced the mycelial growth depending on increased doses. These findings are in line with those of various previous studies on antifungal activity of fungicides against the mycelial growth of symbiotic fungi associated with ambrosia beetles (Joseph et al., 2002; Mayfield et al., 2008; Kagezi et al., 2015; Erper et al., 2018). In a study, Mayfield et al. (2008) determined that propiconazole fungicide used at 0.01 ppm inhibited significantly mycelial growth of symbiotic fungus *Raffaelea* sp. associated with *X. glabratus*. Also, they showed that the MIC and MFC values of propiconazole determined were 0.1 ppm and 1 ppm, and the same values of thiabendazole were found as <10 ppm and <50 ppm, respectively. In another study, Kagezi et al. (2015) tested antifungal effects of four doses (1.5x, 1.25x, 1.0x and 0.5x) of chlorothalonil, tebuconazole and dimethomorph+mancozeb on symbiotic fungus associated with *Xylosandrus compactus* Eichhoff (Scolytinae) at *in vitro*. In this study, it was stated that all doses of tebucozanole inhibited the mycelial growth of the fungus by 100%, followed by all doses of chlorothalonil and dimethomorph+mancozeb by under 40%. Similarly, in our previous study, it was determined that the lowest dose (0.25x) of captan, cyprodinil+fludioxonil, imazalil and prochloraz completely inhibited the mycelial growth of two isolates of *A. hartigii* isolated from *A. dispar* and *X. germanus* (Erper et al., 2018). It was also demonstrated that azoxystrobin, iprodione and thiram inhibited the mycelial growth of the symbiotic fungus at the rates of 50-85%, 65-100% and 75-100% depending on increased doses, respectively.

However, in a few studies, some researchers tested the effects of fungicides to symbiotic fungi associated with ambrosia beetles in field conditions (Mayfield et al., 2008; Fettig et al., 2014; Ranger et al., 2016; Jones et al., 2017). Mayfield et al. (2008) found that propiconazole, which was enjected into redbay (Persea borbonia) trees, inhibited the growth of *Raffaelea* sp. in the sapwood during approximately 30 weeks. Similarly, the development of symbiotic fungus in the trees treated with azoxystrobin and potassium phosphite was reduced and so eggs were not released (Ranger et al., 2016). On the other hand, some previous studies have stated that pesticide combinations (insecticides and fungicides) are usually more effective than only fungicide or insecticide applications for controlling ambrosia beetles and symbiotic fungi in the field (Fettig et al., 2014; Ranger et al., 2016; Jones et al., 2017). Fettig et al. (2014) determined that pesticide combinations [emamectin benzoate (insecticide) and propiconazole (fungicide)] injected with arborjet was more effective than single pesticide treatments for protecting pine trees from bark beetle, *Dendroctonus ponderosae* Hopkins (Scolytinae). Jones et al. (2017) found that the combination of a systemic insecticide (emamectin benzoate), a contact insecticide (bifenthrin), and a fungicide (metconazole) provided the best control against ambrosia beetle, *Euwallacea* sp. (Scolytinae) and its symbiotic fungus.

5. Conclusion

In conclusion, boscalid+kresoxim methyl, fluopyram+tebuconazole, penconazole, sulphur and tetraconazole, which are currently used against hazelnut powdery mildew caused by *E. corylacearum* in Turkey, significantly inhibited the mycelial growth of *A. hartigii* symbiotically associated with *A. dispar* under laboratory conditions. But, the efficacy of the fungicides alone or combined with insecticides against *A. hartigii* and *A. dipsar* should be determined in field conditions. Thus, successful fungicides may be used in controlling of the symbiotic fungus and its associated ambrosia beetle.

References

Ak, K., Uysal, M., Tuncer, C., 2005. Giresun, Ordu ve Samsun illerinde fındık bahçelerinde zarar yapan yazıcı böcek (Coleoptera: Scolytidae) türleri, kısa biyolojileri ve bulunuş oranları. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20 (2): 37-44.

Ak, K., Saruhan, I., Tuncer, C., Akyol, H., Kılıç, A.,

2011. Ordu ili kivi bahçelerinde yazıcı böcek (Coleoptera: Scolytidae) türlerinin tespiti ve zarar oranları. Türkiye Entomoloji Bülteni, 1(4): 229-234.

Anonymous, 2018. Bitki koruma ürünleri veri tabanı programı. Available at https://bku.tarim.gov.tr. (Erişim tarihi: 11 Ekim 2018).

Batra, L.R., 1967. Ambrosia fungi: a taxonomic revision and nutritional studies of some species. Mycologia, 59: 976-1017.

Beaver, R.A., 1989. Insect-fungus relationships in the bark and ambrosia beetles. In: Wilding, N., Collins, N.M., Hammond, P.M., Webber, J.F., (Eds). Insect fungus Interactions. 14th Symposium of the Royal Entomological Society of London. pp. 121.

Biedermann, P.H.W., 2007. Social behavior in sib mating fungus farmers. MS thesis. University of Berne, p. 85, Berne, Switzerland.

Bucini, D., Balestra, G.M., Pucci, C., Paparatii, B., Speranza, S., Zolla, C.P., Varvaro, L., 2005. Bio-ethology of *Anisandrus dispar* F. and its possible involvement in Dieback (Moria) diseases of hazelnut (*Corylus avelana* L.) plants in Central Italy. Acta Horticulturae, 686: 435-443.

Castrillo, L.A., Griggs, M.H., Ranger, C.M., Reding, M.E., Vandenberg, J.D., 2011. Virulence of commercial strains of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium brunneum* (Ascomycota: Hypocreales) against adult *Xylosandrus germanus* (Coleoptera: Curculionidae) and impact on brood. Biological Control, 58: 121-126.

Erper, I., Kushiyev, R., Turkkan, M., Tuncer, C., 2018. Evaluation of some fungicides against symbiotic fungus *Ambrosiella hartigii* associated with *Anisandrus dispar* Fabricius and *Xylosandrus germanus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences, 32 (1): 60-66.

Fettig, C.J., Munson, A.S., Grosman, D.M., Bush, P.B., 2014. Evaluations of emamectin benzoate and propicon-azole for protecting individual *Pinus contorta* from mortality attributed to colonization by *Dendroctonus ponderosae* and associated fungi. Pest Management Science, 70: 771-778.

French, J.R., Roeper, R.A., 1972. Interactions of the ambrosia beetle, *Xyleborus dispar* (Coleoptera: Scolytidae), with its symbiotic fungus *Ambrosiella hartigii*. The Canadian Entomologist, 104: 1635-1641.

Harrington, T.C., 2005. Ecology and evolution of mycophagous bark beetles and their fungal partners. In: Vega, F.E., Blackwell, M. (Eds.). Ecological and evolutionary advances in insect-fungal associations. Oxford University Press, New York. pp. 257-291.

Harrington, T.C., Aghayeva, D.N., Fraedrich, S.W., 2010. New combinations in *Raffaelea*, *Ambrosiella* and *Hyalorhinocladiella* and four new species from the redbay ambrosia beetle, *Xyleborus glabratus*. Mycotaxon, 111: 337-361.

Harrington, T.C., McNew, D., Mayers, C., Fraedrich, S.W., Reed, S.E., 2014. *Ambrosiella roeperi* sp. nov. is the mycangial symbiont of the granulate ambrosia beetle, *Xylosandrus crassiusculus*. Mycologia, 106: 835-845.

Hulcr, J., Dunn, R.R., 2011. The sudden emergence of pathogenicity in insect fungus symbioses threatens naive forest ecosystems. Proceedings of the Royal Society B., 278: 2866-2873.

Jones, M.E., Kabashima, J., Eskalen, A., Dimson, M., Mayorquin, J.S., Carrillo, J.D., Hanlon, Ch.C., Paine, T.D., 2017. Evaluations of insecticides and fungicides for reducing attack rates of a new invasive ambrosia beetle (*Euwallacea* sp., Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) in Infested Landscape Trees in California. Journal of Economic Entomology, 110(4): 1611-1618.

Joseph, M., Prakasan, C.B., Vijayalakshmi, C.K., Sreedharan, K., 2002. Laboratory evaluation of the systemic fungicide propiconazole (Tilt 25EC) against the 'ambrosia' fungus, the food of shot hole borer *Xylosandrus compactus* (Eichhoff) (Coleoptera: Scolytidae) attacking coffee. In Proceedings of the 15th Plantation Crops Symposium Placrosym. pp. 613-616.

Kagezi, G., Kucel, P., Olal, S., Pinard, F., Seruyange, J., Musoli, P., 2015. *In vitro* inhibitory effect of selected fungicides on mycelial growth of ambrosia fungus associated with the black coffee twig borer, *Xylosandrus compactus* Eichhoff (Coleoptera: Curculionidae) in Uganda. African Journal of Agricultural Research, 10: 2322-2328.

Kushiyev, R., 2015. Fındıkta önemli yazıcı böcek türlerindeki funguslarin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 63 s, Samsun.

Mayfield, A.E., Barnard, E.L., Smith, J.A., Bernick, S.C., Eickwort, J.M., Dreaden, T.J., 2008. Effect of propiconazole on laurel wilt disease development in redbay trees and on the pathogen in vitro. Arboriculture & Urban Forestry, 34 (5): 317-324.

Norris, D.M., 1979. The mutualistic fungi of the Xyleborini beetles. In: Batra, L.R. (Eds.). Insect-Fungus Symbiosis: Nutrition, Mutualism, and Commensalism. John Wiley and Sons, Hoboken, NJ, USA. pp. 53-63.

Ranger, C.M., Schultz, P.B., Reding, M.E., Frank, S.D., Palmquist, D.E., 2016. Flood stress as a technique to assess preventive insecticide and fungicide treatments for protecting trees against ambrosia beetles. Insects, 7: 40-50.

Reding, M., Oliver, J., Schultz, P., Ranger, C., 2010. Monitoring flight activity of ambrosia beetles in ornamental nurseries with ethanol-baited traps: influence of trap height on captures. Journal of Environmental Horticulture, 28: 85-90.

Saruhan, I., Akyol, H., 2012. Monitoring population density and fluctuations of *Anisandrus dispar* and *Xyleborinus saxesenii* (Coleoptera: Scolytinae, Curculionidae) in hazelnut orchards. African Journal

of Biotechnology, 11(18): 4202-4207.

Sezer, A., Dolar, F.S., Lucas, S.J., Köse, Ç., Gümüş, E., 2017. First report of the recently introduced, destructive powdery mildew *Erysiphe corylacearum* on hazelnut in Turkey. Phytoparasitica, 45: 577-581.

Six, D.L., Stone, W.D., Beer, Z.W., Woolfolk, S.W., 2009. *Ambrosiella beaveri* sp. nov. associated with an exotic ambrosia beetle, *Xylosandrus mutilatus* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae), in Mississippi, USA. Antonie van Leeuwenhoek, 96: 17-29.

Thompson, D.P., 1989. Fungitoxic activity of essential oil components on food storage fungi. Mycologia, 81: 151-153.

Tripathi, P., Dubey, N.K., Banerji, R., Chansouria, J.P.N., 2004. Evaluation of some essential oils as botanical fungi toxicants in management of post-harvest rotting of citrus fruits. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 20: 317-321.

Tuncer, C., Knížek, M., Hulcr, J., 2017. Scolytinae in hazelnut orchards of Turkey: clarification of species and identification key (Coleoptera, Curculionidae). ZooKeys, 710: 65-76

Weber, B.C., McPherson, J.E., 1983. Life history of the ambrosia beetle *Xylosandrus germanus* (Coleoptera: Scolytidae). Annals of the Entomological Society of America, 76: 455-462.

Weber, B.C., McPherson, J.E., 1984. The ambrosia fungus of *Xylosandrus germanus* (Coleoptera: Scolytidae). The Canadian Entomologist, 116: 281-283.

Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi
Anadolu Journal of Agricultural Sciences
http://dergipark.gov.tr/omuanajas

Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 34 (2019)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/omuanajas. omuanajas.493910

Kavunda Fusarium solgunluk hastalığına karşı bazı rizobakterilerin ve bitki aktivatörlerinin etkinliklerinin belirlenmesi

Kübra Delisoy, Hacer Handan Altınok*

Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Kayseri
*Sorumlu yazar/corresponding author: altinokh@erciyes.edu.tr

Geliş/Received 08/12/2018 Kabul/Accepted 10/06/2019

ÖZET

Fusarium solgunluk hastalığı (*Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*) dünyada kavun (*Cucumis melo* L.) yetiştiriciliğini sınırlandıran en önemli fungal hastalıklardan biridir. Hastalık etmeninin en genel yayılma yolu toprak olup, tohumla taşınması da söz konusu olabilmektedir. Bu etmene karşı bitki gelişimini uyaran kök bakterileri (Plant growth promoting rhizobacteria; PGPR)'nden bazılarının [*Bacillus subtilis* subsp. *subtilis* (B379c), *Pseudomonas aeruginosa* (P07-1 ve P074), *Pseudomonas* sp. (P48-2)] ve bazı bitki aktivatörlerinin (AuxiGro, Crop-Set ve ISR-2000) etkinlikleri, hastalığın mücadelesinde yaygın olarak kullanılan bir fungisit (Maxim® XL) ile karşılaştırılmalı olarak araştırılmıştır. Ayrıca, PGPR ve aktivatörlerin bitki hastalıklarını baskılamada önemli bazı enzimleri (prolin, katalaz ve peroksidaz) aktive etme durumları da değerlendirilmiştir.

Tohum çimlendirme denemelerinde başta P07-4 izolatı olmak üzere diğer PGPR izolatlarının (B379c, P07-1 ve P48-2) kavun tohumlarının radikula-hipokotil uzunluğunu ve tohum canlılık indeksini kontrole göre arttırdığı belirlenmiştir. Bu izolatlar, *F. oxysporum* f. sp. *melonis* (Fom-TR01)'in miseliyal gelişimini % 20-29 oranında engellemiştir. Saksı denemelerinde, PGPR ve bitki aktivatörü uygulamalarının Fusarium solgunluk hastalığını kontrole kıyasla önemli oranda azalttıkları saptanmıştır. PGPR izolatları arasında, *P. aeruginosa* (P07-1) hastalık şiddetini pozitif kontrole (% 61.67) kıyasla % 35.67 oranında azaltarak en başarılı izolat olarak belirlenmiştir (%AUDPC 45.39). Bitki aktivatörlerinden AuxiGro hastalık gelişimini pozitif kontrole göre % 49.25 oranında azaltırken, Crop-Set % 41.80 ve ISR-2000 %35.82 oranında azaltmıştır. P07-1 izolatı ve AuxiGro bitki aktivatörü, patojene karşı savunma enzimlerini (Prolin, katalaz (CAT) ve peroksidaz (POX)) teşvik eden en iyi iki uygulama olarak tespit edilmiştir. PGPR izolatlarının hastalığı baskılamadaki mekanizmasının, bitki büyüme düzenleyici rolü ile birlikte uyarılmış dayanıklılık ile ilişkili olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler:
Fusarium oxysporum f. sp. *melonis*
PGPR
Uyarılmış dayanıklılık

Determination of efficiencies of some rhizobacteria and plant activators against Fusarium wilt disease of melon

ABSTRACT

Fusarium wilt disease (*Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*) is one of the major pathogens threatening the melon (*Cucumis melo* L.) production worldwide. The most common way that the disease is spread to plants is via infested soil, and infected seeds may also contribute to the disease dispersal. Effects of some plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) [*Bacillus subtilis* subsp. *subtilis* (B379c), *Pseudomonas aeruginosa* (P07-1 ve P074), *Pseudomonas* sp. (P48-2)] and some plant activators (AuxiGro, Crop-Set and ISR-2000) were investigated in comparison to a commonly used fungicide (Maxim® XL). Also, the roles of PGPR and activators in activating some enzymes (proline, catalase and peroxidase) which are critical in suppression of plant diseases, were evaluated.

In seed germination experiments, particularly P07-04, and other PGPR isolates, B379c, P07-1 and P48-2 were significantly increased radicle-hypocotyl length and seed vigor index of melon seeds, compared to control. These isolates inhibited the mycelial development of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (Fom-TR01) at the rates of 20-29%. In pot experiments, it was determined that PGPR and plant activator treatments significantly lowered Fusarium wilt disease, compared to positive control. Among PGPR isolates, *P. aeruginosa* (P07-1) was the most successful isolate (AUDPC 45.39%) by lowering disease severity at a rate of 35.67% (61.67% of efficiency compared to positive control). Along with

Keywords:
Fusarium oxysporum f. sp. *melonis*
PGPR
Induced resistance

disease prevention ability, this isolate also displayed a plant growth promoting effect. Among plant activators, AuxiGro was the most successful activator compared to positive control, with an efficiency rate of 49.25% while 41.80% efficiency was obtained with Crop-Set and 35.82% with ISR-2000. These two biotic and abiotic treatments (P07-1 and AuxiGro) were identified as the best defense enzyme (Proline, "catalase" (CAT) and peroxidase (POX)) inducers against the pathogen. The disease suppression mechanism of PGPR isolates was determined to be associated with promoting the plant growth, as well as induced resistance.

© OMU ANAJAS 2019

1. Giriş

Kavun yetiştiriciliğinde *Fusarium oxysporum* Schlechtend.: Fr. f.sp. *melonis* (Leach & Currence) W.C. Snyder & H.N. Hansen (Fom) etmeninin neden olduğu Fusarium solgunluk hastalığı, gerek ülkemizde gerekse dünyada kavun yetiştiriciliğini sınırlandıran en önemli fungal hastalıklardan biridir (Chupp, 1930; Yücel ve ark., 1994). Fusarium solgunluk hastalığının yanı sıra, mildiyö, külleme, antraknoz ve Verticillium solgunluk hastalıkları da bazı yıllar verim kayıplarına neden olabilmektedir (Erzurum ve Maden, 2002; Kurt, 2013). Kavunda Fusarium solgunluk etmeni (Fom) dünyada ilk kez Chupp (1930) tarafından Amerika Birleşik Devletleri'nin New York eyaletinde rapor edilmiştir. Ülkemizde ise ilk kez, 1939 yılında Manisa'da tespit edilmiştir (Bremer, 1944). Etmenin bildirildiği diğer bölgeler Trakya (Soran, 1975), Ege (Evcil ve Yalçın, 1977; Yıldız, 1977), Güneydoğu Anadolu (Sağır, 1988; Kurt ve ark., 2002), Doğu Akdeniz (Yücel ve ark., 1994), Orta Anadolu ve Marmara (Akdoğan, 1969; Erzurum ve ark., 1999) şeklinde sıralanabilir. Hastalık etmeni toprakta klamidospor formunda canlı kalmakta, buradan gelişen miselyum bitkinin genç köklerini infekte etmekte ve makro ve mikro konidileri ile iletim demetlerini tıkayarak genel bir solgunluğa neden olmaktadır. Vejetasyonun ilerleyen dönemlerinde ise, çökme ve kurumalar gözlenebilmektedir. Fom'un günümüzde ırk 0, ırk 1, ırk 2 ve ırk 1-2 olmak üzere dört ırkı rapor edilmiştir (Risser ve ark., 1976; Mas ve ark., 1981). Ülkemizde Ege Bölgesi'nde Fom'un 0, 1, 1-2 no'lu ırklarının, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde 0, 1, 2, 1-2 ırklarının ve Doğu Akdeniz Bölgesi'nde 0, 1, 1-2 ırklarının yaygın olduğu rapor edilmiştir (Şensoy, 2005).

F. oxysporum tür kompleksi (FOSC; *F. oxysporum* species complex), solgunluk ve kök çürüklüğüne neden olan en yaygın fitopatojenik türleri içermektedir. Eşeyli dönemi olmayan patojenik formları konukçuya özelleşmiş olup, infekte ettiği bitki türlerine bağlı olarak farklı formae speciales (f. sp.) grupları içermektedir (Booth 1971; Gordon ve Martyn 1997; Kirk ve ark., 2008). *F. oxysporum* mikrokonidi, makrokonidi ve klamidospor olmak üzere üç çeşit aseksüel spor oluşturmaktadır (Nelson ve ark., 1994; Alexopoulos ve ark., 1996; Agrios, 2005; Leslie ve Summerell, 2006). En genel yayılma yolu toprak olan bu etmenin, tohumla taşınması da söz konusu olabilmektedir. Fusarium solgunluk hastalıklarının mücadelesinde tolerant/dayanıklı çeşit, sertifikalı tohum, uygun sulama ve gübreleme, tohum dezenfeksiyonu, ekim nöbeti, bitki artıklarının imhası ve yabancı ot kontrolü gibi kültürel önlemler sıralanabilir (Yıldız, 1977; Hennessy ve ark., 2005; Altinok, 2013). Ayrıca, entegre hastalık yönetiminin bir parçası olarak, biyolojik preparatlar solgunluk hastalıklarının mücadelesinde kullanılabilmektedir (Bora ve Özaktan, 1998).

Toprak kökenli bitki hastalıklarının kontrolünde kimyasal mücadeleye alternatif yöntemler arasında, patojen enfeksiyonundan önce konukçuda savunma genlerinin harekete geçirilmesi esasına dayanan dayanıklılığın teşviki (Induced resistance) çalışmaları giderek önem kazanmaktadır. Bitkide patojenlere karşı dayanıklılık regülasyonunda, salisilik asit (SA), jasmonik asit (JA) ve etilen (ET) sinyal bileşenleri önemli rol oynamaktadır. Bitki kök bölgesi bakterilerinin bitki sağlığını destekleyici özellikleri bilinmektedir. Bitki büyüme düzenleyici rizobakterilerin (Plant Growth Promoting Rhizobacteria; PGPR) bitki gelişimini desteklemelerinin yanı sıra, bitkide savunma mekanizmasını da harekete geçirerek fungal, bakteriyel ve viral çok sayıda etmene karşı koruma sağladıkları bildirilmiştir (Wei ve ark., 1996; van Loon ve ark., 1998). Kitinaz, β-1,3 glukanaz, patogenez ile ilgili proteinler, fitoaleksin birikimi, lignin, kalloz ve hidroksiprolince zengin glikoproteinler, koruyucu biyopolimer oluşumu savunma reaksiyonları PGPR'lar tarafından aktive edilebilmektedir (Glazebrook, 2001).

Günümüzde bitki aktivatörü olarak adlandırılan bazı sentetik bileşiklerin ticari preparatları hazırlanmış ve pratikte kullanıma sunulmuştur. Aktivatörler bitkide patojen saldırısına karşı savunma mekanizmasını aktive etmekte, stres koşullarından bitkiyi korumakta, verim ve kaliteyi olumlu yönde etkilemektedir (Tosun ve Ergün, 2002). Ülkemizde ruhsatlı ürünler arasında; Actigard, Messenger, AuxiGro, Humiforte, Crop-Set ve ISR-2000 sayılabilir. ISR-2000 *Lactobacillus acidophilus*, maya ekstraktı, Yucca bitki ekstraktı ve BTH (Benzo-(1,2,3)-thiadiazole-7-carbothioic acid S-methyl ester) içermektedir. Crop-Set yüksek performanslı mineral vitaminlerin birleşimleri ile birlikte doğal bir bağlayıcı ve nitrojen (azot) katalizörü içermektedir (Tosun ve Ergün, 2002). AuxiGro içeriğini oluşturan gamma amino butirik asit (GABA) bitkilerde mineral alımını düzenlemekte, fotosentezi hızlandırmakta ve patojene karşı stresi azaltarak bitkinin hastalık direncini artırmaktadır (Kinnersley, 2000).

Bu çalışmada, ülkemiz kavun tarımında önemli verim kayıplarına neden olan Fusarium solgunluğu hastalığının kontrolünde, bazı rhizobakterilerin (*Pseudomonas* ve *Bacillus* spp.) ve mücadelede

alternatif ürünler olarak bazı bitki aktivatörlerinin (ISR-2000, AuxiGro ve Crop-Set) etkinlikleri yaygın kullanılan bir fungisitle karşılaştırılmalı olarak araştırılmıştır. Ayrıca, PGPR ve bitki aktivatörlerinin bitki savunmasında önemli savunma enzimlerinden CAT, POX ve prolin sentez oranlarına etkileri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Kavun solgunluk hastalığı etmeni *F. oxysporum* f. sp. *melonis* (Fom-TR01, ırk1-2) ve rizobakteriler "*Bacillus subtilis* subsp. *subtilis* (B379c), *Pseudomonas aeruginosa* (P07-1 ve P07-4), *Pseudomonas* sp. (P48-2)" Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Mikoloji Laboratuvarı kültür koleksiyonundan temin edilmiştir. Bitki gelişimini uyarıcı kök bakterileri (PGPR), ERÜ-BAP FBA1065 kodlu proje kapsamında karakterize edilen bakteriler arasından seçilmiştir (Yıldız ve ark., 2012; Altınok ve ark., 2013). Bitki aktivatörü olarak AuxiGro, Crop-Set ve ISR-2000 kullanılmıştır. Ayrıca, Fusarium solgunluk hastalığına karşı üreticilerin yaygın olarak tercih ettikleri, ülkemizde ruhsatlı Maxim® XL (Aktif madde 25 g l^{-1} Fludioxonil+10 g l^{-1} Metalaxyl-M) fungisitine de çalışmada yer verilmiştir. Çizelge 1'de araştırmada yer alan aktivatörler ve fungisit ürün bilgileri verilmiştir. *In vitro* kök kolonizasyon testi ve saksı denemelerinde solgunluk hastalığına duyarlı Fransız kavun çeşidi (*Cucumis melo* L. Cantalupensis Group, cv. Luna)'nin tohumları kullanılmıştır.

Çizelge 1. Bitki aktivatörleri ve fungisit ürün bilgileri

Uygulamalar	Üretici Firma	Doz
AuxiGro	Emerald Bio	30g/da-yeşil aksam
Crop-Set	Improcrop	60ml/da-yeşil aksam
ISR-2000	Improcrop	100ml/da-yeşil aksam
Maxim	Syngenta	500ml/da-toprak

2.1. Rizobakteri İzolatlarının Antagonistik Etkilerinin Testlenmesi

Kültür koleksiyonunda bulunan 17 adet PGPR'ın *in vitro*'da kavunda Fusarium solgunluk etmenine antagonistik aktivitelerinin belirlenmesi çalışmalarında *F. oxysporum* f. sp. *melonis*'in Fom-TR01 izolatı, patates Dekstroz Agar (PDA Merck, Darmstadt, Germany) ortamında, PGPR'ler ise Nutrient Agar (NA, Merck) besi ortamında geliştirilmiştir. Petri kaplarının (9 cm) kenarlarından ve merkezden eşit uzaklıktaki 4 noktaya PGPR izolatından 50 µl (10^8 hücre ml^{-1} süspansiyonu olacak şekilde) inokule edilerek 25ºC±1'de 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra Fom-TR01 izolatının bir haftalık taze kültüründen alınan 4 mm'lik agar diski, Petri kabının merkezine inokule edilerek, 25ºC±1'de karanlık koşullarda 7 gün inkübe edilmiştir (Yıldız ve ark., 2012). Tesadüf parselleri deneme desenine göre 10 tekerrürlü kurulan denemede (Her Petri kabı bir tekerrür) patojenin koloni çapı ölçülerek mm cinsinden kaydedilmiş ve yüzde etkisi eşitlik 1'de verilen formüle göre hesaplanmıştır:

$[(R-r)/R]*100$; r: bakteri kolonisinin karşısındaki fungal kolonin çapı; R: Fungal kolonin maksimum çapı (1)

İzolat seçiminde antibiyosis etki mekanizmasından bağımsız olarak, PGPR izolatlarının daha önce tamamlanan proje kapsamında belirlenmiş karakterizasyon özellikleri dikkate alınmıştır. Bu bağlamda azot bağlayan, fosfat çözebilen, proteaz aktivite gösteren, siderofor ve HCN üreten iki adet izolat (*P. aeruginosa*; P07-1 ve P07-4) ile birlikte azot bağlayan ve proteaz aktivite gösteren iki adet PGPR izolatı (*Bacillus subtilis* subsp. *subtilis*; B379c ve, *Pseudomonas* sp.; P48-2) değerlendirmeye alınmıştır (Yıldız ve ark., 2012).

2.2.Kök Kolonizasyon Testi

Kavun tohumlarının sodyum hipoklorit (%2'lik NaOCl) solüsyonunda yüzey dezenfeksiyonu yapılmış, iki kez steril distile suda durulandıktan sonra kurutulmuştur. Tohumlar 50'şer adet gruplara ayrılmış ve püskürtme yöntemi ile bakterilerin 10^8 hücre ml^{-1} yoğunlukta süspansiyonları uygulanmıştır. Tohumlar uygulamadan sonra 60 dakika tekrar kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan tohumlar 11 cm'lik Petri kaplarında 10 adet bulunacak şekilde, 5 tekerrür halinde %1'lik su agar ortamında 24ºC'de inkübe edilmiştir. Kontrol tohumları ise bakteri uygulamadan, sadece su agar besiyeri ile kaplanmıştır. Bu şekilde hazırlanan tohumlar 24°C'de 10 gün inkübe edilmiş, inkübasyonun 5. gününde tohumların radikula ve hipokotil uzunluğu ölçülerek mm cinsinden kaydedilerek çimlenme oranı (%) ve tohum canlılık indeksi hesaplanmıştır (Abul-Baki ve Anderson, 1973; Gupta, 1993). Veriler SPSS programında Tukey's HSD testi ($P<0.01$) ile analiz edilerek uygulamalar arasındaki fark karşılaştırılmıştır.

2.3. PGPR ve Aktivatör Uygulamalarının Kavunda Fusarium Solgunluk Hastalığının Gelişimine Etkileri

Yüzey dezenfeksiyonu yapılan kavun tohumları, steril kum-toprak-torf (1:2:1) içeren plastik küvetlere (28x38 cm) ekilmiş, dikotiledon yapraklı dönemde iken, steril kum-toprak-torf (1:2:1) içeren 13 cm çaplı plastik saksılara şaşırtılmıştır. Fideler 5-6 gerçek yapraklı döneme geldiklerinde, her saksıya 50 ml PGPR izolatı inokule edilmiştir. Bu amaca yönelik olarak, NA besiyerinde 2 gün geliştirilen bakteri hücreleri 10 mM $MgCl_2$'de süspanse edilerek inokulum süspansiyonu hazırlanmıştır (10^8 hücre ml^{-1}). PGPR uygulandıktan bir hafta patojen (10^6 cfu ml^{-1}) kök daldırma yöntemi ile inokule edilmiştir (Altinok ve Can, 2010; Altinok ve ark., 2013).

Aktivatörler PGPR uygulaması ile aynı gün yeşil aksama püskürtme şeklinde uygulanmıştır. AuxiGro

(300 mg 100 ml^{-1}), Crop-Set (60 µl 100 ml^{-1}), ISR-2000 (100 µl 100 ml^{-1}) uygulamasından bir hafta sonra patojen kök daldırma yöntemi ile inokule edilmiştir. Maxim fungisiti ise eş zamanlı olarak toprağa uygulanmıştır (125 µl 100 ml^{-1}). Pozitif kontrol bitkilere sadece patojen inokulumu, kök daldırma yöntemi ile inokule edilmiştir. Negatif kontrol bitkiler ise, spor süspansiyonu yerine steril distile suya daldırılmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre her bir saksıda 2 fide olacak şekilde 3 tekerrürlü olarak kurulmuş ve 16 saat aydınlık (11000 lüks), 8 saat karanlık fotoperiyota ayarlı, %80 nisbi nem, gündüz 27±2ºC ve gece 24±2ºC sıcaklık koşullarına sahip, iklim kontrollü kabinlerde yürütülmüştür. Fideler inokulasyondan sonra ilk simptomların gözlendiği günden itibaren bitkilerde ölüm görünümlerinin başladığı süreye kadar (21 gün) periyodik olarak 7, 14 ve 21. günlerde Altınok ve Kamberoğlu (2005)'nun solgunluk skalası modifiye edilerek değerlendirilmiştir. Denemenin sonlandırıldığı 21. güne ait skala değerleri üzerinden, Townsend-Heuberger formülüne göre yüzde hastalık şiddeti ve Abbott formülüne göre de uygulamaların yüzde etkileri saptanmıştır (Karman, 1971). Ayrıca, denemede yer alan bitkilerin toprak üstü aksamı bitki boyu (mm) ve kök-yeşil aksam kuru ağırlığı (g) belirlenmiştir. Elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuş (one way ANOVA) ve ortalamalar arasındaki önemli farklılıklar Tukey's HSD testi ($P<0.01$) ile belirlenmiştir (JMP v9.0 software (SAS Institute Inc., Carry, NC, USA). Ayrıca, hastalık gelişim eğrisi altında kalan alan eşitlik 2'de verilen formüle göre (AUDPC; The area under disease progress curve) hesaplanmıştır (Campbell ve Madden, 1990; Altinok ve Can, 2010).

"AUDPC = $\Sigma[(xi + xi+1) / 2] (ti+1 – t)$, x, i günündeki değerlendirmede kaydedilen hastalık şiddeti;

(ti+1 – t), ardışık iki ölçüm arasındaki zaman" (2)

2.4. Savunmada Rol Alan Enzimlerin Biyokimyasal Analizleri

2.5.

Saksı denemelerinde biyokimyasal analizler için, patojen inokulasyonundan 24, 48, 72 saat, 7, 14 ve 21 gün sonra bitkilerden yaprak örnekleri (1 g) alınarak, distile suda yıkandıktan sonra sıvı azotta dondurulmuş ve analiz yapılana kadar -80ºC'de bekletilmiştir. Prolin ekstraksiyonu ve saptanması; Bates ve ark. (1973)'nın önerdikleri yönteme göre yapılmıştır. Asit-ninhidrin karışımı renk maddesi olarak kullanılmıştır. Ninhidrin (1.25 g), glasiyal asetik asit (30 ml) ve 6 M fosforik asit (20 ml) içerisinde çözülmüştür. Yaprak örnekleri 10 ml %3'lük sülfosalisilik asit içinde homojenize edilmiştir. Homojenizasyon Whatman No: 2 filtre kağıdından geçirildikten sonra 2 ml'lik karışım 100ºC'de 1 saat süreyle kaynatılmış ardından reaksiyon buz içerisinde sonlandırılmıştır. Absorbans 515 nm toluen kontrolüne karşı okunmuştur. Standart olarak önceden hazırlanmış olan L-Prolin solüsyonu kullanılmıştır. Katalaz (CAT) enzimi; Milosevic ve Slusarenko (1996)'nun yöntemine göre saptanmıştır. Bu amaca yönelik olarak 50 µl protein extraktı, 2.95 ml (10 mM H_2O_2, 50 mM potasyum fosfat buffer (pH 7.0) ve 4 mM Na_2EDTA) reaksiyon karışımına ilave edilerek, 240 nm'de 25ºC'de 30 sn süre ile ölçülmüştür. Reaksiyon kinetiği, ΔA240 mg^{-1} protein min^{-1} olarak kaydedilmiştir. Peroksidaz (POX) ölçümü; Cvikorová ve ark. (1994)'nın yöntemine göre yapılmıştır. Bu amaca yönelik olarak 1 g yaprak örneği homojenize edilmiş, 100 µl yaprak ekstraktı 3 ml reaksiyon karışımına (13 mM gayacol, 5 mM H_2O_2 ve 50 mM Na-fosfat (pH 6.5) eklenmiştir. Peroksidaz aktivitesi 470 nm'de 25ºC'de 1 dakikalık sürede ölçülmüştür. Reaksiyon ilk kinetiğini gösterdiği durum ΔA240 mg^{-1} protein min^{-1} olarak ifade edilmiştir (Altinok ve ark., 2013; Altinok ve Dikilitas, 2014).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Rizobakteri İzolatlarının Antagonistik Etkileri ve Kök Kolonizasyon Yetenekleri

Rizobakteri ve patojen (Fom-TR01) arasındaki antagonistik ilişkinin belirlenmesi çalışmaları kapsamında, kültür koleksiyonundan toplam 17 adet PGPR izolatı değerlendirilmeye alınmıştır. Rizobakteri izolatlarının Fom-TR01'in miseliyal gelişimini engellemediği yada çok sınırlı engellediği saptanmıştır. Kontrole göre patojen koloni gelişimini sınırlı engelleyen B379c, P07-1, P07-4 ve P48-2 izolatlarının istatistiksel analizlerinde uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmuştur ($F=116.2720$; $P<0.01$). Bu dört rizobakteri, Fom-TR01 patojen izolatın koloni gelişimini kontrole göre %20-29 oranında engellemiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Rizobakteri izolatlarının *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*'in (Fom-TR01) miseliyal gelişimine etkisi

Rizobakteriler	**İzolat Kodu**	**Koloni Çapı (mm)**	**Yüzde Etki**
Bacillus subtilis subsp. *subtilis*	B379c	64.00 c*	28.89
Pseudomonas aeruginosa	P07-1	65.00 c	27.78
Pseudomonas aeruginosa	P07-4	72.00 b	20.00
Pseudomonas sp.	P48-2	70.00 b	22.22
Kontrol		90.00 a	

*Farklı harfle gösterilen sütunlar içindeki rakamlar Tukey's HSD testine $P<0.01$ düzeyinde önemli

PGPR izolatlarının kök kolonizasyon yetenekleri incelenmiştir. B379c, P07-1, P07-4 ve P48-2 inokule edilen kavun tohumlarında çimlenme oranı %74-86 arasında değişmiştir. Kontrole göre uygulamalar

arasında istatistiksel olarak fark saptanmamıştır. Benzer durum çimlenme hızında da gözlenmiştir. Tohumların kontrole göre radikula-hipokotil uzunlukları değerlendirildiğinde P07-4 izolatı ilk sırada yer alırken, bunu sırasıyla P07-1, B379c ve P48-2 izlemiştir. Radikula ölçümlerinde kontrole göre uygulamalar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Tohum çimlenme indeksi değerlendirildiğinde ise, kontrole göre uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmuştur. En yüksek indeks değeri (3365.71) P07-4 izolatından elde etmiştir. Bu izolatı 3236.57 değeri ile P07-1, 3194.86 değeri ile B379c ve 2811.42 ile P48-2 izolatları takip etmiştir. Kavun tohumlarında PGPR'ların kök kolonizasyon yetenekleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. PGPR inokule edilen patlıcan tohumlarının çimlenme oranı, çimlenme hızı, radikula-hipokotil uzunluğu, hipokotil uzunluğu ve tohum canlılık indeksi

Uygulamalar	Çimlenme Oranı (%)	Çimlenme Hızı	Radikula-Hipokotil (mm)	Radikula (mm)	Tohum Canlılık İndeksi
B379c	82.8 a*	1.11 a	39.96 ab	24.6 a	3236.57 ab
P07-1	82.8 a	0.96 a	40.56 ab	24.6 a	3365.71 b
P07-4	77.1 a	0.99 a	41.60 b	22.84 a	3194.86 ab
P48-2	74.2 a	0.90 a	38.04 ab	21.52 a	2811.42 a
Kontrol	85.7 a	1.03 a	32.04 a	20.96 a	2753.14 a

*Farklı harfle gösterilen sütunlar içindeki rakamlar Tukey's HSD testine P<0.05 düzeyinde önemli

3.2. PGPR ve Bitki Aktivatörü Uygulamalarının Bitki ve Hastalık Gelişimine Etkileri

Kavun fidelerine PGPR uygulandıktan bir hafta sonra patojen inokulasyonunun, ISR mekanizmasının uyarılması için optimum zaman aralığı olduğu ön denemelerle ve daha önce yayınlanan bir araştırmamızda belirlenmiştir (Altinok ve ark., 2013). Bu amaca yönelik olarak PGPR izolatlarının ve bazı bitki aktivatörlerinin, kavunda Fusarium solgunluk hastalığına karşı etkinlikleri ruhsatlı bir fungisitle karşılaştırmalı olarak araştırılmıştır. Patojen inokulasyonundan bir hafta sonra fidelerde ilk solgunluk simptomları gözlenmiştir. Denemenin sonlandırıldığı 21. günde skala değerleri üzerinden yüzde hastalık şiddeti ve periyodik değerlendirmeler üzerinden de AUDPC (%) değerleri hesaplanmıştır. Hastalık şiddeti değerleri ve AUDPC değerleri birbiri ile pozitif korelasyon göstermiştir (r=0.78). PGPR izolatları arasında *P. aeruginosa* (P07-1) % 35.67 hastalık şiddeti (pozitif kontrole göre % 61.67 etki) ile en başarılı izolat olarak belirlenmiştir (%AUDPC 45.39). P07-1 izolatının hastalığı baskılamada başarı oranının, ruhsatlı fungisit maxim uygulamasının etkisine (% 67.17) oldukça yakın bir değer olduğu görülmektedir (Çizelge 4). Bu izolatı % 55.23 hastalık şiddeti ile *Pseudomonas* sp. (P48-2) takip etmiştir (%AUDPC 51.44). Diğer iki rizobakteri izolatı *B. subtilis* subsp. *subtilis* (B379c) ve *P. aeruginosa* (P07-4) ise, kontrole göre sırasıyla % 43.41 ve % 37.31 oranlarında kavunda Fusarium solgunluk hastalığını önlemiştir.

Araştırma kapsamında bu rizobakterilerin bitki gelişimini düzenleyici olarak rolleri de belirlenmiştir. *P. aeruginosa* (P07-1) izolatının hastalığı engelleme yeteneğine paralel olarak bitki gelişimini de teşvik ettiği belirlenmiştir. Negatif kontrolde bitki boyu 62.88 mm ve kök-yeşil aksam kuru ağırlığı 1.32 g iken, bu oran P07-1 inokulasyonu sonucunda sırasıyla 70.40 mm ve 1.62 g saptanmıştır. Bu izolatı, sırasıyla bitki boyu ve kuru ağırlık değerleri ile P48-2 (62.32 mm-1.45 g), B379c (60,50 mm-1.22 g) ve P07-4 (59.00 mm-1.35 g) rizobakterileri izlemiştir (Çizelge 4).

Bitki aktivatörlerinden AuxiGro hastalık gelişimini engellemede pozitif kontrole göre %49.25 etki oranı ile en başarılı aktivatör olarak belirlenmiştir. Bunu %41.79 ve %35.82 etki oranları Crop-Set ve ISR-2000 izlemiştir. Benzer şekilde bu aktivatörlerin bitki gelişimini de negatif kontrole göre kısmen teşvik ettikleri saptanmıştır. Çizelge 4'de PGPR ve bitki aktivatörü uygulamalarının kavunda Fusarium solgunluk hastalığı gelişimine etkileri verilmiştir.

3.3. Savunma Enzimlerinin Biyokimyasal Analizleri

Kavun fidelerine patojen inokulasyonundan sonra 24, 48, 72 saat, 7, 14 ve 21. günlerde alınan yaprak örneklerinde Prolin, CAT ve POX seviyeleri analiz edilmiştir. Bu enzimlerin sentez oranları (+) kontrol, (-) kontrol ve maxim fungisit uygulaması ile birlikte Şekil 1, 2 ve 3'de verilmiştir. Kavun fidelerine PGPR uygulamalarının hepsinde prolin değerlerinde kontrol gruplarına göre artış saptanmıştır. Prolin değeri en yüksek 72 saat ölçümlerinde saptanmıştır (Şekil 1). CAT ve POX enzim oranlarında da prolin'e benzer bir trend görülmüştür (Şekil 2 ve 3). *P. aeruginosa* (P07-1) en yüksek prolin üreten (28.33 µmol g^{-1}) izolat olarak belirlenmiştir. Bunu 25.22 µmol g^{-1} değeriyle *Pseudomonas* sp. (P48-2) izolatı takip etmiştir. Aynı gün ölçümlerinde prolin benzer şekilde CAT (0,79 mg^{-1}

protein min^{-1}) ve POX (8.31 mg^{-1} protein min^{-1}) enzimleri de en yüksek oranda *P. aeruginosa* (P07-1) izolatından elde edilmiştir. Prolin, CAT ve POX enzim aktivitelerinde bu izolatı *Pseudomonas* sp. (P48-2), *B. subtilis* subsp. *subtilis* (B379c) ve *P. aeruginosa* (P07-4) izlemiştir. PGPR uygulamaları patojene karşı bitkide savunma mekanizmasını maksimum oranda patojen inokulasyonunda 72 saat sonra tetiklemiş, daha sonra savunma enzimlerinin sentez oranlarında haftaya bağlı olarak göreceli bir düşüş saptanmıştır.

Bitki aktivatörleri arasında patojene karşı savunma enzimlerini en iyi teşvik eden aktivatörün AuxiGro olduğu belirlenmiştir (Şekil 1, 2 ve 3). Eş zamanlı ölçümlerde (72 saat) prolin ortalama 23.32 µmol g^{-1} olarak saptanmıştır. Bu aktivatörü, Crop-Set ve ISR-2000 aktivatörleri izlemiştir (Şekil 1). Her üç aktivatör için 7. gün ölçümlerinde CAT ve POX enzim aktiviteleri yüksek saptanmıştır (Şekil 2 ve 3). AuxiGro aktivatörü için CAT ve POX oranları sırasıyla 0.65 mg^{-1} protein min^{-1} ve 5.66 mg^{-1} protein min^{-1} olarak belirlenmiştir.

Rizobakteri izolatlarının Fom-TR01'in miseliyal gelişimini engellemediği yada çok sınırlı engellediği saptanmıştır. Araştırmada kullanılan rizobakterilerin antibiyosis etki mekanizmasından çok, PGPR olarak karakterize edilmiş (azot bağlama, fosfat çözme, proteaz akvite, siderofor ve HCN üretme) özellikleri dikkate alınmıştır. PGPR'ların ürettikleri bazı metabolitlerle ve rekabet yetenekleriyle rizosferdeki patojen popülasyonlarını baskılayabildiği, ancak hastalıklara karşı geniş spektrumlu korumadaki asıl rollerinin bitkilerde dayanıklılığı teşvik etmek olduğu rapor edilmiştir (Anderson ve Guerra, 1985). Tohum çimlendirme denemelerinde, başta P07-4 PGPR izolatı olmak üzere B379c, P07-1 ve P48-2 izolatları kavun tohumlarının radikula-hipokotil uzunluğunu ve tohum canlılık indeksini kontrole göre artırmıştır.

Kültür koleksiyonumuzdan elde edilen P07-1 ve B379c rizobakterilerinin patlıcanda kök kolonizasyon yetenekleri de başarılı bulunmuştur (Karimi, 2016). Rizobakterilerin yanı sıra *Trichoderma* türlerinin de tohum çimlenme oranı ve tohum canlılık indeksinde artış sağladığı rapor edilmiştir (Doni ve ark., 2014). Benzer bazı araştırmalarda ise, *Pseudomonas* ve *Bacillus* cinsi rizobakterilerin bitkide gelişimi teşvik ederken, bitki tohumlarında çimlenme oranını azalttığı bildirilmiştir (Vrbničanin ve ark., 2011).

Çizelge 4. PGPR ve bitki aktivatörlerinin kavunda Fusarium solgunluk hastalığına etkileri

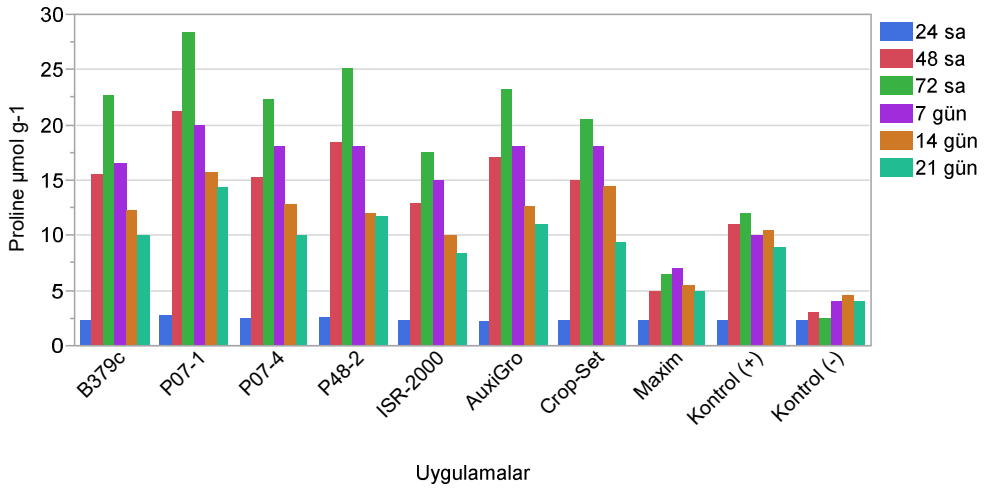
Uygulamalar	Bitki Boyu (mm)	Kuru Ağırlık (g)	Hastalık Şiddeti (%)[1]	Etki (%)	AUDPC (%)[2]
B379c	60.50 ± 5.16[*] bcd[**]	1.22 ± 0.23 b	52.66 ± 4.81 c	43.40	55.50
P07-1	70.40 ± 8.52 a	1.62 ± 0.23 a	35.67 ± 1.47 f	37.31	45.39
P07-4	59.00 ± 4.01 cd	1.35 ± 0.29 ab	58.33 ± 3.73 b	61.67	60.58
P48-2	62.32 ± 6.41 bc	1.45 ± 0.34 ab	41.66 ± 2.69 e	55.23	51.44
ISR-2000	58.00 ± 4.74 d	1.24 ± 0.27 b	59.72 ± 3.07 b	35.82	65.58
AuxiGro	64.00 ± 6.63 b	1.39 ± 0.17 ab	47.22 ± 5.12 d	49.25	54.95
Crop-Set	60.00 ± 4.23 bcd	1.35 ± 0.21 ab	54.16 ± 3.45 c	41.80	62.21
Maxim	60.85 ± 7.99 bcd	0.90 ± 0.17 c	30.55 ± 3.06 g	67.17	39.83
Kontrol (+)	43.33 ± 4.34 e	0.58 ± 0.12 d	93.05 ± 0.75 a		100.00
Kontrol (-)	62.88 ± 5.25 bc	1.32 ± 0.30 ab			

[*] Standart sapma

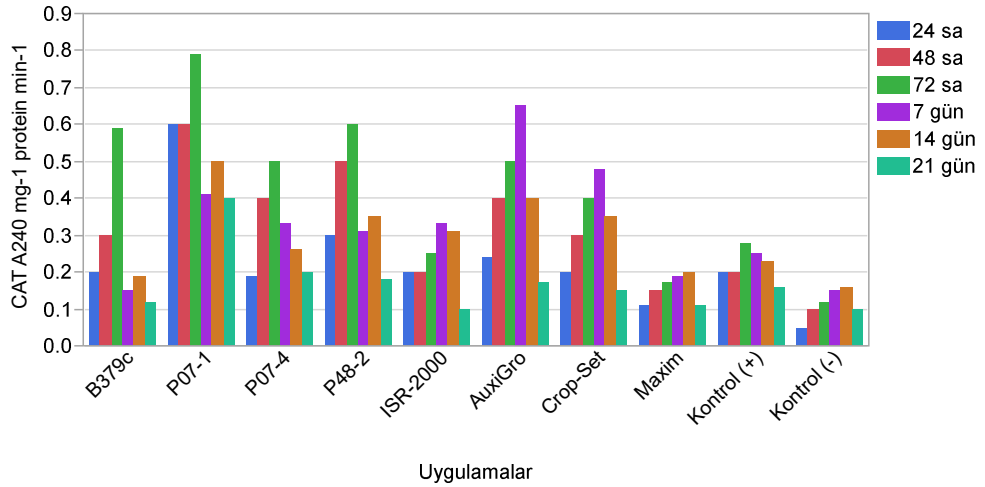
[**]Farklı harfle gösterilen sütunlar içindeki rakamlar Tukey's HSD testine P<0.01 düzeyinde önemli

[1] Hastalık şiddeti (%), 21. günde skala verileri üzerinden hesaplanmıştır (0: Simptom yok, 4: şiddetli solgunluk)

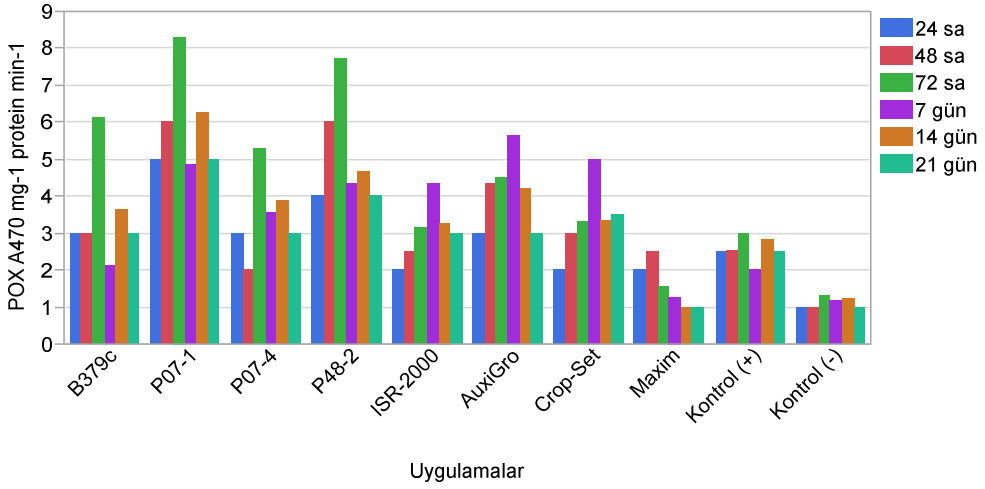
[2] Hastalık gelişim eğrisi altında kalan alan (AUDPC). AUDPC rakamları, tüm uygulamalar arasındaki en yüksek değer baz alınarak, yüzdelik değerlere dönüştürülmüştür.



Şekil 1. Patojen (Fom-TR01) inokulasyonundan 24, 48, 72 sa, 7, 14 ve 21 gün sonra PGPR ve bitki aktivatörü uygulamalarının kavunda prolin içeriğine etkisi



Şekil 2. Patojen (Fom-TR01) inokulasyonundan 24, 48, 72 sa, 7, 14 ve 21 gün sonra PGPR ve bitki aktivatörü uygulamalarının kavunda katalaz (CAT), enzim aktivitelerine etkisi



Şekil 3. Patojen (Fom-TR01) inokulasyonundan 24, 48, 72 sa, 7, 14 ve 21 gün sonra PGPR ve bitki aktivatörü uygulamalarının kavunda peroksidaz (POX) enzim aktivitelerine etkisi

Araştırmamızda PGPR'ların kavunda Fusarium solgunluk hastalığına karşı koruma mekanizmasının; PGPR ve Fom-TR01 arasındaki kısmi antagonizmin yanı sıra, bitkide gelişme düzenleyici rolü ile birlikte uyarılmış dayanıklılık özellikleri olduğu değerlendirilmiştir. PGPR uygulamaları, hem bitki biyomasında artış sağlamış hem de savunma enzimlerini değişik oranlarda tetiklemiştir. PGPR uygulanmış kavun fidelerinde, pozitif kontrole göre savunma enzimleri yüksek oranda sentezlenmiştir. Prolin, CAT ve POX enzimlerinin 72 sa. sonra indüksiyonu, kontrol grubuna kıyasla anlamlı derecede yüksek seyretmiştir. Patojen stres faktörüne karşı bitki dokularında cevap olarak aminoasit, prolin ve metabolik bileşenlerinin birikiminin saptandığı belirtilmiştir (Bates ve ark., 1973). Benzer araştırmalarda, biyotik faktörlerin fungal hastalıkları baskılamada direkt antagonistik etkileri ile birlikte, bitki savunma mekanizmalarını da teşvik ettiği rapor edilmiştir (Benhamou ve ark., 2002; Harman ve ark., 2004). Bazı biyotik ve abiyotik uyarıcıların, patojen ve konukçu bitkinin reseptörleri arasındaki etkileşimi aktifleştirerek konukçuda bulunan ve dayanıklılığı yöneten bazı dayanıklılık genlerini harekete geçirdiği belirtilmiştir (Liu ve ark., 1995).

POX enzimi, pozitif kontrol fidelerinde de saptanmıştır. Bu durum reaktif oksijen türlerinin (ROS; reactive oxygen species) patojenle infekte olan bitkilerde de yüksek seyredebileceğini göstermektedir. Bitkilerde, reaktif oksijen türleri patojen saldırılarına yanıtla ilişkilidir. Aktif oksijen türlerinden H_2O_2'nin, bitkide patogenez ile ilişkili (PR; Pathogenesis Related) proteinlerinin sentezine ve fitoaleksin üretimine neden olarak dayanıklılık mekanizmasını tetiklediği bildirilmiştir (Bolwell ve Daudi, 2009). Bitki savunma reaksiyonu, fenolik bileşiklerin birikmesine yol açan antioksidan ve fenolik enzimlerin artmasıyla tetiklenebilir (Van Steekelenburg, 1976). Arfaoui ve ark. (2006) proteinlerin indüklenmesinin ve fenolik birikiminin *F. oxysporum* f. sp. *ciceris*'in infeksiyonunu engellediğini bildirmiştir. Araştırmamızda patojene karşı bitkide savunma enzimlerinden CAT ve POX en yüksek 72 saat ölçümlerinde *P. aeruginosa* (P07-1) izolatından elde edilmiştir. Aynı enzimler açısından bu izolatı *Pseudomonas* sp. (P48-2), *B. subtilis* subsp. *subtilis* (B379c) ve *P. aeruginosa* (P07-4) izlemiştir. Kültür koleksiyonumuzda yer alan *P. aeruginosa* (P07-1) izolatının patlıcanda Fusarium solgunluğu hastalık gelişimini %80'in üzerinde baskıladığı ve CAT, POX ve PPO savunma enzimlerini aktive ettikleri belirlenmiştir (Altinok ve ark., 2013). Benzer şekilde kültür koleksiyonumuzda bulunan *B. subtilis* subsp. *subtilis* (B379c) *P. aeruginosa* (P07-1) kök bakterileri patlıcanda kurşuni küf hastalığını engellemiş ve bitki savunmasında rol alan CAT ve POX enzimlerinin sentez oranlarında da artışa neden olmuştur (Çiftçi ve Altınok, 2009). Cattelan ve ark. (1999), soya bitkisinin rizosferinden elde edilen fosforu çözebilen ACC deaminase, β-1,3-glucanase ve sideroforlar üretebilen rizobakterilerin steril olmayan toprakta soya üretimini arttırdığını saptamışlardır. Scher ve Baker (1982), demir elementinin *F. oxysporum* f. sp. *lini*'nin mikrokonidilerinin çim tüpü oluşturmaları için gerekli olduğunu ve *P. putida*'nın ürettiği sideroforların patojenin demir kullanımını sınırlandırdığı bildirilmiştir. Aktivatörler bitkide patojen saldırısına karşı savunma mekanizması olarak SAR mekanizmasını teşvik ederek, patojen stresinden bitkiyi korumaktadır. Araştırma kapsamında yer alan bitki aktivatörleri arasında, kavunda Fusarium solgunluk hastalığına karşı savunma enzimlerini en iyi teşvik eden aktivatörün AuxiGro olduğu belirlenmiştir. Bu aktivatör hastalık gelişimini engellemede pozitif kontrole göre %49.25 etki göstermiştir. Bunu %41.79 ve 35.82 etki oranları Crop-Set ve ISR-2000 ile izlemiştir. SAR mekanizması aktive olduktan sonra bitki bünyesinde birkaç hafta sürmektedir. Bu sayede bitkide dışarıdan gelebilecek saldırılara karşı bitki korunmaktadır (Tosun ve Ergün, 2002). ISR-2000 ve Crop-Set aktivatörlerinin bazı bakteriyel ve fungal hastalık etmenlerine karşı koruma sağladıkları bildirilmiştir (Çetinkaya Yıldız 2007; Çakır ve Demirci, 2013).

5. Sonuçlar

Araştırma bulgularımız PGPR ve aktivatör uygulamalarının kavunda Fusarium solgunluk hastalığına karşı savunma mekanizmasını aktive eden katalaz ve peroksidaz gibi enzimlerin sentezlendiğini göstermiştir. Ayrıca PGPR uygulamalarının bitki biomasına olumlu etkisi ile birlikte kısmen antibiyosis etkisi de gösterdiği belirlenmiştir. Biyolojik kontrol sistemlerinde tüm bu mekanizmaların birbiri ile ilişkilendirilmesi önemli olup, PGPR uygulaması sonucu konukçu-patojen interaksiyonunun savunma genleri açısından da araştırılması yararlı olacaktır.

Azot bağlama, fosfat çözebilme, proteaz aktivite, siderofor ve HCN üretme gibi özellikleri açısından karakterize edilen bu izolatlar, patlıcanda Fusarium solgunluk hastalığını da önemli ölçüde baskılamıştır. PGPR izolatlarının kavunda Fusarium solgunluk hastalığını önlemedeki başarısı, önceki araştırma bulgularımızı destekler niteliktedir. Aday PGPR'lerin, arazi koşullarında biyokontrol ajanı ve/veya biyolojik gübre olarak kolonizasyon yetenekleri konusunda araştırmalarımız devam etmektedir. Olumlu sonuçlar elde edildiği takdirde, söz konusu rizobakterilerin ticari preparat olarak ruhsatlandırma sürecine geçilmesi hedeflenmektedir.

Teşekkür

Bu makale, yüksek lisans öğrencisi Kübra DELİSOY'un tez verileri kullanılarak hazırlanmıştır. Enzim analizlerindeki desteği için Doç. Dr. Murat

DİKİLİTAŞ'a (Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü) teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Abul-Baki, A.A., Anderson, J. D., 1973. Vigour determination in soybean by multiple criteria. Crop Science, 3: 630-637.

Agrios, G.N., 2005. Plant pathology. 5th edition Elsevier Academic Press. London, 952p.

Akdoğan, M., 1969. Kavun ve karpuzlarda solgunluk hastalığına (*Fusarium* spp.) karşı ilaçlı mücadele usulünün araştırılması. Bitki Koruma Bülteni, 9(2):123-129.

Alexopoulos, C.J., Mims, C.W. Blackwell, M., 1996. Introductory mycology (4th Ed.). John Wiley and Sons, New York, USA. 868p.

Altınok, H.H. Can, C., 2010. Characterization of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae* isolates from eggplant in Turkey by pathogenicity, VCG and RAPD analysis. Phytoparasitica, 38(2): 149-157.

Altınok, H.H. Kamberoğlu, M.A., 2005. Adana ve Mersin illerinde patlıcan üretim alanlarında Fusarium ve Verticillium solgunluk hastalıklarının yaygınlığı ve şiddeti. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20(4): 1-8.

Altınok, H.H., 2013. *Fusarium* species isolated from common weeds in eggplant fields and symptomless hosts of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae* in Turkey. Journal of Phytopathology, 161: 335-340.

Altinok, H.H. Dikilitas, M. Yildiz, H.N., 2013. Potential of *Pseudomonas* and *Bacillus* isolates as biocontrol agents against Fusarium wilt of eggplant. Biotechnology & Biotechnological Equipment, 27(4), 3952-3958.

Altinok, H.H. Dikilitas, M., 2014. Antioxydant response to biotic and abiotic inducers for the resistance against Fusarium wilt disease in eggplant (*Solanum melongena* L.). Acta Botanica Croatica, 73(1): 79-92.

Anderson, A.J., Guerra, D., 1985. Responses of bean to root colonization with *Pseudomonas putida* in hydroponic system. Phytopathology, 75: 992-995.

Arfaoui, A., Sifi, B., Boudabous, A., El Hadrami, I., Cherif, M., 2006. Identification of *Rhizobium* isolates possessing antagonistic activity against *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris*, the causal agent of fusarium wilt of chickpea. Journal of Plant Pathology, 88(1): 67-75.

Bates, L.S., Waldren, R.P., Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.

Benhamou, N., Garand, C., Goulet, A., 2002. Ability of nonpathogenic *Fusarium oxysporum* strain Fo47 to induce resistance against *Pythium ultimum* infection in cucumber. Applied and Environmental Microbiology, 68(8): 4044-4060.

Bolwell, G.P., Daudi, A., 2009. Reactive oxygen species in plant-pathogen interaction. In: Del Rıo, L.A., Puppo, A. (Eds). Signaling and communication in plants, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. pp. 113-133.

Booth, C., 1971. The Genus *Fusarium.* Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England, 237p.

Bora, T., Özaktan, H., 1998. Bitki hastalıklarıyla biyolojik savaş. Prizma Matbaası,

Bremer, H., 1944. Über Welkekrankheiten in Südwest Anatolien, Istanbuler schrifen, 40 pp.

Campbell, C.L., Madden, L.V., 1990. Introduction to plant disease epidemiology. New York: John Wiley and Sons Inc.; 1990. Temporal analysis of epidemics. I: description and comparison of disease progress curves; pp. 161-202.

Cattelan, M.E., Hartel, P.G., Fuhrmann, J.J., 1999. Screening of plant growth-Promoting Rhizobacteria to Promote Early Soybean Growth, Soil Science Society of America, 63: 1670-1680.

Chupp, C., 1930. Fusarium wilt of muskmelon. Plant Disease Report, 14:160.

Cvikorová, M., Hrubcová, M., Vágner, M., Machácková, I., Eder, J., 1994. Phenolic acids and peroxidase activity in alfalfa (*Medicago sativa*) embryogenic cultures after ethephon treatment. Physiologia Plantarum, 91: 226-233.

Çakır E., Demirci F., 2013. Bazı bitki aktivatörlerinin patates siğil hastalığı [*Synchytrium endobioticum* (Schilb.) Per.]'na etkileri. Bitki Koruma Bülteni. 53(4): 239-250

Çetinkaya Yıldız R., 2007. Domates bakteriyel solgunluk hastalık etmeni (*Clavibacter michiganensis* subsp *michiganensis*)'nin tanılanması ve bitki büyüme düzenleyici rizobakteriler ile biyolojik mücadele olanaklarının araştırılması. Doktora Tezi.

Doni, F., Anizan, I., Radziah, C.M.Z., Salman, A.H., Rodzihan, M.H., Yusoff, W.M.W., 2014. Enhancement of rice seed germination and vigour by *Trichoderma* spp. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 7(21): 4547-4552.

Erzurum K., Maden, S. 2002. Türkiye' de Orta Anadolu Bölgesi'nde kavunlarda Verticillium solgunluğu. Tarım Bilimleri Dergisi, 8(4): 310-312.

Erzurum, K., Taner, Y., Secer, E., Yanmaz, R., Maden, S., 1999. Occurance of races of *F. oxysporum* f.sp. *melonis* causing wilt on melon in Central Anatolia. Journal of Turkish Phytopathology, 28(3): 87-97.

Evcil, F., Yalçın, O. 1977. Ege Bölgesinde kavunlarda görülen solgunluk etmeni fungusların tespiti üzerinde ön araştırmalar. Zirai Mücadele Araştırma Yıllığı, 11:78.

FAO, 2016. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistics Division. http://www.fao.org/faostat. (Erişim Tarihi August 2017).

Glazebrook J., 2001. Genes controlling expression of defense responses in *Arabidopsis* - 2001 status. Current Opinion in Plant Biology, 4: 301-308.

Gordon, T.R., Martyn, R.D., 1997. The evolutionary biology of *Fusarium oxysporum*. Annual Review of Phytopathology, 35: 111-128.

Gupta, P.C., 1993. Seed vigour testing. In: Agarwal, P.K (Ed). Handbook of Seed Testing National Seed Corporation, New Delhi, India. pp. 245-246.

Çiftçi, G., Altınok, H.H., 2019. Patlıcan tohumlarında bitki büyüme düzenleyici rizobakteri uygulamalarının kurşuni küf (*Botrytis cinerea* Pers.: Fr.) hastalığına ekileri. KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi 22(3): 421-429.

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.

Hennessy, C., Walduck, G., Daly, A., Padovan, A., 2005. Weed hosts of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4 in northern Australia. Australasian Plant Pathology, 34, 115-117. İzmir. 205 s.

Karimi, A.K., 2016. Örtü altı patlıcan yetiştiriciliğinde kurşuni küf (*Botrytis cinerea*) ve beyaz çürüklük (*Sclerotinia sclerotiorum*) hastalık etmenlerine karşı bazı biyokontrol ajanlarının in vitro'da etkinliklerinin belirlenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

Karman, M., 1971. Bitki Koruma araştırmalarında genel bilgiler, denemelerin kuruluşu ve değerlendirme esasları. T.C. Tarım Bakanlığı Zirai Mücadele ve Zirai Karantina Genel Müdürlüğü Yayınları. Bornova, İzmir, 279s.

Kinnersley, A.M., 2000. Gamma aminobutyric acid (GABA) and plant responses to stress. Critical Reviews in Plant Sciences, 19(6): 479-509.

Kirk, P. M., Cannon, P. F., Minter, D. W., Stalpers, J. A., 2008. "Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi", 10th Edn CAB International, Wallingford, UK.

Kurt, S., Baran, B., Sarı, N., Yetisir, H., 2002. Physiologic races of *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* in the Southeastern Anatolia Region of Turkey and varietal reactions of races of the pathogen. Phytoparasitica, 30(4): 395-402.

Kurt, Ş., 2013. Bitki fungal hastalıkları. Akademisyen Kitapevi. ISBN: 978-605-464-901-3. Ankara. 214 s.

Leslie, J.F., Summerell, B.A., 2006. The *Fusarium* laboratory manual. Ames, Iowa, USA, Blackwell Professional.

Lui, L., Kloepper, J.W., Tüzün, S., 1995. Induction of systemic resistance in cucumber by plant growth promoting rhizobacteria duration of protection and effect of host resistance on protection and root colonization. Phytopathology, 85: 1064-1068.

Mas, P., Molot, P.M., Risser, G., 1981. Fusarium wilt of muskmelon. In: Nelson, P.E., Toussen, T.A., Cook R.J. (Eds). *Fusarium*, disease, biology and taxonomy, Pennsylvania State University Press, University Park, PA and London, UK. pp. 169-177.

Milosevic, N., Slusarenko, A.J., 1996. Active oxygen metabolism and lignification in the hypersensitive response in bean. Physiol. Mol. Plant Pathology, 49: 143-158.

Nelson, P.E., Dignani, M.C., Anaissie, E.J., 1994. Taxonomy, biology, and clinical aspects of *Fusarium* species. Clinical Microbiology Reviews, 7, 479-504.

Pitrat, M., Chauvet, M., Fourcy, C., 1999. Diversity, history and production of cultivated cucurbits. Acta Horticulturae, 492: 21.28

Risser, G., Banihashemi, Z., Davis, D.W., 1976. A proposed nomenclature of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* races and resistance genes in *Cucumis melo*. Phytopathology, 66:1105-1106.

Sağır, A., 1988. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde kavun ve karpuzlarda kök ve kökboğazı çürüklüğüne neden olan fungal etmenler. Bitki Koruma Bülteni, 28(3-4): 141-150.

Scher, F.M., Baker R., 1982. Effect of *Pseudomonas putida* and synthetic iron chelator on induction of soil suppressiveness to Fusarium wilt pathogens. Phytopathology, 72: 1567-1573.

Soran, H., 1975. Ankara, Edirne, Sakarya illerinde kavun solgunluk hastalığı, fungal etmenlerinin tesbiti, dağılışları, bunlardan *Fusarium* türlerinin tanımı ve patojenisiteleri üzerinde araştırmalar (Doçentlik tezi) Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi.

Şensoy, S., 2005. Türkiye kavunlarındaki genetik varyasyonun ve Fusarium solgunluğuna dayanıklılığın fenotipik ve moleküler yöntemlerle araştırılması. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 164 s, Van.

Tosun, N. Ergün A., 2002. Bitkisel üretimde ve tarımsal savaşımda yeni bir yaklaşım olarak bitki aktivatörlerinin rolü. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayın No:10,248-263s.

van Loon L.C., Bakker P.A., Pieterse C.M.J., 1998. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. Annual Review of Phytopathology, 36, 453-483.

van Steekelenburg, N.V., 1976. Fusarium wilt of eggplant in the Netherlands. Journal of Plant Pathology, 82(5): 191-192.

Vrbničanin, S., Božić, D., Sarić, M., Pavlović, D., Raičević, V., 2011. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on *Ambrosia artemisiifolia* L. seed germination. Pesticides & Phytomedicine, 26(2): 141-146.

Wei G., Kloepper J. W., Tuzun S., 1996. Induction of systemic resistance to cucumber diseases and increases plant growth by plant growth-promoting rhizobacteria under field conditions. Phytopathology, 86: 221-224.

Yıldız, M., 1977. Ege Bölgesinde kavun solgunluk etmeninin patojenisitesi, ırkları ve yerli çeşitlerin dayanıklılıklarının saptanması üzerinde araştırmalar

(Doçentlik Tezi), E.Ü. Ziraat Fakültesi, Fitopatoloji ve Zirai Botanik Kürsüsü

Yildiz, H.N. Altinok, H.H. Dikilitas, M., 2012. Screening of rhizobacteria against *Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae*, the causal agent of wilt disease of eggplant. African Journal of Microbiology Research, 6(15): 3700-3706.

Yücel, S., Pala, H., Sarı, N. Abak, K., 1994. Determination of *F. oxysporum* f.sp. *melonis* races in the East Mediterranean Region of Turkey and response of some melon genotypes to the disease. 9th Congress of the Mediterranean Phytopathological Union, Kuşadası-Türkiye. p:87-89.

Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi
Anadolu Journal of Agricultural Sciences
http://dergipark.gov.tr/omuanajas

Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 34 (2019)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/omuanajas.458988

Tarımsal sulamaların ekonomik ve sosyal etkilerinin değerlendirilmesi: Asartepe Barajı üzerine bir uygulama

Mehmet Arif Şahinli, Ahmet Özçelik

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Ankara/Türkiye
*Sorumlu yazar/corresponding author: asahinli@ankara.edu.tr

Geliş/Received 11/09/2018 Kabul/Accepted 30/05/2019

ÖZET

Araştırma alanı, Ankara ili Ayaş ilçesinde bulunan Asartepe Barajı sulama sahasıdır. Bu çalışmada, baraj yapımının tarımsal sulamada ve üretim deseninde ne tür değişiklikler ortaya çıkardığı amaçlanmıştır. Tarım işletmelerine ait veriler 2016 yılı üretim dönemine aittir. Bu çalışmada, araştırma bulguları ve ikincil verilerden de yararlanılmıştır. Araştırma alanında örneğe giren köyleri en iyi temsil edecek 3 köy seçilmiştir. Araştırmada örnek hacminin belirlenmesinde %5 hata ve %95 güven düzeyinde çalışılmıştır. Örnek hacmi 42 işletme olarak tespit edilmiştir. Bitkisel ürünlerde maliyet hesabı üründen ürüne farklılık göstermektedir. Aynı zamanda bitkilerin tek yıllık ve çok yıllık oluşu da önemlidir. Gruplara göre 1 kg domates maliyet hesapları yapılmıştır. İncelenen işletmelerde 1. gruptaki üreticilerin 1 kg domates maliyeti 0.54 TL iken 2. grupta olanların 0.50 TL olarak hesaplanmıştır.

Baraj öncesinde 1. gruptaki işletmelerin sulu arazi genişliği ortalama 14.0 dekar iken baraj sonrasında ortalama 25.5 dekara, 2. gruptaki üreticilerde ise sulu arazi genişliği 25.5 dekardan 58.1 dekara yükselmiştir. İncelenen işletmelerdeki alet- makine sayılarında artış gözlenmiştir. İncelenen işletmelerde baraj yapımının tarımsal sulamanın kullanımının etkinliğini arttırmasının yanı sıra üreticilerin üretim deseninde de değişikliğe gittiği tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler:
Tarımsal sulama
Ankara ili
Ayaş ilçesi
Maliyet hesapları

Evaluation of economic and social effects of agricultural ırrigations: An application on Asartepe Dam

ABSTRACT

The Asartepe Dam irrigation area in Ayaş county of Ankara province was a research area. In this study, it is aimed to determine what kind of changes the dam construction has in agricultural irrigation and production pattern. Data for agricultural enterprises are 2016 year production period. Research findings and secondary data are used in this study. In the research area, the 3 best villages were selected. In the study, with 5 % error and 95 % confidence level for determining the sample size was used. The sampling volume was determined as 42 enterprises. The cost calculation in plant products vary from product to product. It is also important to have a one-year and multi-year plants. According to the groups, the cost of producing of 1 kg tomato was calculated. In the examined enterprises, the cost of 1 kg of producing tomatoes by the producers in the 1st group was 0.54 TL (Turkish Lira), while those in the second group was 0.50 TL.

Before the dam, the average area of the irrigated land in the establishments of first group was 14.0 decares, an average of 25.5 decares after the dam while in the 2nd group the irrigated land width increased from 25.5 to 58.1 decares. There was an increase in the number of machinery usage in the enterprises examined. In the enterprises surveyed, the production of dam has improved the efficiency of the use of agricultural irrigation, as well as the production pattern of the producers.

Keywords:
Agricultural irrigations
Ankara province
Ayaş county
Cost calculations

© OMU ANAJAS 2019

1. Giriş

Ankara'nın alt bölgelerinden Birinci Bölge; Bala, Evren, Haymana ve Şereflikoçhisar ilçelerini kapsamaktadır. Nüfus yoğunluğunun düşük, tarımın ekonomik faaliyetlerin temelini oluşturduğu bu bölge Ankara ilinin güney ve güneydoğu kesimlerini kapsamaktadır. Ayrıca ilin en yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip olan bu bölgede gelecek on yılda gerçekleştirilecek güneşe dayalı elektrik üretim

yatırımları, çevresel katkısının yanında, tarımsal sulamanın yaygınlaştırılmasında ve maliyetinin düşürülmesinde de etkili olacaktır. Ankara'nın kuzeydoğusunda yer alan 2. Bölge Çubuk ve Kalecik ilçelerinden oluşmaktadır. Sulu tarımın yaygın olduğu bölgede tahıl üretiminin yanında, meyve-sebze üretimi ve hayvancılık ile tarıma dayalı sanayi de gelişmiştir (Ankaraka, 2015).

Ankara'nın kuzeyinde bulunan Üçüncü Bölge Kızılcahamam ve Çamlıdere ilçelerinden oluşmaktadır. İlin büyük çoğunluğundan farklı olarak bölge yoğun ormanlara ve zengin su kaynaklarına sahiptir. Ankara'nın önemli içme suyu kaynakları olan Çamlıdere, Eğrekkaya, Kurtboğazı ve Akyar barajları bu bölgede yer almaktadır. Kuzeybatı Ankara'yı kapsayan Dördüncü Bölge Ayaş, Beypazarı, Güdül ve Nallıhan ilçelerinden oluşmaktadır. Tarım alanında da güçlü olan bölge, özellikle meyve ve sebze üretiminde öne çıkmaktadır. Bunlara ilaveten bölgede büyük ölçekli ve stratejik öneme sahip sanayi yatırımları bulunmaktadır. Bölgedeki termik ve hidroelektrik santraller Ankara'nın kurulu elektrik gücünün %44'üne sahiptir (Ankaraka, 2015).

Akyurt, Elmadağ, Kazan ve Polatlı'dan oluşan Beşinci Bölge Ankara'nın metropolitan alanını çevrelemektedir. Bölgenin temel karakteristiği, diğer alt bölgelere benzer şekilde sahip olduğu tarımsal üretimin yanı sıra, güçlü bir sanayi altyapısının bulunmasıdır. 2012 yılı itibariyle Altındağ, Çankaya, Etimesgut, Gölbaşı, Keçiören, Mamak, Pursaklar, Sincan ve Yenimahalle'den oluşan Ankara Merkez Bölgesi, Ankara nüfusunun %89'una ev sahipliği yapmaktadır (Ankaraka, 2015).

Bu çalışmayla, sulama projeleri ile DSİ tarafından uygulanan küçük ve büyük ölçekli sulama projelerinin Ankara ili ve Türkiye ölçeğinde sosyal ve ekonomik etkileri ve katkılarının kapsamlı bir şekilde araştırılması ve gelecekte yapılacak benzer yatırımlar için öneriler geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Asartepe Barajı, Ankara ili Ayaş ilçesi, İlhan Çayı üzerinde, Çanıllı Beldesi sınırları içerisinde, sulama amacı ile 1975-1980 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. Toprak gövde dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 408.000 m3, akarsu yatağından yüksekliği 50,00 metre, normal su kotunda göl hacmi 20 hm3, normal su kotunda göl alanı 1,77 km2'dir. 2.850 hektarlık bir alana sulama hizmeti vermektedir.

Sulama ile ilgili yapılmış ulusal ve uluslararası çalışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir:

Mudima (2002) çalışmasında, K. Zimbabwe'de beş adet küçük sulama sisteminin etkisini incelemiştir. Büyükcangaz (2003) ise, mevcut sulama projelerinin çevresel etkilerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesinden yola çıkarak, Çevresel etki değerlendirmesi (ÇED)'de gerçekçi yaklaşımlara ulaşılması hedeflenmiş, sulama projeleri ile çevrede meydana gelebilecek etkiler materyal olarak alınan Mustafa Kemal Paşa Sulama Projesi (MKPSP) kapsamında değerlendirmiştir. Doak et al. (2004) çalışmalarında, 2002/2003 milli ekonomide mevcut sulamanın katkısını hesaplamıştır. Koç ve Güner (2005) çalışmasında, Türkiye'de geçmiş yıllarda yapılmış olan sulama projelerinin Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Organizasyonu (FAO) tarafından önerilen kriterlere göre yeniden hesaplanması durumunda nasıl değişiklikler olacağını incelemiştir. Yıldırım (2006) ise, 1990'lardan itibaren Dicle ve Fırat Nehirleri üzerinde faaliyete geçen barajların enerji ve sulama gibi ekonomik faydaları yanında bazı doğal çevre etkilerini incelemiştir. Özkay ve ark. (2008) çalışmalarında, sulama projelerinin çevreye olan olumsuz etkilerinin azaltılmasına yönelik alınması gerekli önlemleri tartışmıştır. Çakmak vd. (2009) çalışmalarında, Türkiye'de Asartepe Sulama Birliğinde sulama sistem performansını değerlendirmişlerdir. Kaltu ve Güneş (2010) çalışmalarında, Orta Anadolu ve özellikle Ankara koşullarında hem yem ve hem de yağ bitkisi olarak yetiştiriciliği artan mısırda, farklı sulama şekillerinde üretim maliyeti, verimlilik ve karlılık düzeyini araştırmıştır. Sönmez (2011) çalışmasında, Türkiye'de sulama ve enerji amaçlı önemli ölçüde faydalanılan kaynakların başında gelen barajlar, tarım alanlarının daralması, siltasyon, ekosistemin bozulması ve göçler gibi birçok sorunu incelemiştir. Saunders and Saunders (2012) çalışmalarında, Cantenbury'de sulamanın toplam faydasının incelenmesi aynı zamanda Canterbury su stratejisinin yürütülmesini amaçlamıştır. Demir vd. (2014) çalışmalarında, Daphan Ovası sulama alanında, sulama işletmeciliği açısından mevcut durumu incelemiş ve yapılan sulama yatırımının tarımsal üretime etkisini ortaya koymaya çalışmıştır.

2016 yılında ekimi en fazla yapılan sebzelerden birinci sırada yer alanların oranı %42.03 ile kavun, ikinci sırada %19.87 ile sofralık domates ve %9.55 ile kuru soğan olmuştur. Domates, Ayaş ilçesinde önemli bir sebze olduğundan sulama öncesi ve sonrası maliyet hesaplamaları yapılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma kapsamında, Ankara ili Ayaş ilçesinde domates yetiştiriciliğine yer veren tarım işletmelerinden Asartepe barajından yapılan tarımsal sulamaların öncesine ve sonrasına ait veriler anket ile toplanmıştır. Tarım işletmelerinden 2016 üretim dönemine ait veriler toplanmıştır. Araştırmada uygulanan metotlar aşağıda verilmektedir.

2.1. Örnek seçiminde uygulanan yöntem

Tarımsal sulama yapan tarım işletmeleri popülasyonunu belirlemek amacıyla, Ankara ili Ayaş İlçesi Gıda, Tarım ve Hayvancılık İlçe Müdürlüğü yetkilileri ile ön görüşmeler yapılmıştır. Örnek köyler seçilirken, doğal faktörler, tarım tekniği ve ekonomik durum bakımından araştırma alanını temsil etmesine dikkat edilmiştir. Araştırma kümesi belirlendikten sonra anket uygulanacak işletmeler tesadüfi örnekleme

yöntemiyle saptanmıştır. Tarımsal sulama yapan işletmelerin oluşturacağı kümelerin kaç gruba ayrılacağına, araştırma kümesi belirlendikten sonra karar verilmiştir. Köylerde anket yapılacak örneğe çıkan işletmeciler bulunmadığı durumlarda ikameleri belirlenmiş ve bunun için yedek işletme listesi oluşturulmuştur.

Araştırmanın amacına uygun olarak hazırlanmış anket formları, araştırıcılar tarafından kişisel görüşme yoluyla doldurulmuştur. Böylece analize esas teşkil edecek birincil veriler doğrudan doğruya örneğe çıkan çiftçi ailelerinden elde edilmiştir. İkincil veriler ise, konuya ilişkin literatür ve istatistiklerden yararlanılarak temin edilmiştir.

Örneğe giren köyleri en iyi temsil edecek 3 köy belirlenmiştir. Elde edilen veriler neticesinde 3 köyde amaca uygun olarak 42 işletme tespit edilmiştir. Toplam işletme sayıları belirlenmiş ve araştırma alanındaki işletmelerin arazi dağılımı da dikkate alınmıştır. Sonuç olarak, işletmeler arazi büyüklükleri bakımından iki tabakaya ayrılmıştır. Tabaka sınırları 1-20 dekar ve 20-+ dekar olarak belirlenmiştir. Neyman paylaştırma metoduna göre, tabakaların sayıları belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. İşletmelerin tabakalara göre örneklem sayıları

Tabaka	Genişlik	İşletme sayısı
1	1-20	31
2	20+	11
Toplam		42

J. Neyman tarafından 1934 yılında önerilen bir metottur ve genel itibariyle Neyman paylaştırması adı diye isimlendirilir. Farklı tabakalara ilişkin c_h maliyetleri birbirinden büyük farklılık arz etmeyebilir ve bu nedenden dolayı bütün tabakalar için c_h ların eşit olabileceği varsayabilir. Örnek sayısı,

$$n = \frac{\left(\sum N_h S_h\right)^2}{N^2 * D^2 + \sum N_h S_h{}^2}$$

Burada; n örnek sayısını; Nh h'ıncı tabakadaki işletme sayısını; Sh h'ıncı tabakanın standart sapmasını; Sh2 h'ıncı tabakanın varyansını; N Popülasyondaki işletme sayısını göstermektedir. D2 ise (d/z)2 formülü ile elde edilir.

Bu durum çapı n olan bir örneğin N_h S_h ile orantılı bir şekilde paylaştırıldığını gösterir. Bu ise, büyük tabaka ve heterojen bir tabakadan daha fazla örnek biriminin alınacağını ifade eder (Yamane, 2001).

2.2. Anket ve analiz aşamasında uygulanan yöntem

Araştırmanın amacı, kapsamı ve tarım işletmelerinin özellikleri de göz önünde bulundurularak anket formları düzenlenmiştir. Anket formları, işletme sahipleri ile görüşme yöntemi ile araştırıcı tarafından doldurulmuştur. İşletme sonuçlarının analiz ve değerlendirme aşamasında, tarım işletmeleri bir bütünlük içerisinde ele alınmıştır. Analiz aşamasında, SPSS İstatistik paket programı kullanılmıştır.

Araştırma kapsamında incelenen işletmelerde, domates birim (kg) maliyetleri belirlenmiştir. Domates birim maliyeti her işletme grubunun verileri dikkate alınarak ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Domates üretim faaliyetinde toprak hazırlığı masrafları, 1. Sürüm, 2. Sürüm, ekim ve dikim işlemleri sırasında yapılan faaliyetlerin masraflarından oluşmaktadır. Toprak hazırlığı işlemlerinde kullanılan makine masrafları, toplam domates ekim alanı için tükettiği akaryakıt miktarı ile birim fiyatlar dikkate alınarak hesaplanmıştır. İnsan iş gücü masrafları ise, toplam ekim alanı için kullanılan erkek iş gücü saatleri ile bölgede geçerli olan işçi saat ücreti çarpılarak belirlenmiştir.

Ekim işleminde kullanılan tohum ve gübre miktarları birim fiyatlar üzerinden hesaplanarak masraf olarak yazılmıştır.

Bakım işlemleri gübreleme, çapalama, ilaçlama ve sulama masraflarından oluşmaktadır. Gübreleme masrafı, toplam domates ekim alanı için kullanılan gübre bedeli, gübreleme işçiliği ve alet makine masraflarından oluşmaktadır. Gübreleme masraflarında insan iş gücü ücreti ve makine çekigücü ücreti hesaplandıktan sonra, gübrelemenin üç defa uygulandığı dikkate alınarak hesaplama yapılmıştır.

Çapalama masrafı, çapalama için kullanılan erkek iş gücü saatleri ile bölgede geçerli olan işçi-saat ücreti çarpılarak hesaplanmıştır.

İlaçlama masrafı, toplam domates ekim alanı için kullanılan tarımsal mücadele ilaç bedeli, ilaçlama işçiliği ve alet makine masraflarından oluşmaktadır.

Sulama masrafları, sulama işçiliği ve su parası bedelinin toplamından oluşmaktadır.

Hasat masrafı, hasat için kullanılan erkek iş gücü saatleri ile bölgede geçerli olan işçi saat ücreti çarpılarak hesaplanmıştır.

Paketleme masrafı, ürünün paketlenmesi aşamasında kullanılan erkek iş gücü saatleri ile bölgede geçerli olan işçi saat ücreti çarpılarak hesaplanmıştır.

Pazara taşıma masrafı domatesin ambardan satış yerine kadar olan nakliye masraflarında oluşmaktadır.

Arazi kirası hesaplanmasında, arazi fiilen kiralanmış ise ödenen kira bedeli, kendi mülkü ise bölgedeki benzer nitelikteki araziler için oluşmuş cari arazi kirası dikkate alınmıştır.

Domates üretim faaliyetinde değişen masrafların toplamının %3'ü kadar genel idare gider hesaplanmıştır.

Domates maliyetinin hesaplanmasında değişen ve sabit masrafların toplamı, üretim masrafları olarak değerlendirilmektedir. Bu değerin, elde edilen domates miktarına bölünmesiyle 1 kg domates maliyeti hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Nüfus Durumu

Ankete katılan işletmelerde hanehalkının %49.59'u 15-49 yaş aralığında, %39.02'si ise 50 yaş ve üzerindedir. Erkek nüfusunun %45.16'sı 50 yaş ve üzerinde iken kadın nüfusunun %57.38'si 15-49 yaş aralığındadır ve erkek nüfusuna oranla daha genç bir nüfusa sahiptir (Çizelge 2).

Araştırma bölgesinde genel olarak domates yetiştiriciliği yapılmaktadır. Sebze ekim, bakım ve hasat da genellikle kadın işçiler çalıştırılmaktadır. Kadın nüfusunun daha genç olması bu nedenle beklenilen bir durumdur.

3.2. Eğitim Durumu

Araştırma kapsamında incelenen işletmelerde üreticilerin eğitim durumu Çizelge 3'de belirtilmiştir.

Üreticilerin %73.81'inin ilkokul mezunu olduğu belirlenirken, %16.67'si ortaokul, %4.76'sı lise ve %4.76'sı üniversite mezunudur. Ayaş ilçesi, Ankara iline yakın olduğundan tahsilli bireylerin ilçeden göç ettikleri ifade edilebilir (Çizelge 3).

Çizelge 2. İncelenen işletmelerde hanehalkı durumu

		7-14		15-49		50-+		Toplam	
		Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
Erkek	1. Grup	6	12.77	20	42.55	21	44.68	47	100.00
	2. Grup	2	13.33	6	40.00	7	46.67	15	100.00
	Toplam	8	12.90	26	41.94	28	45.16	62	100.00
Kadın	1. Grup	5	10.87	24	52.17	17	36.96	46	100.00
	2. Grup	1	6.67	11	73.33	3	20.00	15	100.00
	Toplam	6	9.84	35	57.38	20	32.79	61	100.00
	Genel Toplam	14	11,38	61	49.59	48	39.02	123	100.00

Çizelge 3. İncelenen işletmelerde üreticilerin eğitim durumu

	İlkokul		Ortaokul		Lise		Üniversite		Toplam	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
1. Grup	23	74.19	5	16.13	1	3.23	2	6.45	31	100.00
2. Grup	8	72.73	2	18.18	1	9.09	0	0.00	11	100.00
Toplam	31	73.81	7	16.67	2	4.76	2	4.76	42	100.00

3.3. Arazi Varlığı

İşletmelerin arazi tasarruf şekillerine göre dağılımı Çizelge 4'de gösterilmiştir. Baraj yapımından önce 1. gruptaki işletmelerin ortalama mülk arazisi 35.84 dekar iken barajdan sonra 44.33 dekara yükselmiştir. 2. gruptaki üreticilerde ise barajdan önce 49.87 dekar olan mülk arazisi, barajdan sonra 55.04 dekara yükselmiştir. Arazinin sulanması ve veriminin artmasıyla birlikte tarımda kullanılan arazi miktarında da bir yükselme ortaya çıkmıştır (Çizelge 4).

Baraj yapımından sonra kiraya tutulan arazi miktarlarında daha büyük artış yaşanmış olup, 1. gruptaki üreticilerin ortalama kiraya tutulan arazi miktarı 28.16 dekardan 53.07 dekara, 2. gruptaki üreticilerde ise 46.03 dekardan 69.36 dekara yükselmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. İncelenen işletmelerin arazi tasarruf şekillerine göre dağılımı

		Mülk arazi		Kiraya tutulan arazi		Toplam	
		da	%	da	%	da	%
Öncesi	1. Grup	35.84	56.00	28.16	44.00	64.00	100.00
	2. Grup	49.87	52.00	46.03	48.00	95.90	100.00
Sonrası	1. Grup	44.33	45.51	53.07	54.49	97.40	100.00
	2. Grup	55.04	44.24	69.36	55.76	124.40	100.00

Araştırma kapsamında incelenen bölgede baraj yapımından sonra arazilerin sulama olanağının artması beklenebilir bir sonuçtur. Bu bağlamda araştırma sonuçlarını incelendiğinde, 1. gruptaki üreticilerin ortalama sulu arazisi 14.0 dekardan 45.2 dekara, 2. grupta ise 25.5 dekardan 58.1 dekara yükseldiği tespit edilmiştir. (Çizelge 5).

(Demir ve ark., 2014) yılında, Daphan ovası sulama projesi ile birlikte 2000 yılında 16,21 dekar olan sulanan arazi genişliğinin, 2013 yılında 62,33 dekara yükseldiğini belirtmişlerdir.

Çizelge 5. İncelenen işletmelerde arazinin nevine göre dağılımı

		Sulu		Kuru		Sebzelik		Meyvelik		Toplam	
		da	%	da	%	da	%	da	%	da	%
Öncesi	1. Grup	14.0	21.8	30.4	47.5	13.1	20.5	6.5	10.2	64.00	100.0
	2. Grup	25.5	26.6	48.0	50.1	5.4	5.6	17.0	17.7	95.90	100.0
Sonrası	1. Grup	45.2	46.4	28.2	28.9	16.2	16.6	7.8	8.0	97.40	100.0
	2. Grup	58.1	46.7	43.6	35.1	11.3	9.1	11.4	9.2	124.40	100.0

Araştırma yöresinde arazi nevi içerisinde tarla arazisi hakim derecede olup, işletme arazisinin baraj yapımı öncesi 1. grupta %21.88'i sulu %47.50'si kuru olmak üzere %69.38'ini, 2. grupta ise %26.59'u sulu, %50.05'i kuru %76.64'ünü oluşturmaktadır. Baraj yapımı sonrası 1. grupta sulu tarla oranı %46.41'e, 2. grupta bu oran %46.70'e çıkarken kuru tarla arazisi oranında düşüş görülmektedir. Sebzelik arazi 2. grupta sulama sonrası artmış, meyvelik arazide ise 1. grupta artış olmuştur. Sulama sonrası, arazi nevi olarak tarla arazisindeki artışın temel sebebi hayvancılığın artışına paralel olarak yem bitkisi (arpa, yonca, fiğ, yulaf) miktarının artmasıdır (Çizelge 5).

3.4. Bitkisel Üretim

Araştırma bölgesi olarak belirlenen Ankara ili Ayaş ilçesinde domates üretiminin yoğunlukta olduğu bilinmektedir. 1. gruptaki üreticilerin domates ekim alanı baraj öncesi ortalama 8.2 dekar iken bu rakam baraj sonrasında 5.8 dekara, aynı zamanda nadas alanı da 14.3 dekardan 4.6 dekara gerilediği tespit edilmiştir. Baraj yapımından sonra ise sulama imkânının da artmasıyla birlikte üretim deseninde değişiklikler göze çarpmaktadır. Arpa üretimi 3.2 dekardan 10.4 dekara, yulaf üretimi 2.3 dekardan 7.9 dekara, fiğ üretimi 4.6 dekardan 8.8 dekara, yonca üretimi 2.5 dekardan 10.7 dekara yükselmiştir. Ayrıca, mısır üretiminin de baraj öncesi yapılmazken baraj sonrasında 4.2 dekara yükseldiği belirlenmiştir (Çizelge 6).

Araştırma kapsamındaki 2. gruptaki üreticilerin üretim deseninde de değişiklikler göze çarpmaktadır. Baraj öncesi domates ekim alanı 38.2 dekar olan 2. gruptaki üreticilerin, baraj sonrasında domates ekim alanı 30.4 dekara, nadas alanı 8.1 dekardan 3.4 dekara gerilemiştir. Bununla birlikte, ekim alanı buğday için 7.1 dekardan 10.2 dekara, arpa için 7.3 dekardan 12.8 dekara, yulaf için 1.2 dekardan 8.4 dekara, mısır için 3.0 dekardan 6.1 dekara, yonca için 4.2 dekardan 10.5 dekara, biber için 4.6 dekardan 6.6 dekara çıkmıştır. Ayrıca, fiğ ekimi baraj öncesinde hiç yapılmazken baraj sonrasında 10.5 dekara yükseldiği tespit edilmiştir (Çizelge 6). Bu durumun sebebi olarak, domates üretiminde verimin yeterli seviye de olmaması ve ürün satışı konusunda yaşanan sıkıntılar olarak belirtilebilir.

(Büyükcangaz, 2003) yılında, Mustafa Kemalpaşa sulama projesinde, projenin uygulamaya geçirilmesinden önce, ovada görülen bitki deseninin; %48.5'nin hububat, %8.0'nin pancar, %8.5'nin ayçiçeği, %6.0'nın pamuk ve %26.0'nın diğer ürünler biçiminde olduğunu ifade etmiştir. Sulama projesinin uygulamaya geçirilmesine paralel olarak, ovada bitki deseninin tümüyle değiştiğini ifade etmiştir.

Başka bir çalışmada ise, sulama öncesi yem bitkileri ekim alanı %51.7 iken, sulama sonrası bu oranın %73.1'e yükseldiği, hububat ekim alanının ise %31.7 düzeyinden %15.2 düzeyine gerilediği belirtilmiştir (Demir ve Yalçın, 2014).

3.5. Hayvansal Üretim

İncelenen işletmelerdeki hayvan sayıları ve hayvansal ürün değerleri Çizelge 7'de verilmiştir. 1. grupta sığır sayısı ortalama 1.29 baş'tan 4.61 baş'a, koyun sayısı 5.00 baş'tan 11,13 baş'a, keçi sayısı ise barajdan önce bulunmazken barajdan sonra 0.32 baş'a yükseldiği belirlenmiştir. 2. Grupta ise barajdan önce ortalama 0.67 baş sığır bulunurken barajdan sonra bu rakam 2.50 baş'a yükselmiş olup barajdan önce koyun ve keçi bulunmayan 2. gruptaki işletmelerde barajdan sonra sırasıyla 12.33 baş koyun ve 3.00 baş keçi olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 7).

Çizelge 6. İncelenen işletmelerde yetiştirilen ürünlerin ekim alanları (da)

Ekim Alanı (da)	Önce		Sonra	
	Grup 1	Grup 2	Grup 1	Grup 2
Domates	8.2	38.2	5.8	30.4
Buğday	5.4	7.1	9.3	10.2
Arpa	3.2	7.3	10.4	12.8
Yulaf	2.3	1.2	7.9	8.4
Mısır	-	3.0	4.2	6.1
Patates	2.7	-	3.1	3.2
Fasulye		3.8	4.1	6.7
Salatalık	1.2	0.6	3.3	1.8
Patlıcan	-	-	1.2	-
Fiğ	4.6	-	8.8	9.6
Yonca	2.5	4.2	10.7	10.5
Kabak	2.6	0.3	4.3	1.1
Karpuz	3.1	0.5	4.2	1.2
Soğan	1.5	-	3.8	-
Biber	2.6	4.6	1.1	6.6
Karnabahar	-	-	-	2.2
Havuç	3.3	-	2.8	-
Nadas (kuru)	14.3	8.1	4.6	3.4
Elma	1.3	4.6	3.2	2
Kiraz	2.3	5.1	2.6	5
Armut	0.8	-	0.6	-
Dut	2.1	7.3	1.4	3.2
Toplam arazi	64	95.9	97.4	124.4

Çizelge 7. İncelenen işletmelerde ortalama hayvan sayıları

Hayvan sayıları	Önce		Sonra	
	Grup 1	Grup 2	Grup 1	Grup 2
Sığır sayısı (baş)	1.29	0.67	4.61	2.50
Koyun sayısı (baş)	5.00	-	11.13	12.33
Keçi sayısı (baş)	.	.	0.32	3.00
Tavuk sayısı (adet)	1.77	0.67	0.81	0.67

3.6. Tarımsal Girdi Kullanımı

1. gruptaki üreticilerin %93.55'i baraj sonrasında çiftlik gübresi kullanımında artış meydana geldiğini belirtirken, 2. gruptaki üreticilerde bu oran %100.00'dür. Kimyasal gübre kullanımının artış oranlarına göre, 1. gruptaki üreticilerin %80.65'i, 2. gruptaki üreticilerin de %90.91'i baraj sonrasında kimyasal gübre kullanımını artırmıştır. Üreticilerin zirai ilaç kullanımında da artış olduğu gözlemlenmektedir. 1. gruptaki üreticilerin %77.42'sinin ve 2. gruptaki üreticilerin %72.73'ünün baraj sonrasında zirai ilaç kullanımını artırdıkları belirlenmiştir.

3.7. Sulama Tekniği

Baraj öncesinde 1. gruptaki üreticilerin %100.00'ü, 2. gruptaki üreticilerin %90.91'i salma sulama sistemini kullanırken, baraj sonrasında 1. gruptaki üreticilerin %87.80'ninin, 2. gruptaki üreticilerin ise %100.00'ının damla sulama sistemi kullandığı belirlenmiştir.

(Özkay vd., 2008) çalışmalarında, tarımda sulama suyunun etkin olarak kullanılmamasından kaynaklı olarak toprak tuzluluğu, drenaj suyu gibi bazı çevresel sorunların oluşabileceğini tespit etmiştir. Aynı zamanda, sulama uygulamalarıyla, tarımsal üretim arttırılırken; kaynak kaybının yanı sıra, çevreye zarar verilmekte ve doğal dengenin bozulmasına neden olunmaktadır demişlerdir.

Orta Anadolu'da sulama randımanları salma sulama metotlarında %55 civarında iken yağmurlama sulamada %75'ten fazladır (Balaban ve Ayyıldız, 1970; Çakmak, 1994; Topak, 1996). (Yurteri, 2011) çalışmasında, su uygulama randımanı son yıllarda giderek yaygınlaşan damla sulamada %90'ın üzerine çıkmakta, bazı uygulamalarda %100'e yaklaşabilmektedir demiştir. Su

uygulama randımanının % 50-55'lerden % 75'e yükseltilmesi, aynı miktar sulama suyu ile sulanabilecek alanın % 50 artırılması demektir.

3.8. Göç Durumu

1. gruptaki üreticilerin baraj öncesinde şehirde yaşayan hanehalkı sayısı ortalama 0.06 kişi iken, baraj sonrasında bu rakam 0.77 kişiye yükseldiği tespit edilmiştir. 2. gruptaki üreticilerin ise baraj öncesinde şehirde yaşayan hanehalkı bulunmaz iken, baraj sonrasında ortalama 0.36 kişi olarak belirlenmiştir. Araştırma kapsamında 1. gruptaki üreticilerin köyde yaşayan hanehalkı sayısı baraj öncesinde ortalama 3.06 kişi iken, baraj sonrasında bu rakam ortalama 2.08 kişidir. 2. gruptaki üreticilerin ise, köydeki hanehalkı sayısı baraj öncesinde ortalama 2.91 kişi iken, baraj sonrasında 2.23 kişi olduğu tespit edilmiştir. Sulama ile gelir imkânlarının arttığı ve Ayaş ilçesinin Ankara'ya yakın olmasının etkisiyle de hanehalkları şehirde ikamet edip, hatta başka bir işte de çalışıp köydeki üretim faaliyetlerini sürdürmek gibi bir yapıyı geliştirmiştir.

(Büyükcangaz, 2003) çalışmasında, sulama projesinin uygulamaya geçirilmesine paralel olarak, her yıl hasat döneminde proje alanına geçici göç söz konusu olduğunu belirtmiştir.

3.9. İstihdam Durumu

1. gruptaki üretici hanehalklarının %96.77'si barajdan önce tarım sektöründe çalışırken, baraj sonrasında bu oran %97.62 olarak saptanmıştır. 2. gruptaki üreticiler için bu oran ise, sırasıyla %100.00 ve %74.19'dur. Araştırma sonuçlarına göre, baraj öncesinde 2. gruptaki üretici hanehalklarının hizmet sektöründe çalışmadığı belirlenmiştir. Ancak, barajdan sonra üretici hanehalklarının hizmet sektöründe çalışma oranın %22.58'e yükseldiği tespit edilmiştir.

3.10. Domates Maliyeti

Domatesin birim maliyeti (kg) her işletme grubunun verileri dikkate alınarak ayrı ayrı hesaplanmıştır. Araştırma kapsamında 1. gruptaki işletmelerde sulu-kuru şartlarda domates üretim faaliyetinde ekimden önce arazi iki defa sürülmektedir. Bölgede domateste üç defa gübreleme yapılmaktadır. Hasat el ile yapılır ve ürün paketlenip pazara taşınmaktadır. Araştırma alanındaki işletmelerde, dekara ortalama 1.790,23 adet fide, 0.29 lt zirai ilaç, 48.89 kg kimyasal gübre ve 2.804,32 kg hayvan gübresi kullanıldığı saptanmıştır (Çizelge 8).

İşletmelerde domates üretiminde kullanılan insan iş gücünün %7.68'i toprak hazırlığında, %40.38'i bakım işlerinde ve %51.93'ü ise hasat, paketleme ve pazara taşıma işlerinde kullanılmıştır. Toprak hazırlığı için sarf edilen insan iş gücünün %4.56'sı birinci sürüm, %2.85'i ikileme ve %92.59'u ekim, dikim ve gübrelemede kullanılmıştır. Bakım işlerinde ise iş gücünün %0.86'sı gübreleme, %27.10'u çapalama, %71.71'i sulama ve %0.33'ü tarımsal mücadelede gereklidir. Hasat ve pazara taşıma işlerinde gerekli olan iş gücünün %89.29'u hasatta, %9.87'si paketlemede ve %0.84'ü pazara taşıma için sarf edilmektedir (Çizelge 8).

Her bir üretim işlemi için yapılan insan iş gücü, traktör çeki gücü ve kullanılan materyal masrafları ayrı ayrı hesaplanmış, masraflar toplamı üzerinden genel idare giderleri ve faiz tutarı bulunmuştur. Masraflar genel toplamı ise, domates üretim miktarına bölünmüştür. Bir dekar domates üretimi için 2.091,66 TL toplam masraf yapılmıştır. Masraflar toplamı içinde %33.62 ile ekim ve dikim masrafları en fazla payı almış, sırasıyla hasat %15.18 ve sulama %12.90 oranı izlemiştir. İncelenen işletmelerde dekara ortalama domates verimi 3.844,56 kg ve 1 kg domates maliyeti 0.54 TL olarak hesaplanmıştır.

Araştırma kapsamında 2. gruptaki işletmelerde, dekara ortalama 1.810,71 adet fide, 0.26 lt zirai ilaç, 43.53 kg kimyasal gübre ve 2.505,00 kg hayvan gübresi kullanıldığı saptanmıştır (Çizelge 8).

İşletmelerde domates üretiminde kullanılan insan iş gücünün %7.41'i toprak hazırlığı, %40.73'ü bakım işleri ve %51.86'sı hasat, paketleme ve pazara taşıma işlerinde harcanmıştır. Toprak hazırlığında sarf edilen insan iş gücünün %4.78'i birinci sürümde, %2.81'i ikilemede ve %92.41'i ekim, dikim ve gübrelemede kullanılmıştır. Bakım işlerinde ise iş gücünün %0.90'ı gübreleme, %23.78'i çapalama, %75.01'i sulama ve %0.31'i tarımsal mücadelede gereklidir. Hasat ve pazara taşıma işlerinde gerekli olan iş gücünün %89.58'i hasatta, %9.53'ü paketlemede ve %0.89'u pazara taşıma için sarf edilmiştir.

Bir dekar domates üretiminde 2.056,96 TL toplam masrafın yapıldığı tespit edilmiş olup, masraflar toplamı içinde %34.86 ile ekim ve dikim masrafları en fazla payı alırken, bunu sırasıyla hasat (%14.65) ve sulama (%13.18) izlemiştir. İncelenen işletmelerde dekara ortalama domates verimi 4.142,86 kg ve 1 kg domates maliyeti 0.50 TL olarak hesaplanmıştır (Çizelge 9).

Ayaş ve Nallıhan ilçelerinde yapılan çalışmada, Ayaş ilçesinde bir dekar domates yetiştiriciliği için yapılan toplam masraflar 280.49 TL ve bir kg domates maliyeti sırasıyla 0.06 TL olarak tespit edilmiştir (Demirci ve ark., 2005).

Ankara ili Beypazarı ilçesinde yapılan çalışmada, organik ve geleneksel olarak yapılan domates üretiminin ekonomik analizi incelenmiş, araştırma sonuçlarına göre geleneksel olarak üretilen 1 kg domatesin maliyeti 0.25 TL olarak tespit edilmiştir (Erkoyuncu, 2008).

Ankara'da domates yetiştiren işletmelerin ekonomik analizi incelenmiş; tarla döneminde işletmelerde 1 da domates yetiştiriciliği için yapılan toplam masraflar Ayaş ilçesi için 280.45 TL, işletmelerde ortalama domates verimi Ayaş ilçesinde 4.712 kg/da olarak hesaplamıştır (Tatlıdil vd., 2003).

Çizelge 8. İncelenen işletmelerde 1. gruptaki üreticilerin domates üretim maliyeti

Üretim İşlemleri	Kullanılan iş gücü ve çeki gücü				Kullanılan Ekipman	Kullanılan materyal			Toplam Masraf Tutarı (TL)
	İş gücü		Çeki gücü			Cinsi	Miktar (kg)	Tutar (TL)	
	Saat	Tutar (TL)	Saat	Tutar (TL)					
1.Toprak Hazırlığı ve Ekim	8.77		0.37						
2-Birincisürüm	0.40	2.40	0.23	17.42					19.82
3-İkinci Sürüm	0.25	1.50	0.14	12.32					13.82
4-Ekim+Dikim +Gübreleme	8.12	48.72			El ile	Fide (adet)	1790.23	654.46	839.99
						Hayvan Gübresi	2804.32	136.81	
5.Bakım İşleri	46.08		0.26						
6- Gübreleme	0.40	2.38	0.16	5.87		Kimyasal Gübre	48.89	72.34	80.59
7-Çapalama	12.49	74.94							74.94
8-Sulama	33.05	198.29				Sulama Fiyatı		71.45	269.74
9-İlaçlama	0.15	0.90	0.10	3.80		Zirai İlaç	0.29	19.46	24.16
10.Hasat	59.27		0.50						
11- Hasat	52.92	317.52							317.52
12- Paketleme	5.85	35.10							35.10
13- Pazara Taşıma	0.50	3.00	0.50	120.17					123.17
14- Döner Sermaye Faizi									89.94
15-Değişken Masraflar Toplamı									1888.78
16-Genel İdare Gideri(15x%3)									56.66
17-Tarla Kirası									146.22
18.Sabit Masraflar Toplamı									202.88
19.Üretim Masrafları Toplamı(15+18)									2091.66
20.Domates Üretim Miktarı (Kg/Da)									3844.56
21.1 Kg Domates Maliyeti (19/20)									0.54

4. Sonuçlar

İncelenen işletmelerde baraj yapımının tarımsal sulamanın kullanımının etkinliğini arttırmasının yanı sıra üreticilerin üretim deseninde de değişikliği gittiği tespit edilmiştir. Araştırma bölgesi olarak belirlenen Ankara ili Ayaş ilçesinde yoğun olarak domates üretimi yapılmaktadır. Araştırma sonuçlarına göre üreticilerin, baraj sonrasında domates ekim alanlarında küçülmeye giderek, yem bitkileri ekim alanlarının arttığı belirlenmiştir. Bu durumun sebebi olarak, domates üretiminde verimin yeterli seviye de olmaması ve ürün satışı konusunda yaşanan sıkıntılar olarak belirtilebilir. İncelenen işletmelerde baraj sonrasında çiftlik gübresi, kimyasal gübre ve zirai ilaç kullanımının arttığı tespit edilmiştir. Domates maliyetleri 1 ve 2. gruplar için ayrı ayrı hesaplanmış olup sırasıyla 0.54 TL/Kg ve 0.50 TL/kg'dır. Özellikle, fiğ ve yonca ekim alanlarının artması hayvancılığa bir yönelimin olduğunu işaret etmekte olup, sığır, koyun ve keçi sayısında önemli artışların olduğu dikkat çekmektedir.

Tarımda sulama etkinliğinin artırılması ile üreticilerin üretim deseninde değişikliğe gittiği tespit edilmiştir. Üreticilerin baraj sonrasında, hem ekim alanlarında yem bitkilerine yönelimi, hem de işletmelerdeki hayvan sayılarındaki artış göz önüne alındığında, hayvancılığa yönelim olduğu belirtilebilir. Baraj öncesinde üreticilerin büyük bir çoğunluğu salma sulama sistemini kullanırken, baraj sonrasında damla sulama sistemine geçildiği gözlenmiştir. Yani, üreticiler, sulamadan daha etkin bir şekilde yararlanmaya başlamıştır. Baraj sonrasında, şehirde yaşayan

hanehalkında artış gözlenmiştir. Ayaş ilçesinin Ankara'ya yakınlığı burada önemli bir faktör olmuştur.

Ayaş ilçesinin eğitim, nüfus ve Ankara iline yakınlığı gibi güçlü yönleri bir arada değerlendirildiğinde, sulamanın katkısı ayrıca etkin ve verimli damla sulama yöntemlerinin kullanılması sayesinde, üretim deseni ihtiyaçlara binaen çeşitlendirilip yörenin istihdam ve tarımsal geliri artırılabilir. Ayaş ilçesinin turizm alt yapısı da mevcut olduğundan, yöreye ait bitkisel ve hayvansal ürünlerin satışı ile kalkınma hızlandırılabilir.

Çizelge 9. İncelenen işletmelerde 2. gruptaki işletmelerin domates üretim maliyeti

Üretim İşlemleri	Kullanılan iş gücü ve çeki gücü				Kullanılan Ekipman	Kullanılan materyal			Toplam Masraf Tutarı (TL)
	İş gücü		Çeki gücü			Cinsi	Miktar (kg)	Tutar (TL)	
	Saat	Tutar (TL)	Saat	Tutar (TL)					
1.Toprak Hazırlığı ve Ekim	8.01		0.35						
2-Birincisürüm	0.38	2.30	0.21	16.36					18.66
3-İkinci Sürüm	0.23	1.35	0.14	10.80					12.15
4-Ekim+Dikim +Gübreleme	7.40	44.43			El ile	Fide (Adet)	1810.71	672.62	836.33
						Hayvan Gübresi	2505.00	119.29	
5.Bakım İşleri	44.05		0.27						
6- Gübreleme	0.40	2.38	0.16	5.87		Kimyasal Gübre	43.53	64.42	72.67
7-Çapalama	10.48	62.86							62.86
8-Sulama	33.05	198.29				Sulama Fiyatı		72.86	271.14
9-İlaçlama	0.13	0.81	0.11	3.83		Zirai İlaç	0.26	17.57	22.21
10.Hasat	56.08		0.50						
11- Hasat	50.24	301.43							301.43
12- Paketleme	5.35	32.07							32.07
13- Pazara Taşıma	0.50	3.00	0.50	120.17					123.17
14- Döner Sermaye Faizi									87.63
15-Değişken Masraflar Toplamı									1840.32
16-Genel İdare Gideri(15x%3)									55.21
17-Tarla Kirası									161.43
18.Sabit Masraflar Toplamı									216.64
19.Üretim Masrafları Toplamı(15+18)									2056.96
20.Domates Üretim Miktarı (Kg/Da)									4142.86
21.1 Kg Domates Maliyeti (19/20)									0.50

Teşekkür

Bu çalışma, Ankara Üniversitesi BAP tarafından desteklenmiş ve tamamlanmış bir projedir.

Kaynaklar

Ankaraka, 2015. Ankara kalkınma ajansı, http://www.ankaraka.org.tr (Erişim tarihi: 11 Haziran 2018).

Balaban, A., Ayyıldız, M., 1970. Orta anadolu sulamalarında tarla sulama sandımanı üzerinde bir araştırma. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.

Büyükcangaz, H., 2003. Sulama projelerinin çevresel etki değerlendirmesi (çed) ve Bursa-Mustafa Kemal paşa sulama projesi örneği. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 6: 108-116.

Çakmak, B., 1994. Konya-çumra sulamasında su dağıtım ve kullanım etkinliği. Doktora Tezi (Yayınlanmamış). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 120s, Ankara.

Çakmak, B., Polat, H.E., Kendirli, B., Gökalp, Z., 2009. Evaluation of Irrigation Performance of Asartepe Irrigation Association: A Case Study From Turkey. Akdeniz Üniv.Ziraat Fakültesi Dergisi, 22(1): 1-8.

Demir, O., Demir, N., Tekin, M., Yalçın, Z., 2014. Erzurum daphan ovası sulama yatırımının tarımsal üretim üzerine etkileri. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 2(2): 97–103.

Demirci, F., Erdoğan, C., Tatlıdil, F., 2005. Ankara ili ayaş ve nallıhan ilçelerinde domates üretim alanlarında zirai mücadele uygulamaları. Tarım Bilimleri Dergisi, 11: 422-427.

Doak, M., Parminter, I., Horgan, G., Monk, R., Elliot, G., 2004.The economic value of irrigation in new zealand. MAF Tech. Pap. No: 04/01.ISBN No: 0-478-07798-X.

Erkoyuncu, C. 2008. Ankara ili beypazarı ilçesinde organik ve geleneksel olarak yapılan domates yetiştiriciliğinin karşılaştırmalı ekonomik analizi. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 114s, Ankara.

Kaltu, S., Güneş, E., 2010. Mısırda (zea mays L.) farklı sulama sistemlerinin verim ve gelir üzerine etkisi. Tarım Bilimleri Dergisi, 3: 27-31.

Koç, A., Güner, Ü., 2005. Reassessment of existing irrigation projects with fao criteria: tavas plain example. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü Dergisi, 9: 93-106.

Mudima, K., 2002. Socio-economic impact of small holder irrigation development in zimbabwe: A case study of five successful irrigation schemes. Private Irrigation in sub-Saharan Africa.

Özkay, F., Taş, İ., Çelik, A., 2008. Sulama projelerinin çevresel etkileri. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, Cilt 2, 501-508, 20-22 Mart, Ankara.

Saunders, C., Saunders, J., 2012. The economic value of potential irrigation in Canterbury. Lincoln University.

Sönmez, M.E., 2011. Barajların mekan üzerindeki olumsuz etkileri ve Türkiye'den örnekler. Gaziantep University Journal of Social Sciences, 11.

Tatlıdil, F., Kıral, T., Güneş, E., Demir, K., Gündoğmuş, E., Fidan, H., Demirci, F., Erdoğan, C., Aktürk, D., 2003. Ankara ili'nde domateste hasat öncesi ve hasat sırasında oluşan ürün kayıplarının ekonomik analizi. Proje no:TARP-2387. Ankara.

Topak, R., 1996. Konya çumra ovasındaki yağmurlama sulamalarında uygulama sorunları. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 33s, Konya.

Yamane, T., 2001. Temel örnekleme yöntemleri, İkinci Baskı, Literatür Yayınları, 528 s, İstanbul.

Yıldırım, A., 2006. Karakaya barajı ve doğal çevre etkileri. Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi, 6: 32-39.

Yurteri, Y.D., 2011. Konya-kadınhanı-kolukısa kasabası sulama kooperatifi çiftçilerinin sulama işletmeciliği sorunları ve çözüm önerileri. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 47s, Konya.

Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi
Anadolu Journal of Agricultural Sciences
http://dergipark.gov.tr/omuanajas

Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 34 (2019)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/omuanajas.461289

Mekanize fındık hasadı ile toplanan fındığın yatay hava tünelinde taş ve topraktan temizlenme olanaklarının incelenmesi

Kübra Meriç Kalın[a]*, Mehmet Arif Beyhan[a]

[a]*OMÜ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Samsun*
*Sorumlu yazar/corresponding author: meric.kalin@hotmail.com

Geliş/Received 19/09/2018 Kabul/Accepted 04/04/2019

ÖZET

Bu çalışmada, mekanize fındık hasadı sırasında yerden toplanan materyal karışımından, taş-toprağın yatay hava tüneli kullanılarak temizlenme olanakları ve gerekli sistem parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Denemeler, iki farklı karışım oranında (% 6 taş, % 6 toprak ve % 88 oranında tane fındık, tekli, ikili, üçlü çotanak ve zuruflu fındık (A) ve % 10 taş, % 10 toprak ve % 80 oranında tane fındık, tekli, ikili, üçlü çotanak ve zuruflu fındık (B) , dört farklı besleme miktarında (500, 750, 1000 ve 1250 kgh^{-1}) ve beş farklı hava hızında (25, 30, 35, 40 ve 45 ms^{-1}) gerçekleştirilmiştir. Denemeler sonucunda A ve B karışımları için en yüksek temizleme etkinliği değerleri sırasıyla 25-30 ms^{-1} hava hızlarında ve 30-40 cm ürün dökülme mesafelerinde elde edilmiştir. A karışımında taş ve toprak temizleme etkinlikleri sırasıyla % 91 ve % 89 olurken, B karışımında % 89 ve % 84 olarak elde edilmiştir. Aynı parametreler için kayıp fındık oranları A karışımında % 10 B karışımında ise % 9 olmuştur.

Anahtar Sözcükler:
Yatay hava tüneli
Seperasyon
Fındık hasadı
Taneli ürün
Temizleme etkinliği

Examination of the possibility of separation of the hazelnut collected by mechanized hazelnut harvest from stone and soil in horizontal air tunnel

ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine the possibilities of cleaning and the necessary system parameters by using horizontal air tunnel of stone-soil from the material mixture collected from the ground during hazelnut harvesting. The experiments were carried, in two different mixing ratios (6 % stone, 6 % soil and 88 % seed hazelnut, single, double, triple hazelnut and husk (A) and 10 % stone, 10% soil and 80% seed hazelnut, single, double, triple hazelnut and husk, at four different feed rates (500, 750, 1000 and 1250 kg h^{-1}) and five different air velocities (25, 30, 35, 40 and 45 ms^{-1}). As a result, the highest cleaning efficiency values for mixtures A and B were obtained at air velocities of 25-30 m s^{-1} and 30-40 cm product spill distances, respectively. While the stone and soil clearing efficiencies in A mixture were 91 % and 89 %, B mixture were 89% and 84%, respectively. For the same parameters, the loss hazelnut ratios were 9 % in mixture A and 10 % mixture B.

Keywords:
Wind tunnel
Separation
Hazelnut harvest
Granular product
Separation efficiency

© OMU ANAJAS 2019

1. Giriş

Fındık, dünyada, bademden sonra yetiştiriciliği en yaygın yapılan sert kabuklu meyve çeşididir. Ülkemiz yaklaşık 701 bin hektar fındık üretim alanıyla dünyada lider konumdadır. Ülkemizin fındık ihracatındaki payı yaklaşık 505 bin ton olup dünya fındık ihracatının yaklaşık % 72'sini gerçekleştirmektedir. Yıllık kabuklu fındık üretim miktarı yaklaşık 525 bin tondur (FAO, 2014). Fındığın tarıma dayalı sanayiye hammadde sağlaması, hammadde, yarı mamul, mamul üretimi ve ticareti aşamalarında istihdam ve katma değer katması, en önemli ihraç ürünlerinden biri olması ülke ekonomisindeki önemini ortaya koymaktadır (Bozoğlu, 1999) . Türkiye'de yetiştirilen fındık çeşitleri, genellikle meyveyi sıkıca saran uzun zuruflara sahiptir. Bu nedenle, olgun meyveler kendiliğinden zuruftan ayrılmamakta ve çotanaklar halinde dökülmektedir. Daldan ve yerden çotanaklar halinde toplanan fındıklar açık havada kurutulduktan sonra zuruf soyma işlemine tabi tutulmaktadır. Fındık hasadının, fındığın toplanması ve zurufların soyulması işlemlerini kapsadığı dikkate alındığında zuruf soyma makinalarının elle toplanmış fındığa göre tasarlanmış olması ve mekanik olarak toplanan fındıkların muhtemel çerçöp içermesi nedeniyle zuruf soyma makinalarının performansını

etkilemektedir. Son yıllarda yerel imalatçılar tarafından sınırlı sayıda da olsa mekanik ve pnömatik toplama üniteli fındık hasat makinaları imal edilmekte ve bu makinalarla toplanan fındık taş, toprak vb. yabancı materyal içerdiğinden fındığın temizlenmesi ayrı bir iş olarak karşımıza çıkmaktadır.

Beyhan (1992), Türkiye koşullarına uygun bir aspirasyonlu fındık hasat makinası tasarımı ve imalatını yaptığı çalışmasında, makinayla çalışmada ayırıcıda toprağın ayrılamadığını ve kuru otun ayrılma yüzdesinin ise düşük olduğunu saptamıştır. Bu durumun, ot parçalarının zuruflu fındıklara takılarak çökmesinden kaynaklandığını belirtmiştir. Kuru koşullarda ayırıcının toplam ayırma etkinliğini % 35.36 olarak tespit etmiş, toprak olmaksızın diğer hafif materyaller için ayırma etkinliğinin % 60.55 oranında gerçekleştiğini, yağışlı koşullarda ise toplam ayırma etkinliğinin % 25'e, toprak dikkate alınmadığında diğer hafif materyallerin ayırma etkinliğinin ise % 35.60'a düştüğünü bildirmiştir. Ayrıca, zeminden toplanan yabancı materyallerin büyük bölümünü ise toprağın oluşturduğunu tespit etmiştir.

Yine, Sauk (2016), Türkiye'de düz ve düze yakın arazilerde yetiştirilen fındığın mekanik hasat olanaklarını incelediği çalışmasında, prototip imalatı yapılan mekanik etkili toplama üniteli fındık toplama makinasının, farklı bahçe verimi koşullarında alan iş başarısının 0.158-0.102 hah^{-1} ve ürün iş başarısının 124.83-1322.08 kgh^{-1}, yabancı materyal ayıklama etkinliğinin % 96.61-95.62 olduğunu belirlemiştir. Toplanan yabancı materyallerin % 68.60'ının toprak ve dal parçasından oluştuğunu tespit etmiştir.

Sarig ve ark. (1974), meyvelerin ve yabancı materyallerin aerodinamik özelliklerindeki farklılıktan yararlanılarak, namlu hazırlığı sırasında yapraklar ve diğer yabancı materyalleri uzaklaştıracak sistemler üzerinde yaptıkları çalışmalarında, 9.15 ms^{-1}'lik (materyal akışına göre ters yönlü) bir hava hızı ile önemli miktarda yaprağın uzaklaştırıldığını, iyi hazırlanmış zemin koşullarında süpürücüden süpürme etkinliğinin % 99 olduğunu saptamışlardır.

Simonyan ve Yiljep (2008), sorgumda harman sonrası tane dağılımını ve temizleme etkinliğini belirlemek amacıyla sabit harman makinası geliştirmişlerdir. Temizleme kayıplarının, besleme hızı ve hava hızının artması ile arttığını ve en yüksek harmanlama etkinliğinin % 99.85 olduğunu bildirmişlerdir. Hava hızındaki artışla kayıp oranında artma meydana geldiğini ve farklı besleme miktarlarında % 54'e kadar kayıp ürün olduğunu tespit etmişlerdir.

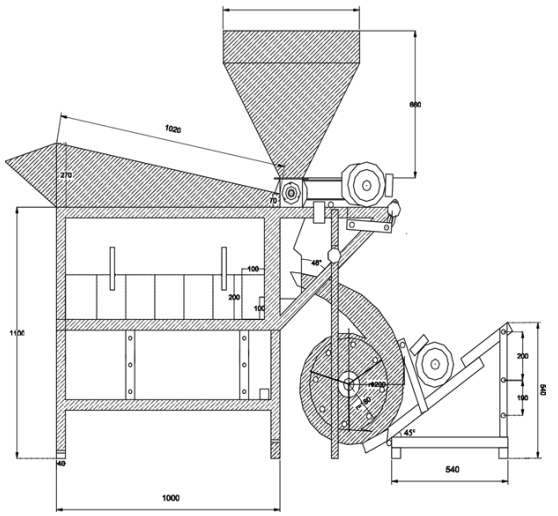
Bu çalışmada, makine ile hasat edilen fındığın yabancı materyallerden temizlenmesi için yatay hava tüneli kullanılmış, bu sisteme ait işletme parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Denemeler Yomra cinsi fındık kullanılarak Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü atölyesinde yürütülmüştür. Fındıkların nem içeriği hasat zamanındaki nem içeriği baz alınarak % 25 olarak ayarlanmıştır.

Çalışma için tasarlanıp imalatı yaptırılan yatay hava tüneli, besleme ünitesi, temizleme ünitesi ve vantilatör olmak üzere üç ana üniteden oluşmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Yatay hava tüneli

Besleme ünitesinin materyal giriş açıklığı 600x600 mm, materyal çıkış açıklığı 100x200 mm ve yüksekliği 550 mm'dir. Materyalin çıkış ağzı, besleme esnasında oluşabilecek tıkanmaları önlemek ve tekdüze bir akış sağlamak amacıyla hücreli boşaltıcı ile desteklenmiştir. Besleme ünitesine işlevini kazandıran hücreli boşaltıcı hareketini kademeli zincir dişliden almakta olup, güç kaynağı olarak 0.75 kW redüktörlü trifaze elektirik motoru kullanılmıştır.

Temizleme ünitesi, 100x200 mm ölçülerinde 7 adet eş ürün dökülme kabından oluşmakta olup, besleme ünitesinden temizleme ünitesine iletilen materyale kolayca ulaşabilmesi için yan tarafına çıkarılıp takılabilen bir kapak ilave edilmiştir. Vantilatörün, temizleme ünitesine ilettiği havanın ünite içerisinde türbülans oluşturmaması için, ünitenin üst kısmı materyalin üniteyi terk ettiği uç noktaya doğru açısı artan sacdan tünelle kapatılmıştır.

Denemelerde kullanılan farklı hava hızlarını elde etmek için vantilatörün devir sayıları, giriş gerilimi 380-480 V ± % 10, 50-60 Hz ± % 5 olan frekans dönüştürücü kullanılarak değiştirilmiştir. Devir sayısının kabaca ayarı el ile hassas ayarı ise frekans dönüştürücü ile yapılmıştır. Vantilatörün yatay hava tüneli ile açısı 45º ve yatay hava tünelinin yerden yüksekliği 10 cm'dir.

Bitkisel materyalin ağırlıklarını ölçmek için 6100 g kapasiteli ve 0.01 g hassasiyetli dijital terazi kullanılmıştır. Vantilatörden istenilen hızların tespiti için dijital göstergeli anemometre kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

Denemeler beş farklı hava hızında (25-30-35-40-45 ms^{-1}), dört farklı besleme miktarında (500-750-1000-1250 kgh^{-1}) ve 2 farklı materyal karışımında (A, % 6'lık materyal karışımı, B, % 10'luk materyal karışımı) 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Besleme ünitesinin kapasitesi 7 kg olup, A karışımı % 6 taş (420 g), % 6 toprak (420 g), % 88 tane fındık, tekli, ikili, üçlü çotanak ve boş zuruf (6160 g) ve B karışımı, % 8 taş (700 g), % 8 toprak (700 g), % 84 tane fındık, tekli, ikili, üçlü çotanak ve boş zuruf (5600 g) şeklindedir.
Taş ve toprak temizleme etkinliğini ve kayıp fındık oranını belirleyebilmek için ünitenin her bir dökülme kutusuna düşen taş, toprak ve fındık ayrı ayrı tartılmış ve aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmıştır (Eşitlik 1).

$$TE = \frac{G_0}{G_1}\ x\ 100 \qquad (1)$$

Burada;
TE: temizleme etkinliği (%),
G_0: her bir ürün dökülme kutusundaki taş ve toprak ağırlığı (g)
G_1: Besleme ünitesinde bulunan toplam taş ve toprak ağırlığı (g)

Fındık kayıp oranı, tane fındık esas alınarak benzer şekilde aşağıda verilen eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır (Eşitlik 2).

$$FKO = \frac{G_i}{G_w}\ x\ 100 \qquad (2)$$

Burada;
FKO: tane fındık kayıp oranı (%)
G_i: her bir ürün dökülme kutusunda bulunan tane fındık ağırlığı (g)
G_w: besleme ünitesinde bulunan toplam tane fındık ağırlığı (g)

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. A karışımı için hava hızı ve ürün dökülme mesafesine bağlı taş ve toprak temizleme etkinliği ve fındık kayıp oranı değişimleri

Yatay hava tünelinde, materyallerin farklı aerodinamik özelliklerinden faydalanarak, fındık, taş ve toprak karışımından taş ve toprağın temizlenmesi amacıyla yapılan denemelerde hava hızı ve ürün dökülme mesafesinin interaktif etkilerinin, temizlenme etkinliğine etkisinin çok önemli düzeyde olduğu belirlenmiştir (P<0.01). A karışımı için, tüm besleme miktarları, hava hızları ve ürün dökülme mesafelerinde elde edilen taş temizleme etkinliği değerleri Şekil 2'de, toprak temizleme etkinliği değerleri Şekil 3'te ve fındık kayıp oranı değerleri şekil 4'de verilmiştir. Şekil 2'de görüldüğü gibi, taş temizleme etkinliği, düşük ürün dökülme mesafelerinde, hava hızındaki artışla önemli düzeyde azalırken, ürün dökülme mesafesi arttıkça hava hızındaki artışın, taş temizleme etkinliği üzerindeki etkisi önemli düzeyde azalmıştır (P<0.01). A karışımı için tüm besleme miktarlarında elde edilen taş temizleme etkinliği değerlerinin, hava hızı ve ürün dökülme mesafesine bağlı olarak değişimi [hava hızı (v, ms^{-1}) ve ürün dökülme mesafesine (m, cm) bağlı olarak, taş temizleme etkinliği (TEtaş, %) için geliştirilen eşitlikler sırasıyla*;*

500 kgh^{-1}, *TEtaş= 0.5264 + 0.00385(v.m)–0.00042 (v^2), R^2=0.86, P<0.01, n=40, standart hata katsayıları sırasıyla, 0.089**, 0.0003**, 6.62x10^{-5**},*

750 kgh^{-1} , *TEtaş= 0.298934 + 0.00776 (v.m) – 0.00028 (v^2) - 0.001(v^2m), R^2=0.97, P<0.01, n=40, standart hata katsayıları sırasıyla, 0.1321**, 0.00154**, 9.68x10^{-5**}, 4.02x10^{-5*},*

1000 kgh^{-1} , *TEtaş= 0.3239032 + 0.007713 (v.m) – 0.0033 (v^2) - 0.0001 (v^2m), R^2=0.92, P<0.01, n=40, standart hata katsayıları sırasıyla, 0.144**,0.0016**, 0.0001, 4.10x10^{-5*},*

1250 kgh^{-1}, . *TEtaş= 0.917341 - 0.00072 (v^2) – 0.0000954 (v^2 .m) , R^2=0.87 , P<0.01, n=40, standart hata katsayıları sırasıyla, 0.083**, 7.5x10^{-5**}, 9.68x10^{-6**}, (**:P<0.01, *:P<0.05)]*

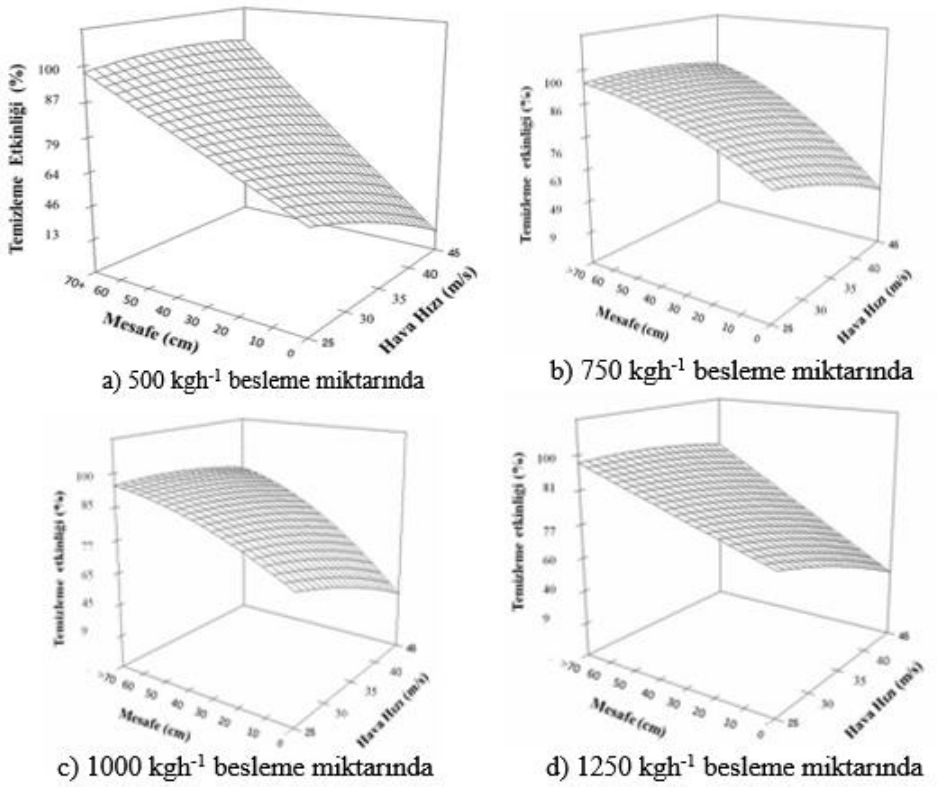
Toprak temizleme etkinliğinin incelendiği Şekil 3'te görüldüğü gibi, yakın ürün dökülme mesafelerinde, hava hızındaki artış toprak temizleme etkinliğini azaltırken, besleme miktarının da artması ile toprak temizleme miktarındaki azalış belirgin olarak artmıştır. Hava hızındaki artış, toprak temizleme etkinliğini uzak ürün dökülme mesafelerinde önemli düzeyde azaltmıştır. Şekil 3'te görülen, A karışımı için tüm besleme miktarlarında elde edilen toprak temizleme etkinliği değerlerinin, hava hızı ve ürün dökülme mesafesine bağlı olarak değişimi [hava hızı (v, ms^{-1}) ve ürün dökülme mesafesine (m, cm) bağlı olarak, taş temizleme etkinliği (TE_{toprak}, %) için geliştirilen eşitlikler sırasıyla;

500 kgh^{-1} *, TEtoprak= 0.5944+0.00038 (v.m)–0.00057 (v^2), R^2=0.90, P<0.01, n=40, standart hata katsayıları sırasıyla, 0.081**, 0.00034**, 6.04x10^{-5**},*

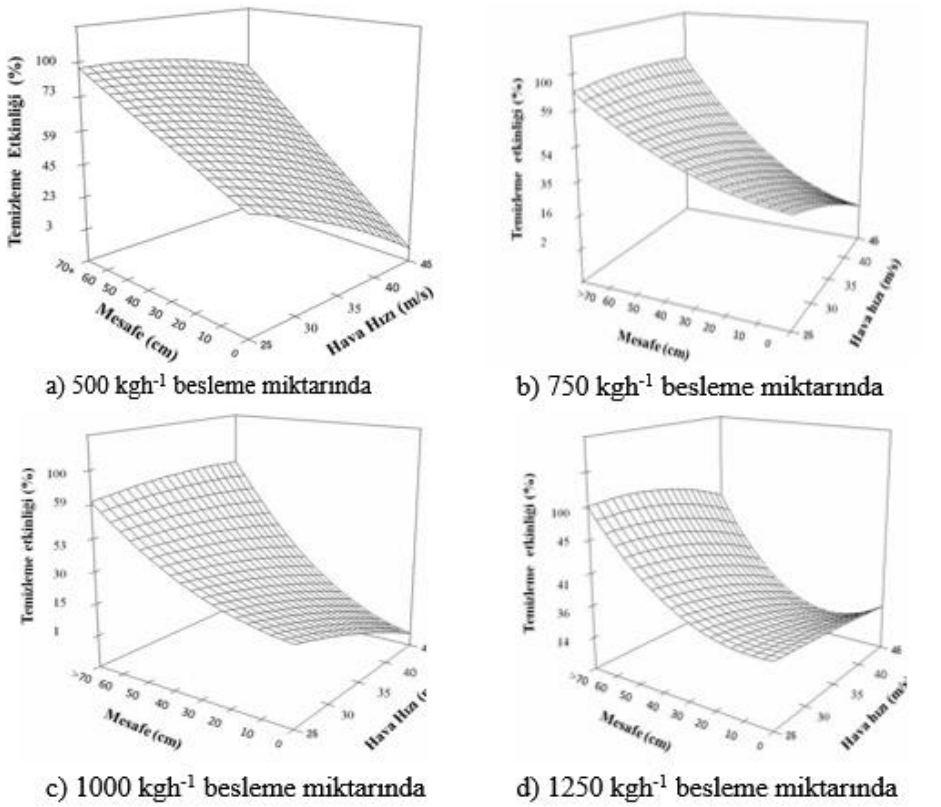
750 kgh^{-1} *, TEtoprak= 0.41616 + 0.03579 (v.m) – 0.00046 (v^2), R^2=0.90, P<0.01, n=40, standart hata katsayıları sırasıyla, 0.0708**, 0.00029**, 5.25x10^{-5**},*

1000 kgh^{-1} *, TEtoprak= 0.001147 (v^2.m) + 0.00002 (v^2 .m^2), R^2=0.90, P<0.01, n=40, standart hata katsayıları sırasıyla, 9.47x10^{-5**}, 2.47x10^{-5**},*

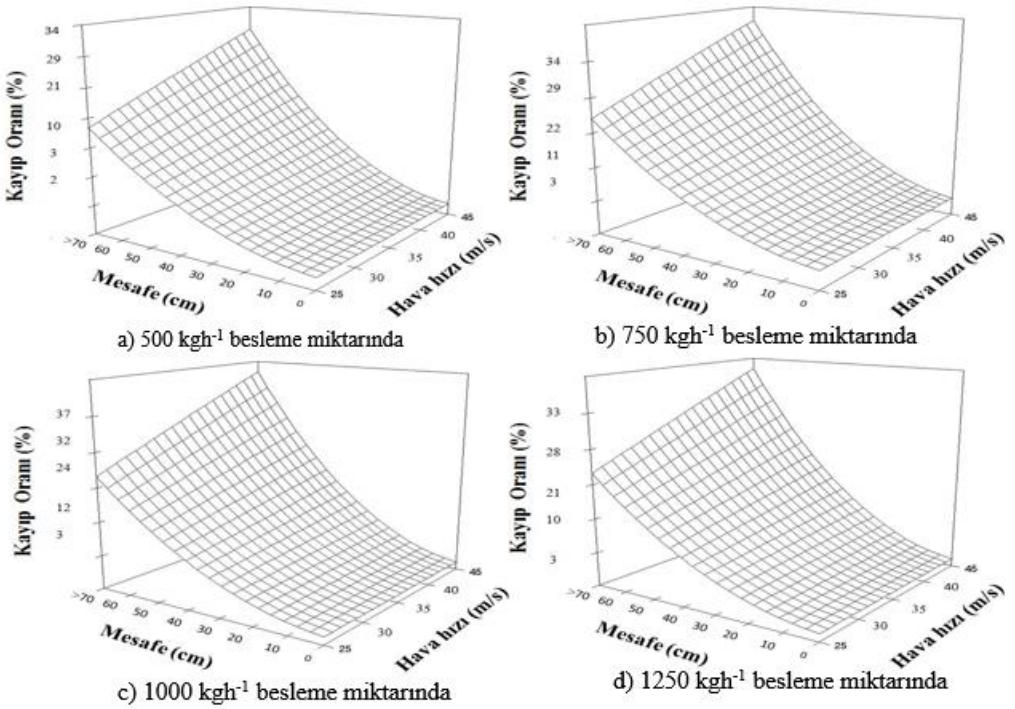
1250 kgh^{-1} *, TEtoprak= 0.008311 (v.m) - 0.00016 (v^2) – 0.00013(v^2 .m), R^2=0.94, P<0.01, n=40, standart hata katsayıları sırasıyla, 0.00078** , 3.93x10^{-5**}, 2.15x10^{-6**}, (**:P<0.01, *:P<0.05)]* olmuştur.



Şekil 2. A karışımı için tüm besleme miktarlarında elde edilen taş temizleme etkinliğinin, hava hızı ve ürün dökülme mesafesine bağlı olarak değişimi



Şekil 3. A karışımı için tüm besleme miktarlarında elde edilen toprak temizleme etkinliğinin, hava hızı ve ürün dökülme mesafesine bağlı olarak değişimi



Şekil 4. A karışımı için tüm besleme miktarlarında elde edilen fındık kayıp oranının, hızı ve ürün dökülme mesafesine bağlı olarak değişimi

Şekil 4'de fındık kayıp oranı değerleri görülmektedir. Buna göre, tüm faktörlerdeki değişimler için fındık kayıp oranı değerlerinin benzer olduğu görülmüştür. Hava hızındaki artış, düşük ürün dökülme mesafelerinde fındık kayıp oranında belirgin bir fark yaratmazken, uzak ürün dökülme mesafelerinde hava hızının artması fındık kayıp oranını çok önemli düzeyde arttırmıştır. Şekil 4'te görülen A karışımı için tüm besleme miktarlarında elde edilen fındık kayıp oranı değerlerinin, hava hızı ve ürün dökülme mesafesine bağlı olarak değişimi [hava hızı (v, ms^{-1}) ve ürün dökülme mesafesine (m, cm) bağlı olarak, taş temizleme etkinliği (FKO, %) için geliştirilen eşitlikler sırasıyla

500 kgh^{-1} , *FKO= 0.172984+0.000852*(m^2.v)-0.00011*(v^2.m) R^2=0.91, P<0.01, n=40, standart hata katsayıları sırasıyla, 0.031**,4.92x10^{-5**} , 9.91x10^{-6**} ,*

750 kgh^{-1} , *FKO= 0.08168937 + 0.00031853 (m^2.v) - 0.000004528 (v^2.m), R^2=0.81, P<0.01, n=40, standart hata katsayıları sırasıyla, 0.013, 2.76x10^{-5**} , 4.90x10^{-5**}*

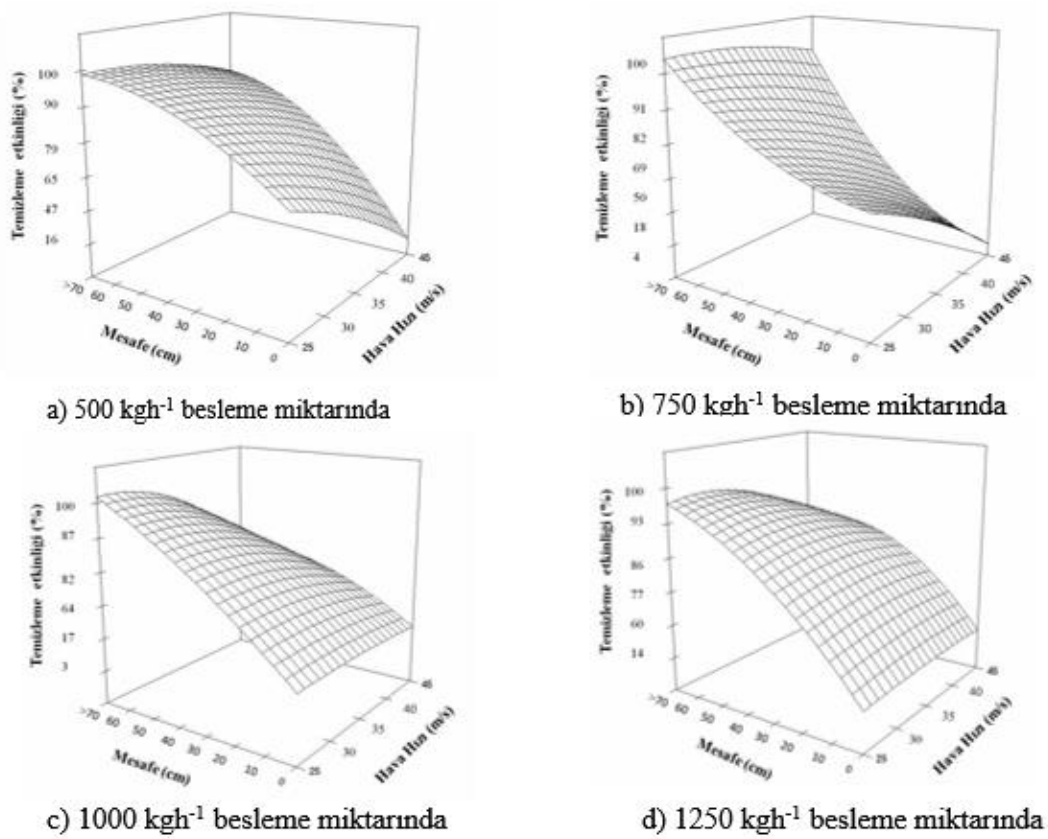
1000 kgh^{-1} , *FKO= 0.06056131 + 0.00068101 (m^2.v) - 0.00000820 (v^2.m), R^2=0.78, P<0.01, n=40, standart hata katsayıları sırasıyla, 0.044 , 7.01x10^{-5**} , 1.41x10^{-5**} ,*

1250 kgh^{-1} , *FKO= 0.06385818 + 0.00068909(m^2.v) - 0.00000681 (v2.m) , R^2=0.92, P<0.01, n=40, standart hata katsayıları sırasıyla, 0.047, 7.50x10^{-5**}, 1.51x10^{-5**}'dir. (**:P<0.01,*:P<0.05)]*

3.2. B karışımı için hava hızı ve ürün dökülme mesafesine bağlı taş ve toprak temizleme etkinliği ve fındık kayıp oranı değişimleri

Yatay hava tünelinde, materyallerin farklı aerodinamik özelliklerinden faydalanarak, fındık, taş ve toprak karışımından taş ve toprağın temizlenmesi amacıyla yapılan denemelerde hava hızı ve ürün dökülme mesafesinin interaktif etkilerinin, temizlenme etkinliğine etkisinin çok önemli düzeyde olduğu belirlenmiştir (P<0.01). Tüm besleme miktarları, hava hızları ve ürün dökülme mesafelerinde elde edilen taş temizleme etkinliği değerleri Şekil 5'te, toprak temizleme etkinliği değerleri Şekil 6'da ve fındık kayıp oranı değerleri şekil 7'de verilmiştir.

Şekil 5'te görüldüğü gibi, B karışımı için taş temizleme etkinliği değerleri incelendiğinde, hava hızındaki artış, 500-750 kgh^{-1} besleme miktarlarında, düşük ürün dökülme mesafelerinde taş temizleme etkinliğini çok önemli düzeyde azaltırken, 1000-1250 kgh^{-1} besleme miktarlarında taş temizleme etkinliği, dökülme mesafesi arttıkça hava hızındaki artışla önemli düzeyde azalmıştır. Şekil 5'te görülen B karışımı için tüm besleme miktarlarında elde edilen taş temizleme etkinliği değerlerinin, hava hızı ve ürün dökülme mesafesine bağlı olarak değişimi [hava hızı (v, ms^{-1}) ve ürün dökülme mesafesine (m, cm) bağlı olarak, taş temizleme etkinliği ($TE_{taş}$, %) için geliştirilen eşitlikler sırasıyla;



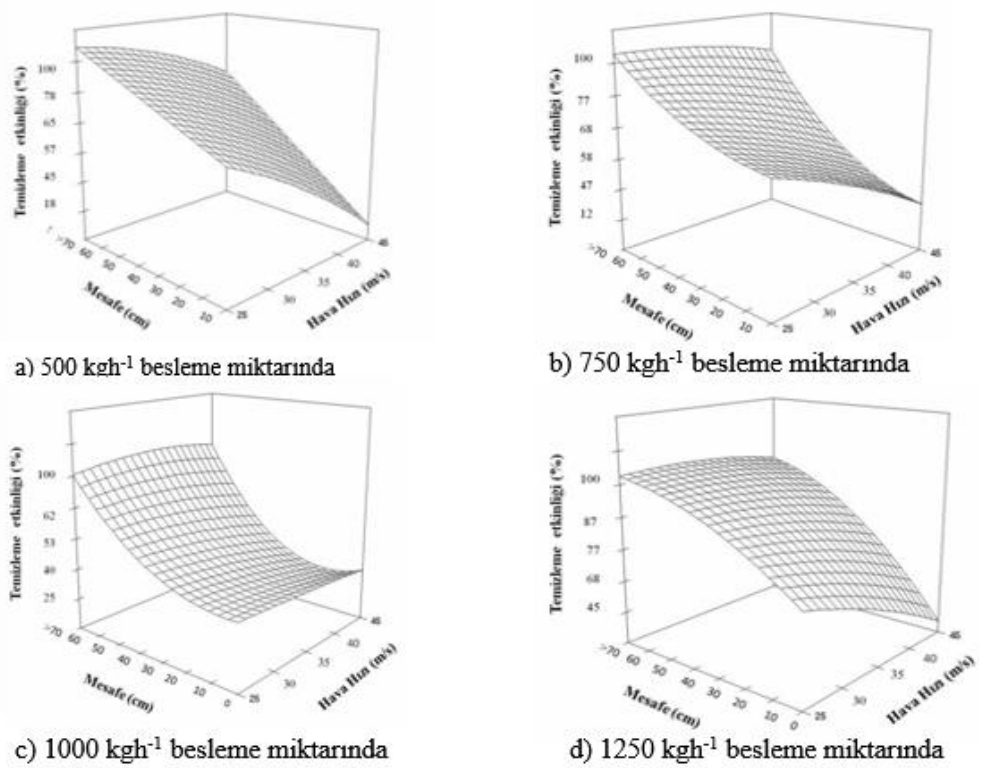
a) 500 kgh^{-1} besleme miktarında

b) 750 kgh^{-1} besleme miktarında

c) 1000 kgh^{-1} besleme miktarında

d) 1250 kgh^{-1} besleme miktarında

Şekil 5. B karışımı için tüm besleme miktarlarında elde edilen taş temizleme etkinliğinin hızı ve ürün dökülme mesafesine bağlı olarak değişimi



a) 500 kgh^{-1} besleme miktarında

b) 750 kgh^{-1} besleme miktarında

c) 1000 kgh^{-1} besleme miktarında

d) 1250 kgh^{-1} besleme miktarında

Şekil 6. B karışımı için tüm besleme miktarlarında elde edilen toprak temizleme etkinliğinin hızı ve ürün dökülme mesafesine bağlı olarak değişimi

500 kgh^{-1} *, $TE_{taş}$= 0.018807 (v.m) - 0.00025(v^2) – 0.0187 (m^2) – 0.00027 (v^2 .m), R^2=0.98, P<0.01, n=40, standart hata katsayıları sırasıyla, 0.0014**, 4.72x10^{-5**}, 0.0035**, 2.06x10^{-6*},*

750 kgh^{-1} *, TEtaş= 0.705738 - 0.003844 (v.m) - 0.00054 (v^2), R^2=0.91, P<0.01, n=40, standart hata katsayıları sırasıyla, 0.07076**, 0.00029**, 5.25x10^{-6**},*

1000 kgh^{-1} *, TEtaş= 0.392632 - 0.007946 (v.m) - 0.0034 (v^2) – 0.00011 (v^2 .m), R^2=0.93, P<0.01, n=40, standart hata katsayıları sırasıyla, 0.1404**, 0.0016**, 0.00010, 4.27x10^{-6**},*

1250 kgh^{-1} *, TEtaş= 0.392632 - 0.007946 (v.m) - 0.0034 (v^2) – 0.00011 (v^2 .m), R^2=0.93, P<0.01, n=40, standart hata katsayıları sırasıyla, 0.1404**, 0.0016**, 0.00010, 4.27x10^{-6**}, (**:P<0.01, *:P<0.05)]* olmuştur.

Şekil 6'da görüldüğü gibi en düşük besleme miktarında ve düşük ve yüksek ürün dökülme mesafelerinde, hava hızındaki artış, toprak temizleme etkinliğini çok önemli düzeyde azaltırken, besleme miktarı ve ürün dökülme mesafesi arttıkça, hava hızındaki artışın, toprak temizleme etkinliğine belirgin düzeyde bir etkisi olmamıştır. Şekil 6'da görülen B karışımı için tüm besleme miktarlarında elde edilen toprak temizleme etkinliği değerlerinin, hava hızı ve ürün dökülme mesafesine bağlı olarak değişimi [hava hızı (v, ms^{-1}) ve ürün dökülme mesafesine (m, cm) bağlı olarak, taş temizleme etkinliği (TE_{toprak}, %) için geliştirilen eşitlikler sırasıyla;

500 kgh^{-1} , *TEtoprak= 0.382686 + 0.00013 (v^2.m) + 0.000911(m^2 .v), R^2=0.86, P<0.01, n=40, standart hata katsayıları sırasıyla, 0.0059**, 1.87x10^{-5**}, 9.3x10^{-5**},*

750 kgh^{-1} , *TEtoprak= 0.821624 - 0.0007 (v^2.m) + 0.00008931 (v^2 .m), R^2=0.85, P<0.01, n=40, standart hata katsayıları sırasıyla, 0.0852**, 7.65x10^{-5**}, 9.87x10^{-5**},*

1000 kgh^{-1} , *TEtoprak= 1.05075 - 0.03464 (v) + 0.003488 (v .m), R^2=0.89, P<0.01, n=40, standart hata katsayıları sırasıyla, 0.1290**, 0.0038, 0.00031**,*

1250 kgh^{-1},. *TEtoprak= 1.05075 - 0.03464 (v) + 0.003488 (v .m), R^2=0.89, P<0.01, n=40, standart hata katsayıları sırasıyla, 0.1290**, 0.0038, 0.00031**, (**:P<0.01, *:P<0.05)].*

Yine Şekil 7'de fındık kayıp oranı değerleri görülmektedir. Buna göre, ürün dökülme mesafesi ve hava hızındaki artışa bağlı olarak fındık kayıp oranı önemli düzeyde artmıştır. Şekil 7'de görülen B karışımı için tüm besleme miktarlarında elde edilen fındık kayıp oranı değerlerinin, hava hızı ve ürün dökülme mesafesine bağlı olarak değişimi [hava hızı (v, ms^{-1}) ve ürün dökülme mesafesine (m, cm) bağlı olarak, taş temizleme etkinliği (FKO, %) için geliştirilen eşitlikler sırasıyla;

500 kgh^{-1} , *FKO=0.093473 + 0.00069 (m^2.v) - 0.0000084 (m^2.v) R^2=0.81, P<0.01, n=40, standart hata katsayıları sırasıyla, 0.040**, 6.44x10^{-5**}, 1.3x10^{-5**} ,*

750 kgh^{-1} , *FKO= 0.517661- 0.00038 (v^2) +0.000452 (m^2.v), R^2=0.86, P<0.01, n=40, standart hata katsayıları sırasıyla, 0.066**, 4.87x10^{-5**}, 3.12x10^{-5**} ,*

1000 kgh^{-1} , *FKO=0.091846 + 0.000689 (m^2 .v) - 0.0000082 (v^2.m) , R^2=0.84, P<0.01, n=40, standart hata katsayıları sırasıyla, 0.037**, 5.9x10^{-5**}, 1.19x10^{-5**} ,*

1250 kgh^{-1} , *FKO= 0.09203753 + 0.0006904 (m^2.v) - 0.000008357 (v^2.m) , R^2=0.83, P<0.01, n=40, standart hata katsayıları sırasıyla, 0.038**, 6.11x10^{-5**}, 1.23x10^{-5**}dir. (**:P<0.01,*:P<0.05)]* olmuştur.

B karışımı için tüm besleme miktarları, hava hızları ve ürün dökülme mesafelerinde, taş ve toprak temizleme etkinliğinin maksimum, fındık kayıp oranının minimum olduğu uygulamalar 25-30 ms^{-1} hava hızı ve 30-40 cm ürün dökülme mesafelerinde elde edilmiştir. Bu değerler için taş temizleme etkinliği % 64-% 94 aralığında, toprak temizleme etkinliği % 30-% 100 aralığında ve fındık kayıp oranı % 1-% 19 aralığında elde edilmiştir.

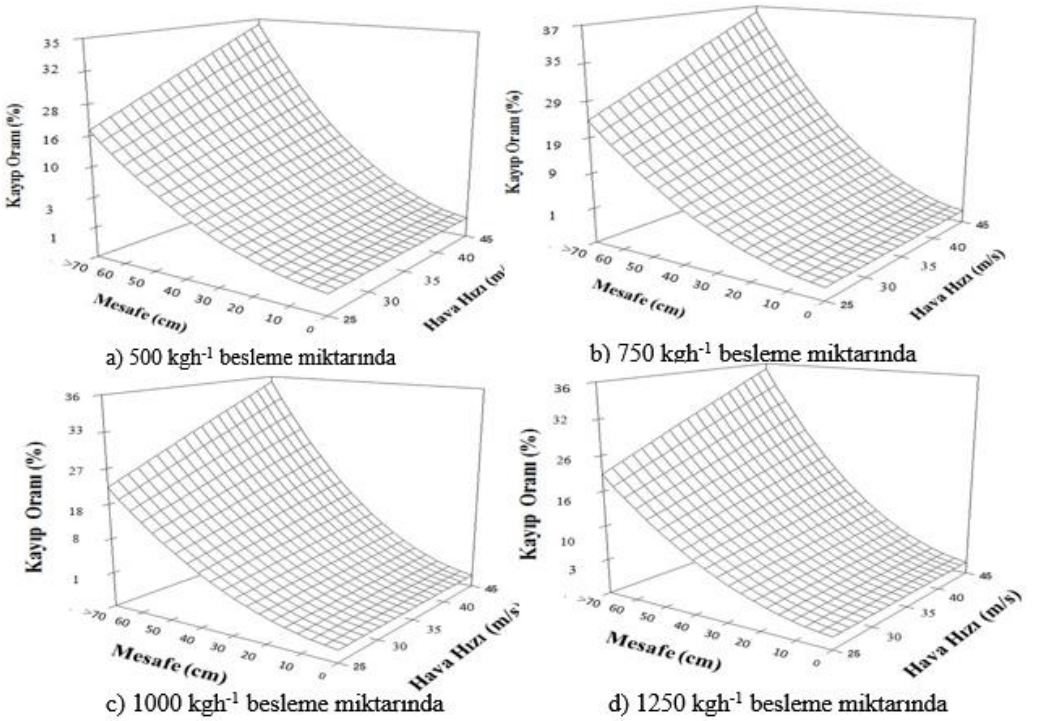
Ayrıca tüm karışım oranı, besleme miktarı ve hava hızlarında tekli, ikili, üçlü çotanaklar ve boş zuruflar ünite dışına sürüklenmiş ve tane fındıktan tamamen temizlenebilmiştir. Toprak parçalarının yüzeylerinin girintili çıkıntılı ve pürüzlü olmasına bağlı olarak aerodinamik sürüklenme katsayısını yüksek olması tüm parametreler için toprak temizleme etkinliğinin taş temizleme etkinliğinden düşük olmasına sebep olmuştur.

4. Sonuç

Yatay hava tüneli kullanılarak yapılan çalışmalarda, işletme parametrelerinden olan ürün dökülme mesafesi ve hava hızı değerlerinin, taş ve toprak temizleme etkinliğine ve fındık kayıp oranına etkisi önemli düzeyde bulunmuştur.

Hasat sırasında yerden toplanan materyal karışımındaki taş ve toprak yoğunluğu kontrol edilemeyeceği için, temizleme etkinliği için hava hızı ve ürün dökülme mesafesi kritik önem taşımaktadır. Buna göre her iki karışım içinde taş ve toprak temizleme etkinliği hava hızının artmasıyla azalmış, ürün dökülme mesafesinin artmasıyla artmıştır. Ürün dökülme mesafesindeki artış taş ve toprak temizleme etkinliğini arttırmakla beraber kayıp fındık oranını da arttırmıştır. Toprak temizleme etkinliği tüm uygulamalar için taş temizleme etkinliğinden düşük bulunmuştur.

Temizleme etkinliğinin arttırılması ve daha düşük hava hızlarında da temizleme sağlanabilmesi için, 40 cm ürün dökülme uzaklığında toplama kaplarında ayrılan materyal karışımının ikinci bir seperasyon düzeneği ile ayrılma olanağı araştırılabilir. Farklı temizleme sistemlerinin de araştırılması uygulama alanında etkili bir sistemin geliştirilebilmesi açısından faydalı olabilecektir.



Şekil 7. B karışımı için tüm besleme miktarlarında elde edilen fındık kayıp oranının hızı ve ürün dökülme mesafesine bağlı olarak değişimi

Kaynaklar

Anonim, 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (Erişim Tarihi: 09.07.2014)

Beyhan, M.A, 1992. Ülkemiz koşullarına uygun aspiratörlü bir fındık hasat makinesi tasarım ve imalatı. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Bozoğlu, M., 1999. Türkiye'de fındık piyasalarını geliştirmeye yönelik alternatif politikalar üzerine bir araştırma. Doktora Tezi (Basılmamış). A. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Ankara.

Sarig. Y., Emek, M., Orny, R., ,1974,. The development of side-delivery pecan sweeper. Transaction of the ASAE, 17 (3): 474-476.

Sauk, H., 2017. Türkiye'de düz ve düze yakın arazilerde yetiştirilen fındığın mekanik hasat olanaklarının incelenmesi. Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 89 s., Samsun.

Simonyan, K. J., Yiljep, Y. D, 2008. Investing grain separation and cleaning efficiency distribution of a conventional stationary rasp-bar sorghum thresher, Agricultural Engineering International; The CIGR Ejournal Manuscript PM 07028. Vol. X, 1- 13.

Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi
Anadolu Journal of Agricultural Sciences
http://dergipark.gov.tr/omuanajas

Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 34 (2019)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/omuanajas.480586

Saf Gerze tavuğu ve Sinop ili köy tavuğu popülasyonlarının sekiz polimorfik mikrosatellit lokusu bakımından karşılaştırılması

Levent Mercan*, Fatih Bilgi, Merve Budak

Ondokuz Mayis University, Agriculture Faculty, Agricultural Biotechnology Department, 55139, Samsun, Turkey.
*Sorumlu yazar/Corresponding author: lmercan@omu.edu.tr

Geliş/Received 08.11.2018 Kabul/Accepted 14.03.2019

ÖZET

Araştırma, Sinop ili Gerze ilçesinde bulunan koruma altındaki saf Gerze tavuğu popülasyonu ve aynı ilde yetiştiriciliği yapılan köy tavuğu popülasyonları arasındaki genetik ilişkinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada yüksek düzeyde polimorfizm gösteren 8 adet mikrosatellit lokusu kullanılmıştır. Çalışmanın hayvan materyalini, Sinop ili Ayancık, Boyabat ve Gerze ilçelerinde bulunan 3 köy tavuğu popülasyonuna ait 60 örnek ve Gerze ilçesinde koruma altında tutulan 20 adet saf Gerze tavuğu oluşturmuştur. Sinop Gerze Köy, Sinop Gerze (Hacıkadı), Sinop Ayancık Köy ve Sinop Boyabat Köy popülasyonlarında beklenen heterozigotluk (H_e) değerleri sırasıyla 0.820, 0.755, 0.795 ve 0.741 olarak hesaplanmıştır. Popülasyon ayrımı yapılmaksızın hesaplanan akrabalı yetiştirme katsayısı (F_{IS}) değerleri LEI0166, MCW0034 ve MCW0069 lokuslarında -0.131, -0.195, -0.137 ve ADL0278, LEI0234, MCW0080, MCW0104, MCW0330 lokuslarında ise sırasıyla 0.178, 0.134, 0.766, 0.508 ve 0.433 olarak bulunmuştur. Temel koordinatlar ve Structure analizi sonuçları saf Gerze (Hacıkadı) popülasyonunun diğer köy popülasyonlarından genetik olarak farklı olduğunu ortaya koymuştur. Araştırmada, halk elinde yetiştiriciliği yapılan Gerze tavuklarının saf olmadığı, bu ırkın korunması için bölgede saf olarak yetiştirilmesinin gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Sözcükler:
Gerze ırkı
Genetik çeşitlilik
Mikrosatellit
Sinop

Comparison of Gerze and village chicken populations in Sinop by eight polymorphic microsatellite loci

ABSTRACT

In this study, we aimed to identify the genetic relation between indigenous Gerze chicken population which is conserved in Gerze district of Sinop province and village chicken populations which are raised in Sinop. We used 8 highly polymorphic microsatellite loci for examinations. Animal materials of this study are total of 60 samples from 3 village chicken populations raised in Ayancık, Boyabat and Gerze districts, and 20 samples from Gerze chicken from the conserved population in Gerze district of Sinop province. Expected heterozygosity (H_e) values in Sinop Gerze Village, Sinop Gerze (Hacıkadı), Sinop Ayancık Village and Sinop Boyabat Village populations were calculated as 0.820, 0.755, 0.795 and 0.741, respectively. F_{IS} values were predicted as -0.131, -0.195, -0.137 in LEI0166, MCW0034 ve MCW0069 loci and 0.178, 0.134, 0.766, 0.508, 0.433 in ADL0278, LEI0234, MCW0080, MCW0104, MCW0330 loci respectively. Principal coordinate and Structure analyses' results showed that Gerze (Hacıkadın) population is genetically different from the other village populations. In the study, it was concluded that the chickens in the Gerze villages are not pure breed. Thus, pure breed raising is necessary to conserve this breed in the region.

Keywords:
Gerze breed
Genetic diversity
Microsatellites
Sinop

© OMU ANAJAS 2019

1. Giriş

Evcilleştirme sürecinde tavuk, doğal ve yapay seleksiyon yoluyla genetik yapısı farklılaşarak büyük oranda değişim geçirmiştir (Romanov ve Weigend, 2001). Evcil tavuğun (*Gallus gallus domesticus*) geçtiğimiz 8000 yıl içerisinde büyük oranda Güneydoğu Asya'da bulunan Kızıl Orman tavuğundan (*Gallus gallus*) ve düşük oranda Güneybatı Hindistan'da bulunan *Gallus sonneratii* ve Sri Lanka'da bulunan *Gallus lafayetii*'den köken aldığı düşünülmektedir. Evcil tavuğun göç ve ticaret yoluyla özellikle Demir Çağı'nda Çin'den Rusya üzerinden kuzey yoluyla ve İndus Vadisi'den Mezopotamya üzerinden güney

yoluyla Avrupa'ya yayıldığı bildirilmiştir (West ve Zhou, 1989; Lyimo ve ark. 2014). Bu durum Anadolu'nun, evcil tavuğun dünyaya açılma kapılarından biri olduğunu ve tavuklardaki mevcut genetik çeşitliliğin kökeni açısından da önemini göstermektedir.

Tavukçulukta uygulanan temel ıslah stratejisi az sayıda ırkın sınırlı sayıda özellik bakımından seleksiyona tabi tutulmasına dayanmaktadır. Bu durum yüksek düzeyde genetik benzerlik gösteren hatların damızlık ebeveynleri olarak kullanılması sonucunu beraberinde getirmiştir (Notter, 1999). Bugün bu tavuk hatları tavukçuluk sektörüne hâkim durumdadır. Gelişmiş ülkelerde genetik ve fenotipik çalışmalar çoğunlukla bu ticari tavuk hatları üzerine yoğunlaşmaktadır.

Ticari tavukçuluğun evrildiği endüstriyel üretim yüksek verime sahip tavuk hatlarının tercih edilmesini gerektirmiştir. Dünyada yetiştiriciliği yapılan genetik kapasiteleri, yemden yararlanma oranları yükseltilmiş ve hızlı gelişim gösteren ticari tavuk hatlarının üretimde kullanılması ticari avantajlar sağlamaktadır. Ancak bu durum ekonomik verim özellikleri bakımından düşük yeteneğe sahip yerel popülasyonlarda azalmaya, hatta yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmasına sebebiyet vermektedir (Granevitze ve ark., 2007; FAO, 2007; Sarıca ve ark., 2014; Abebe ve ark., 2015). Dünya üzerinde orta veya düşük verime sahip olarak karakterize edilmiş, küçük popülasyonlar şeklinde yetiştirilen birçok yerel ırk bulunmaktadır (Romanov ve ark., 1996).

Yetersiz verim özellikleri nedeniyle düşük ticari değere sahip bulunan yerel tavuk ırkları diğer çiftlik hayvanlarına nazaran genetik kaynakların korunması çalışmalarında daha az dikkat çekmektedir (Wilkinson ve ark., 2011). Yerel ırkların genetik durumlarının ortaya çıkarılması, bu özel ve değerli genetik kaynakların bulundukları bölgeye adaptasyonları sürecinde edindikleri özgün allellerin belirlenmesi açısından çok önemlidir. Bu eşsiz allellere sahip yerel ırkların gelecekte karşılaşılabilecek sorunların ve öngörülemeyecek tüketici beklentilerinin karşılanmasında ıslah planlamalarında kullanılmak üzere saklanması zorunluluğu bulunmaktadır (Suh ve ark. 2014; Romanov ve Weigend, 2001; Chatterjee ve ark., 2014).

Tavukçuluk sektörü bütün dünyada tarımsal faaliyetler arasında özel bir yere sahiptir. Ülkemizde tavuk eti tüketimi toplam et tüketiminin yarısından fazlasını oluşturmaktadır. Ülkemiz, sahip olduğu tesisler ve rekoltesi bakımından dünyada sayılı tavuk eti üreticisi ülkeler arasında yer almaktadır (Sarıca ve ark., 2014). Ülkemizde 2017 yılında toplam piliç eti üretim miktarı 2.136.734 ton olarak gerçekleşmiştir (FAO, 2017). Bununla birlikte halen, küçük kümeslerde yapılan köy tavukçuluğu şeklindeki üretim sistemleri düşük yatırım gereksinimi sebebiyle tercih edilmektedir. Yerel köy popülasyonları ticari popülasyonlardan önemli fenotipik farklılıklar göstermesine rağmen genetik yapıları hakkında yeterli bilgi bulunmamaktadır (Mercan ve Okumuş, 2015).

Kuş gribi salgını nedeniyle yapılan itlaf çalışmaları sonucunda yerel genetik kaynaklarda önemli kayıplar meydana gelmiştir. Ülkemiz genetik kaynaklarının en önemlilerinden biri olan Gerze tavuğunda yapılan çalışmalarda kuş gribine karşı dayanıklılık ile ilişkili allellerin varlığı bildirilmektedir (Fadhıl ve Mercan, 2017). Gerze tavuğunun yakın çevresinde yetiştirilen köy tavukları ile olan genetik ilişkilerinin belirlenmesi, olası allel paylaşımlarının tespit edilmesi bölgedeki genetik yayılımının ortaya konulması açısından önemlidir. Genetik markör polimorfizmleri, diğer pek çok çiftlik hayvanında olduğu gibi tavuklarda da genetik çeşitliliğin belirlenmesinde güçlü araçlardır. Tavuklarda genetik çeşitliliğin saptanması için birçok genetik markör tipi kullanılmıştır. Mikrosatellit DNA markörleri; kodominant özellikte olmaları, gösterdikleri yüksek polimorfizm oranı ve tüm genomda bulunmaları nedeniyle genetik çeşitlilik çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Bruford ve Wayne, 1993; Tadano ve ark., 2007; Anmarkrud ve ark., 2008; Wilkinson ve ark., 2011). Saha çalışmaları sırasında çiftçi elindeki ve saf Gerze tavuğu sayısının oldukça az olduğu, yok olma tehlikesiyle karşı karşıya bulunduğu dikkati çekmiştir.

Tüm bu bilgiler doğrultusunda kurgulanan ve tamamlanan bu çalışma, Sinop ilinde bulunan koruma altındaki saf Gerze tavuğu popülasyonu ve Sinop ilinde yetiştiriciliği yapılan köy tavuğu popülasyonları arasındaki genetik ilişkinin 8 polimorfik mikrosatellit markörü kullanılarak ortaya çıkarılmasını amaçlamıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Örnekleme ve DNA izolasyonu

Bu çalışmada kullanılan hayvan materyalini Sinop ili; Ayancık, Boyabat ve Gerze ilçelerinde bulunan köy tavuğu popülasyonlardan 2010 yılında alınan 60 örnek ve Gerze ilçesinde koruma altında bulunan saf Gerze tavuğu popülasyonundan 2014 yılında alınan 20 örnek olmak üzere 80 tavuk oluşturmuştur. Kan örneklerinin DNA izolasyonu Miller ve ark. (1988) bildirdiği tuz çöktürme prensibine dayalı klasik DNA izolasyon protokolüne göre yapılmıştır. Elde edilen DNA'ların saflık ve miktarları spektrofotometrik olarak tespit edilmiş, örneklerin her biri 20 ng/µl DNA içerecek şekilde PCR işlemleri için seyreltilmiştir.

2.2. PCR işlemleri

PCR işlemlerinde, daha önce kanatlılarda yapılan çalışmalarda (Hillel ve ark., 2007; Mercan ve Okumuş, 2015) yüksek derece polimorfizm gösterdiği bildirilen, 8 adet mikrosatellit lokusu yükseltgenmiştir (Çizelge 1). PCR toplam hacmi 20 µl (4 µl genomik DNA + 0,5 µl ileri primer + 0,5 µl geri primer + 4 µl PCR hazır karışım + 11 µl steril saf su) olarak ayarlanmıştır.

PCR işlemleri için reaktifler, 95°C'de 5 dakikalık ilk

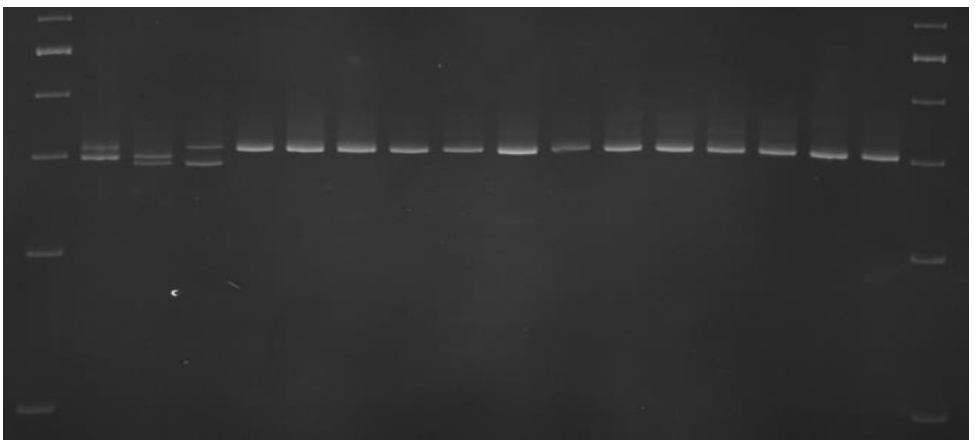
denatürasyonu takiben 35 döngü boyunca; 45'er saniye denatürasyon için 95, primerlerin bağlanması için 52-58 ve uzama için 72 °C'de tutulmuştur. Döngüler tamamlandıktan sonra son uzama için 10 dakika 72°C'de bekletilmiştir.

2.3. Jel elektroforez işlemleri

PCR'da yükseltgenen mikrosatellit lokus fragmentler % 10'luk poliakrilamid jel kullanılarak dikey elektroforez sistemde 30 dk 60 V, 150 dakika 250 V'ta ayrımlanmıştır. Ethidyum bromür muamelesi ile boyanan fragmentler Syngene jel dokümantasyon sistemi ile görüntülenmiştir. Tespit edilen mikrosatellit allel büyüklükleri Syngene Gene Tools programı kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 1).

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan mikrosatellit lokuslar, elde edilen alleller ve polimorfik bilgi içeriği değerleri

Lokus Adı	Allel Sayısı		Allel Büyüklüğü	PIC değerleri
	Toplam	Özel		
ADL0278	15	2	102–130	0.916
LEI0166	16	3	360–394	0.903
LEI0234	28	2	244–380	0.944
MCW0034	16	2	212–242	0.916
MCW0069	16	3	144–182	0.911
MCW0080	16	3	280–320	0.917
MCW0104	20	5	186–232	0.919
MCW0330	20	4	260–302	0.932



Şekil 1. MCW0330 lokusuna ait örnek poliakrilamid jel görüntüsü

2.4. İstatistik Analizler

Tespit edilen mikrosatellit allel fragmentlerine ait skorlar GenAlEx yazılımına yüklenerek; allel frekansları, allel genişlikleri, F istatistikleri, gözlenen (H_o) ve beklenen (H_e) heterozigotluk, allel sayısı (N_a) ve allelik zenginlik değerleri hesaplanmıştır. Popülasyonların Temel koordinatlar analizi popülasyonlara ait genetik benzerlik matrisi kullanılarak NTSYSpc programı (Rohlf, 2000) yardımıyla yapılmıştır. Metrik çok boyutlu ölçekleme (Metric multidimensional scaling-MDS), Klasik ölçekleme (Classic scaling) ya da Torgerson ölçeklemesi olarak da ifade edilebilen Temel koordinatlar analizi (Principle coordinate analysis-PCoA), verilerin benzerlik ve farklılıklarının araştırılması ve görselleştirilmesi amacıyla kullanılan bir yöntemdir (Anderson ve Willis, 2003). Temel koordinatlar analizi ile genel olarak bir dizi gözlem arasındaki farklılık matrisindeki verinin boyutu indirgenmiş olarak grafik görünümü ortaya çıkarılmaktadır (Elmaci ve Berry, 1999). Popülasyonlar arası genetik ilişkinin belirlenmesinde kullanılan Structure programı ile (Pritchard ve ark., 2000) popülasyonlara ait bireylerden elde edilen moleküler veriler doğrultusunda önceden bilinmeyen ve deneme yanılma yoluyla varsayılan gruplara bireyler dağıtılarak doğru küme sayısı ve bireylerin kümelere dağılımı tahmin edilmektedir.

3. Bulgular

Sinop Gerze Köy, Sinop Gerze (Hacıkadı), Sinop Ayancık Köy ve Sinop Boyabat Köy tavuk popülasyonlarına ait genetik çeşitlilik parametreleri GenAlEx yazılımı ile hesaplanmıştır (Peakall ve Smouse, 2012). Çalışma sonucu elde edilen genetik çeşitlilik parametrelerine ait değerler Çizelge 2, 3 ve 4'te verilmiştir.

Çizelge 2. Sinop Gerze Köy (Pop1), Sinop Gerze Hacıkadı (Pop2), Sinop Ayancık Köy (Pop3) ve Sinop Boyabat Köy (Pop4) popülasyonlarında her bir mikrosatellit lokusa ait örnek sayısı (N), allel sayısı (N_a), etkili allel sayısı (N_e), bilgi dizini (I), gözlenen heterozigotluk (H_o), beklenen ortalama heterozigotluk (H_e), tarafsız beklenen heterozigotluk (uH_e) ve fiksasyon indeksi (F) değerleri

Pop	Lokus	N	N_a	N_e	I	H_o	H_e	uH_e	F
Pop1	ADL0278	18	7.000	5.226	1.790	0.722	0.809	0.832	0.107
	LEI0166	15	10.000	6.522	2.053	1.000	0.847	0.876	-0.181
	LEI0234	20	6.000	3.478	1.440	0.450	0.713	0.731	0.368
	MCW0034	19	8.000	7.010	2.007	0.947	0.857	0.881	-0.105
	MCW0069	20	8.000	5.128	1.794	1.000	0.805	0.826	-0.242
	MCW0080	20	7.000	5.479	1.792	0.600	0.818	0.838	0.266
	MCW0104	20	8.000	5.405	1.834	0.200	0.815	0.836	0.755
	MCW0330	20	12.000	10.000	2.374	0.250	0.900	0.923	0.722
Pop2	ADL0278	20	7.000	5.161	1.774	0.750	0.806	0.827	0.070
	LEI0166	15	9.000	6.923	2.027	1.000	0.856	0.885	-0.169
	LEI0234	20	7.000	5.755	1.832	0.950	0.826	0.847	-0.150
	MCW0034	20	6.000	5.195	1.714	1.000	0.808	0.828	-0.238
	MCW0069	20	5.000	2.920	1.215	1.000	0.658	0.674	-0.521
	MCW0080	20	7.000	4.651	1.688	0.350	0.785	0.805	0.554
	MCW0104	20	3.000	2.299	0.927	0.000	0.565	0.579	1.000
	MCW0330	20	5.000	3.774	1.431	0.000	0.735	0.754	1.000
Pop3	ADL0278	20	6.000	4.444	1.579	0.550	0.775	0.795	0.290
	LEI0166	16	14.000	9.660	2.439	1.000	0.896	0.925	-0.115
	LEI0234	20	6.000	3.738	1.512	0.550	0.733	0.751	0.249
	MCW0034	18	6.000	5.586	1.756	1.000	0.821	0.844	-0.218
	MCW0069	19	10.000	5.918	2.016	0.684	0.831	0.853	0.177
	MCW0080	20	5.000	3.670	1.397	0.450	0.728	0.746	0.381
	MCW0104	17	10.000	4.898	1.900	0.588	0.796	0.820	0.261
	MCW0330	20	7.000	4.494	1.659	0.300	0.778	0.797	0.614
Pop4	ADL0278	20	6.000	3.846	1.509	0.550	0.740	0.759	0.257
	LEI0166	18	12.000	9.000	2.325	0.944	0.889	0.914	-0.063
	LEI0234	18	7.000	3.192	1.405	0.611	0.687	0.706	0.110
	MCW0034	16	7.000	5.505	1.791	1.000	0.818	0.845	-0.222
	MCW0069	20	8.000	7.143	2.017	0.900	0.860	0.882	-0.047
	MCW0080	20	4.000	1.677	0.763	0.150	0.404	0.414	0.628
	MCW0104	14	8.000	3.733	1.658	0.643	0.732	0.759	0.122
	MCW0330	20	8.000	4.938	1.780	0.200	0.798	0.818	0.749

Çizelge 3. Sinop Gerze Köy (Pop1), Sinop Gerze Hacıkadı (Pop2), Sinop Ayancık Köy (Pop3) ve Sinop Boyabat Köy (Pop4) popülasyonlarında tüm mikrosatellit lokusa ait ortalama örnek sayısı (N), allel sayısı (N_a), etkili allel sayısı (N_e), bilgi dizini (I), gözlenen heterozigotluk (H_o), beklenen heterozigotluk (H_e), tarafsız beklenen heterozigotluk (uH_e) ve fiksasyon indeksi (F) değerleri

Pop		N	N_a	N_e	I	H_o	H_e	uH_e	F
Pop1	Ort	19.000	8.250	6.031	1.885	0.646	0.820	0.843	0.211
	SH	0.627	0.675	0.676	0.095	0.115	0.019	0.020	0.137
Pop2	Ort	19.375	6.125	4.585	1.576	0.631	0.755	0.775	0.193
	SH	0.625	0.639	0.538	0.128	0.158	0.035	0.036	0.207
Pop3	Ort	18.750	8.000	5.301	1.782	0.640	0.795	0.817	0.205
	SH	0.559	1.086	0.683	0.118	0.088	0.020	0.021	0.094
Pop4	Ort	18.250	7.500	4.879	1.656	0.625	0.741	0.762	0.192
	SH	0.796	0.802	0.824	0.163	0.114	0.054	0.055	0.120

Çizelge 4. Tüm lokus ve popülasyonlara ait ortalama örnek sayısı (N), allel sayısı (Na), etkili allel sayısı (Ne), bilgi dizini (I), gözlenen heterozigotluk (H_o), beklenen heterozigotluk (He), tarafsız beklenen heterozigotluk (uH_e) ve fiksasyon indeksi (F) değerleri

		N	N_a	N_e	I	H_o	H_e	uH_e	F
Toplam	Ort	18.844	7.469	5.199	1.725	0.636	0.778	0.799	0.200
	SH	0.321	0.416	0.341	0.065	0.058	0.017	0.018	0.069

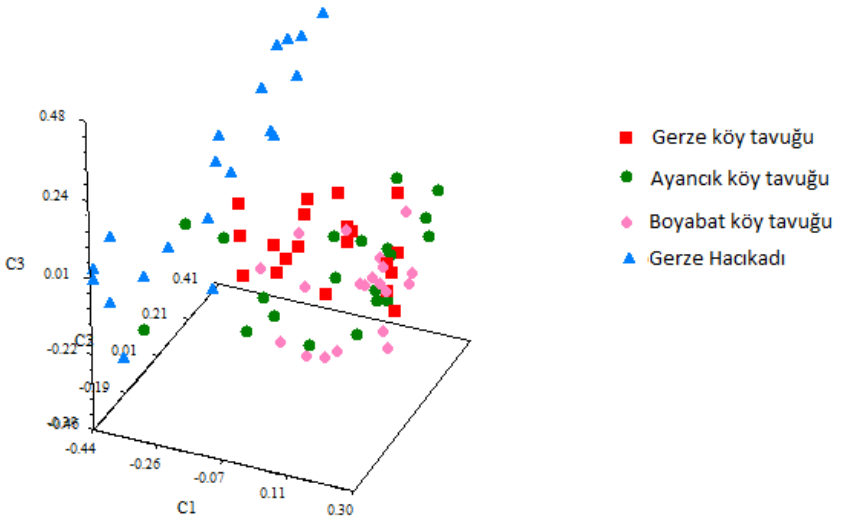
Çizelge 5. Wright'ın F istatistikleri

Lokus	F_{IS}	F_{IT}	F_{ST}	N_m
ADL0278	0.178	0.218	0.049	4.849
LEI0166	-0.131	-0.076	0.049	4.880
LEI0234	0.134	0.193	0.068	3.444
MCW0034	-0.195	-0.152	0.036	6.791
MCW0069	-0.137	-0.037	0.088	2.599
MCW0080	0.433	0.503	0.124	1.762
MCW0104	0.508	0.571	0.128	1.708
MCW0330	0.766	0.790	0.103	2.182
Ortalama	0.195	0.251	0.080	3.527
SH	0.123	0.121	0.013	0.645

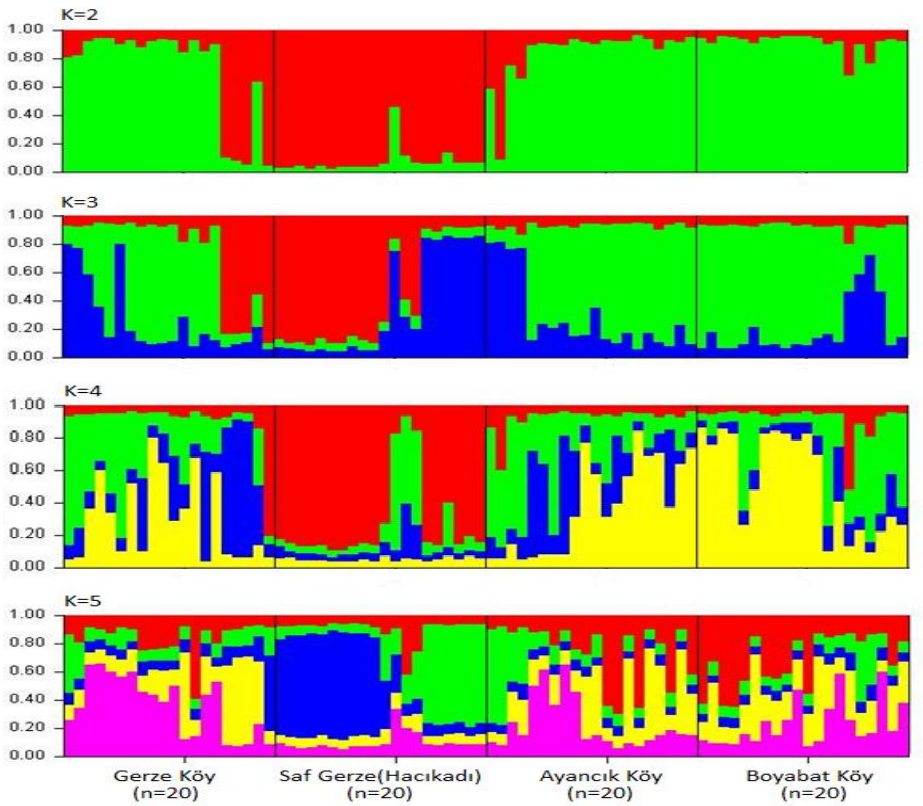
Wright'ın F-istatistikleri (F_{IS}, F_{IT}, F_{ST}) popülasyon farkı gözetmeksizin tüm lokuslar için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Sinop Gerze Köy, Sinop Gerze (Hacıkadı), Sinop Ayancık Köy ve Sinop Boyabat Köy popülasyonları için lokus seviyesinde hesaplanan Wright'ın F istatistiği değerleri Çizelge 5'te verilmiştir.

F_{ST} popülasyonlar arası farklılaşmanın bir ölçüsüdür. F_{ST}'nin değeri ne kadar yüksek olursa popülasyonlar arası farklılaşmada o kadar fazla olacaktır (Wright, 1951). Gen akışı (N_m) değeri ise popülasyondaki genetik farklılaşmanın kaynağını ortaya koyan bir değerdir (Wright, 1969). N_m'nin değerinin; 0.5'in altında olması popülasyondaki genetik farklılaşmada genetik sürüklenmenin, 0.5'in üstünde olması ise genetik farklılaşmada gen akışının rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Sinop Gerze Köy, Sinop Gerze (Hacıkadı), Sinop Ayancık Köy ve Sinop Boyabat Köy popülasyonlarında genetik varyasyonu belirlemek amacıyla Temel koordinatlar analizi (PCoA) yapılmış ve popülasyonlar arası ilişki Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Popülasyonlar arası ilişkinin Temel koordinatlar analizi (PCoA) ile gösterimi (Her popülasyon farklı renk ve şekil ile temsil edilmiştir)



Şekil 3. Structure analiz sonuçlarına göre popülasyonlar arası genetik ilişkinin gösterimi (Her birey, renkli kesimlere ayrılmış tek bir dikey çizgi ile temsil edilmektedir)

Temel koordinatlar analizi sonuçlarına göre Gerze (Hacıkadı) popülasyonunun popülasyonlarından ayrıldığı açıkça görülmüştür. Köy popülasyonları içerisinde Boyabat Köy popülasyonun bazı bireylerinin diğer köy popülasyonlarıyla benzerlik gösterdiği dikkati çekmektedir. Ayancık ve Gerze Köy popülasyonları yakın görünmekle birlikte Gerze popülasyonunun Ayancık popülasyonuna göre daha sıkı kümelendiği tespit edilmiştir.

Sinop popülasyonlarının genetik ilişkisi Structure programı ile K2, K3, K4 ve K5 düzeyinde incelenmiş elde edilen sonuçlar Şekil 3'te verilmiştir.

K=2'de Gerze (Hacıkadı) popülasyonunun Gerze Köy, Ayancık Köy, ve Boyabat Köy popülasyonlarından açık bir şekilde ayrıldığı görülmüştür. K=3'te Gerze Köy ve Ayancık Köy popülasyonlarının birbirine benzer olduğu gözlenmiştir. K=4'te Ayancık ve Boyabat Köy popülasyonlarının birbirleri arasında benzerlik gösterdiği, K=5'te ise Gerze (Hacıkadı) popülasyonunun diğer popülasyonlardan açık bir şekilde ayrıldığı tespit edilmiştir. Gerze Köy ve Ayancık Köy popülasyonları arasında benzerlik bulunduğu bununla birlikte Boyabat Köy popülasyonunun diğer köy popülasyonlarından ayrıldığı gözlenmiştir.

4. Tartışma ve Sonuç

Sinop ilinde yetiştiriciliği yapılan Gerze Köy, Ayancık Köy, Boyabat Köy ve Gerze (Hacıkadı) popülasyonları ADL0278, LEI0166, LEI0234, MCW0034, MCW0069, MCW0080, MCW0104, MCW0330 mikrosatellit lokusları bakımından tanımlanmış, lokusların polimorfizm bilgi içeriği (PIC) değerleri sırasıyla; 0.823, 0.917, 0.793, 0.856, 0.864, 0.780, 0.833 ve 0.894 olarak bulunmuş ve tüm lokusların genetik çeşitliliğin tanımlanmasında kullanılabilecek etkin markör lokusları olduğu sonucuna varılmıştır.

Genetik çeşitliliğin başlıca göstergesi olan beklenen heterozigotluk (H_e) değerinin Sinop Gerze Köy (H_e: 0.820), Sinop Gerze Hacıkadı (H_e: 0.755), Sinop Ayancık Köy (H_e: 0.795) ve Sinop Boyabat Köy (H_e: 0.741) popülasyonlarında birbirlerine oldukça yakın değer aldığı gözlemlenmiştir. Ancak Sinop Gerze Köy popülasyonunun diğer popülasyonlara göre daha yüksek bir genetik çeşitliliğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Chen ve ark. (2008), 15 yerel Çin tavuk ırkında aynı lokuslar üzerine yaptıkları çalışmalarında beklenen heterozigotluğu 0.440 ile 0.644 değerleri arasında bulduklarını bildirmişlerdir. Suh ve ark. (2014), 9 Kore tavuk ırkında aynı lokusları kullandıkları genetik çeşitlilik çalışmalarında beklenen heterozigotluğu 0.416 ile 0.629 değerleri arasında bulduklarını bildirmişlerdir. Sinop ilinde yetiştiriciliği yapılan popülasyonların beklenen heterozigotluk (H_e) değeri ortalamasına (0.778) göre Sinop popülasyonlarının oldukça yüksek bir genetik çeşitliliğe sahip olduğu ifade edilebilir.

Popülasyon ayrımı yapılmaksızın hesaplanan akrabalı yetiştirme katsayısı (F_{IS}) değerine göre LEI0166, MCW0034 ve MCW0069 lokuslarında negatif olarak bulunan F_{IS} değeri popülasyonda Hardy-Weinberg genetik dengesinden sapmanın meydana geldiğini ve saf yetiştirmeden uzaklaşıldığını ifade ederken diğer lokuslarda pozitif olarak bulunan F_{IS} değeri homozigotlaşmanın arttığını ifade etmektedir. Chen ve ark. (2008) ve Suh ve ark. (2014) çalışmalarında LEI0166 lokusunun pozitif değer aldığını bildirmişlerdir. Chen ve ark. (2008) üzerinde çalıştıkları Çin popülasyonlarında F_{IS} değerini 0.020 ve F_{ST} değerini ise 0.164 olarak bulduklarını, Suh ve ark. (2014) ise çalışmalarında kullandıkları Kore popülasyonlarında bu değerlerin 0.113 ve 0.218 olduğunu bildirmişlerdir. Sinop ilindeki 4 popülasyon için genel olarak hesaplanan ortalama F_{IS} değerine (0.195) göre bu popülasyonlarında Çin popülasyonlarından farklı olarak Kore popülasyonları gibi Hardy-Weinberg genetik dengesinde olduğu ve ortalama F_{ST} değerinin (0.080) ise popülasyonlar arasında orta düzeyde bir genetik farklılaşmayı ifade ettiği söylenebilir. Çin ve Kore popülasyonlarının Sinop popülasyonundan daha fazla genetik farklılaşma göstermiş olması çalışmaları oluşturan tüm popülasyonların farklı ırklardan oluşturulmuş olmasıyla açıklanabilir.

Temel koordinatlar ve Structure analizleri sonucunda Sinop Gerze (Hacıkadı) popülasyonunun diğer 3 Köy popülasyonundan genetik olarak farklı olduğu ortaya çıkarılmıştır. Gerze ve Ayancık Köy popülasyonlarının koruma altındaki saf Gerze popülasyonuna genetik olarak Boyabat Köy popülasyonuna nazaran daha yakın olduğu gözlenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar Sinop ili Gerze ilçesinde yetiştiriciliği yapılan köy tavuğu popülasyonunun saf Gerze popülasyonundan daha çok diğer köy popülasyonları ile genetik benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Boyabat Köy popülasyonunun diğerlerinden ayrılmasının nedeninin kıyı şeridinden uzaklaşma ile birlikte meydana gelen iklim koşullarının farklılaşması olduğu düşünülmektedir.

Çalışmada morfolojik olarak özgün Gerze Tavuğu fenotipi ile diğer popülasyonlar arasında farklılık olduğu, örnek alma işlemleri sırasında gözlenmiştir. Moleküler analiz sonuçları ile de Gerze, Ayancık ve Boyabat Köy popülasyonlarının saf Gerze popülasyonundan ayrıldığı ve köy tavuğu popülasyonlarının birbirine daha çok benzediği tespit edilmiştir. Gerze ilçesinde koruma altına alınmış olan sınırlı sayıdaki Gerze tavuğu fenotipik olduğu kadar moleküler olarak da diğer köy tavuklarından ayrılmaktadır. Bu nedenle, bu ırkın saf olarak yetiştirilerek korunmasının gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

Kaynaklar

Abebe, A.S., Mikko, S., Johansson, A.M., 2015. Genetic diversity of five local swedish chicken breeds detected by microsatellite markers. Plos One, 10, 4: e0120580.

Anderson, M., Willis, T.J., 2003. Canonical analysis of principal coordinates: a useful method of constrained ordination for ecology. Ecology, 84, 2: 511-525.

Anmarkrud, J.A., Kleven, O., Bachmann, L., Lifjeld, J.T., 2008. Microsatellite evolution: Mutations, sequence variation and homoplasy in the hypervariable avian microsatellite locus *HrU10*. BMC Evolutionary Biology, 8: 138-147.

Bruford, M.W., Wayne, R.K., 1993. Microsatellites and their application to population genetic studies. Current Opinion in Genetics and Development, 3: 939-943.

Chatterjee, R.N., Bhattacharya, T.K., Dange, M., Dushyanth, K., Niranjan, M., Reddy, B.L.N., Rajkumar, U., 2014. Genetic heterogeneity among various indigenous and other chicken populations with microsatellite markers. Journal of Applied Animal Research, 43, 3: 266-271.

Chen, G., Bao, W., Shu, J., Ji, C., Wang, M., Eding, H., Muchadeyi, F., Weigend, S., 2008. Assessment of Population Structure and Genetic Diversity of 15 Chinese Indigenous Chicken Breeds Using Microsatellite Markers. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 21, 3: 331 - 339.

Elmaci, N., Berry, R.S., 1999. Principal Coordinate Analysis on a Protein Model. Journal of Chemical Physics. 110, 21: 10606-10622.

Fadhıl, M., Mercan, L., 2017. Molecular Characterization of Mx Gene Polymorphism in Gerze Chicken Breed and Pure Line Chicken Breed. Animal Research International, 13, 3: 2540-2543.

FAO, 2007. The State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture.

FAO, 2017. FAOSTAT, http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL.

Granevitze, Z., Hillel, J., Chen, G.H., Cuc, N.T.K., Feldman, M., Eding, H., Weigend, S., 2007. Genetic diversity within chicken populations from different continents and management histories. Animal Genetics, 38: 576-83.

Hillel, J., Granevitze, Z., Twito, T., Ben-Avraham, D., Blum, S., Lavi, U., David, L., Feldman, M.W., Cheng, H., Weigend, S., 2007. Molecular markers for assessment of chicken biodiversity. World Poultry Science Journal, 63: 33-45.

Lyimo, C.M., Weigend, A., Msoffe, P.L., Eding, H., Simianer, H., Weigend, S., 2014. Global diversity and genetic contributions of chicken populations from African, Asian and European regions. Animal Genetics, 45: 836-848.

Mercan, L., Okumuş, A., 2015. Genetic diversity of village chickens in central black sea region and commercial chickens in Turkey by using microsatellite markers. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 39: 134-140.

Miller, S., Dykes, D., Plesky, H.A., 1988. Simple Salting out Procedure for Extracting DNA from Human Cells. Nucleic Acids Research, 16: 1215.

Notter, D. R., 1999. The importance of genetic diversity in livestock populations of the future. Journal of Animal Science, 77: 61-69.

Peakall, R., Smouse, P.E., 2012. GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update. Bioinformatics 28, 2537-2539.

Pritchard, J. K., Stephens, M., Donnelly, P., 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. Genetics, 155: 945-959.

Rohlf, F.J., 2000. Numeric Taxonomy System Version 2.11. NTSYSpc, East Setauket, New York, USA.

Romanov, M.N., Wezyk, S., Cywa-Benko, K., Sakhatsky, N.I., 1996. Poultry genetic resources in the countries of Eastern Europe history and current state. Poultry Avian Biology, 7: 1-29.

Romanov, M.N., Weigend, S., 2001. Analysis of genetic relationships between various populations of domestic and jungle fowl using microsatellite markers. Poultry Science, 80: 1057-1063.

Sarıca, M., Yamak, U.S., Boz, M.A., Uçar, A., 2014. Geriye Melezlemeyle Üretilen Etçi Genotiplerin Bir Ticari Etlik Piliç Genotipiyle Büyüme, Kesim ve Karkas Özellikleri Bakımından Karşılaştırılması. Tavukçuluk Araştırma Dergisi, 11, 1: 5-9.

Suh, S., Sharma, A., Lee, S., Cho, C.Y., Kim, J.H., Choi, S.B., Kim, H., Seong, H.H., Yeon, S.H., Kim, D.H., Ko, G.Y., 2014. Genetic diversity and relationships of Korean chicken breeds based on 30 microsatellite markers. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 27, 10: 1399-1405.

Tadano, R., Nishibori, M., Imamura, Y., Matsuzaki, M., Kinoshita, K., Mizutani, M., Namikawa, T., Tsudzuki, M., 2007. High genetic divergence in miniature breeds of japanese native chickens compared to red junglefowl, as revealed by microsatellite analysis. Animal Genetics, 39: 71-78.

West, B., Zhou, B.X., 1989. Did chickens go north? New evidence for domestication. World's Poultry Science Journal, 45: 205-218.

Wilkinson, S., Wiener, P., Teverson, D., Haleyand, C.S., Hocking, P.M., 2011. Characterization of the genetic diversity, structure and admixture of British chicken breeds. Animal Genetics, 43: 552-563.

Wright, S., 1951, The Genetical Structure of Populations. Annals of Eugenics, 15: 323-354.

Wright, S., 1969. Evolution and Genetics of Populations: The Theory of Gene Frequencies. Univ. Chicago Press, Chicago.

Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi
Anadolu Journal of Agricultural Sciences
http://dergipark.gov.tr/omuanajas

Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 34 (2019)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/omuanajas.482710

Mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin üşüme stresine toleransı sırasında yaprak büyüme bölgelerinde mikroRNA aracılıklı redoks regülasyonunun incelenmesi

Fatma Aydınoğlu*, Burak Akgül

Gebze Teknik Üniversitesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Gebze / Kocaeli
**Sorumlu yazar/corresponding author: faydinoglu@gtu.edu.tr*

Geliş/Received 14/11/2018 Kabul/Accepted 22/03/2019

ÖZET

Ilıman iklim tahıllarından olan mısır (*Zea mays* L.) bitkisi, üşüme stresine oldukça duyarlıdır ve optimum büyüme ve yüksek verim için nispeten yüksek sıcaklığa ihtiyaç duyar. Üşüme stresi, büyüme işlevlerini sekteye uğratmakla birlikte hücrenin redoks homeostazisini bozarak oksidatif strese yol açar. Bu sırada açığa çıkan reaktif oksijen türleri (ROS)'in ise düşük miktarlarda büyümeyi teşvik ettikleri de bilinmektedir. Buradan yola çıkarak, bu çalışmada, mısır fidelerinin üşüme stresine karşı yaprak büyüme cevabının oluşumunda sinyal role sahip reaktif oksijen türlerinin microRNA (miRNA) genleri ile olası regülasyonunun araştırılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, ADA 313 adlı mısır hibridi fidelerine üşüme stresi uygulanarak ROS üretimi tetiklenmiştir. Redoks regülasyonunda başlıca rol oynayan antioksidan genleri ve onları hedef alan microRNA'lar *in silico* analizlerle belirlenerek, aralarındaki ilişki transkripsiyonel ve enzimatik seviyede gösterilmiştir. Sonuç olarak, yaprak uzama oranı stres koşullarında kontrole göre %19 azalmıştır. *SOD 1a* genini hedef aldığı tahmin edilen miR528'in stres ve meristem, miR397 ve tahmini hedefi *Lakkaz*'ın olgunluk spesifik olduğu saptanmıştır. Katalaz (CAT), süperoksit dismutaz (SOD), glutatyon redüktaz (GR), peroksidaz (POX) ve askorbat peroksidaz (APX) antioksidan enzimlerinin aktivitelerinin büyüme bölgeleri arasında farklılık gösterdiği görülmüştür. Bu çalışma ile ilk defa, mısır bitkisinin üşüme stresine toleransı sırasında yaprak büyüme cevabında oksidatif sinyalizasyonun miRNA genleriyle regülasyonu gösterilmiştir.

Anahtar Sözcükler:
miRNA
ROS
Oksidatif sinyalizasyon
Yaprak büyümesi
Mısır

Investigation of microRNA-mediated redox regulation in leaf growth regions during chiling stress tolerance of maize (*Zea mays* L.)

ABSTRACT

Corn (Zea mays L.) is one of the temperate climate crops, very sensitive to chilling stress and needs relatively high temperature for optimum growth and high yield. Chilling stress disrupts growth processes coupled with disruption of redox homeostasis of the cell, leading to oxidative stress. It is also known that the low amount of reactive oxygen species (ROS) released during this period promote growth. From that view, the aim of this study was to investigate the possible microRNA (miRNA) mediated regulation of ROS playing signalling role in leaf growth response against the chilling stress of maize seedlings. In this respect, ROS production was triggered by applying low night temperature stress to maize hybrid seedlings named ADA313. The antioxidant genes that play a major role in the redox regulation and the microRNAs targeting them were determined by in silico analysis and the relationship between them was validated at the transcriptional and enzymatic level. As a result, the elongation rate of the fourth leaf was reduced by 19% by chilling stress compared to control. miR528, which was predicted to target SOD 1a gene was found meristem and stress specific. The expression of miR397, which was predicted to target Laccase, was detected at maturity. Enzymatic activities of catalase (CAT), superoxide dismutase (SOD), glutathione reductase (GR), peroxidase (POX) and ascorbate peroxidase (APX) were found to differ between the growth regions. In this study, the miRNA-mediated regulation of the oxidative signaling pathway was shown for the first time in the leaf growth zones of maize response to chilling stress.

Keywords:
Leaf growth
miRNA
Oxidative signaling
ROS
Zea mays

© OMU ANAJAS 2019

1. Giriş

Mısır, anavatanı Amerika olan ve dünyada buğday ve pirinçten sonra en fazla tarımı yapılan ılıman iklim tahıllarındandır. İnsan besini, hayvan yemi, sanayi hammaddesi ve son yıllarda özellikle biyodizel olarak kullanılması ile pek çok ülkenin tarımsal ürün deseninde kolayca yerini bulabilmiştir. Mısır yetişmesi için yüksek sıcaklık ve bol suya ihtiyaç duymasını nedeniyle düşük sıcaklıklar ve kuraklık gibi abiyotik streslere ve bu streslerin yol açtığı ikincil stres olan oksidatif strese çok duyarlıdır. Bu stresler karşısında mısır büyümesi önemli derecede azalır. Yazın meydana gelen kuraklıktan sakınmak için mısır ekimi erken bahar aylarında yapılsa da erken dikim, tohum çimlenmesi ve fide büyümesi sırasında karşılaşılan üşüme stresi riskini artırmaktadır (Rymen ve ark., 2007). Bitkiler streslere karşı tolerans mekanizması geliştirerek büyümelerini yeniden düzenler ve böylece hayatta kalırlar (Wang ve ark., 2003). Stres toleransı, çoklu genlerle kontrol edildiğinden günümüzde abiyotik streslere toleranslı mısır çeşidi geliştirilememiştir. Bu bağlamda, çeşitli streslere dirençli, büyüme ve verim potansiyeli yüksek bitkilerin geliştirilmesi için bu mekanizmaların aydınlatılması elzemdir.

Bitkilerde büyüme, pek çok genin rol aldığı hücre bölünmesi ve hücre genişlemesi işlevleri sonucu geri dönüşümsüz olarak gerçekleşen kütle artışı ile sağlanır (Beemster ve ark., 2003). Hücreler bölündükten sonra hücre genişlemesi ve hücre farklılaşması işlevleri ile olgun hale gelir. Mısır yaprağında, bu işlevler, tabandan itibaren meristem, uzama ve olgunluk olarak adlandırılan büyüme bölgelerinde zamana ve konuma bağlı olarak gerçekleşir (Inze ve ark., 2006). Çeşitli streslere maruz kalan bitkide, bu işlevlerin sekteye uğraması sonucu büyüme inhibisyonu gerçekleşir. Stres şiddeti ve süresine bağlı olarak, bitkide biyokütle azalışı, verim düşüklüğü ve hatta ölümler meydana gelir (Chinnusamy ve ark., 2007). Özellikle yaprak büyümesinin durması sonucu yaprak büyüklüğü etkilenerek fotosentez etkinliğinin önemli derecede düşmesi ve dolaysıyla biyokütle birikiminde azalış meydana gelir.

Hücre bölünmesi, diğer ökaryotik organizmalarda olduğu gibi, sikline bağlı kinazlar (CDK'ler) ile bitki hücre döngüsü sonucu gerçekleşir. Farklı CDK-siklin kompleksleri, sırasıyla hücre döngüsünün G1-S ve G2-M geçiş noktalarında bir dizi substratı fosforile ederek DNA replikasyonu ve mitoz başlangıcını tetikler. Siklin alt birimlerinin proteolitik tahribatının ardından mitoz sonlanarak ana hücreden iki kardeş hücre meydana gelir (Boudolf ve ark., 2004). Hücre genişlemesi, yeni bölünen hücrelerin çeperlerinin ekspansinler ile gevşetilmesini gerektirir. Hücre farklılaşması ise çeşitli gelişimsel ve çevresel sinyallere bağlıdır. Görüldüğü gibi, büyüme çoklu genlerle kontrol edilmekte ve bu genlerin ifadesi biyotik ve abiyotik streslerle yeniden düzenlenmektedir. Organ büyüklüğü, hücre sayısı ve hücre büyüklüğüne bağlı olduğundan, çeşitli streslere dayanıklı, büyüme potansiyeli yüksek bitkiler elde etmek büyüme işlevlerinde yer alan bu genlerin rollerinin tanımlanması ve regülasyon mekanizmalarının anlaşılması ile mümkün olacaktır.

Üşüme stresi, 0 ila 15ºC sıcaklıklarda gerçekleşir ve hücre içinde buz kristalleri oluşmaması ile soğuk stresinden ayrılır. Düşük sıcaklıklar, diğer tüm stres faktörleri gibi bitkilerde reaktif oksijen türleri (ROS)'nin üretilmesine yol açarak bitkide oksidatif strese neden olur (Scandalios ve ark., 2005; Rymen ve ark., 2007). ROS'lar hücrede lipid ve proteinlere, nükleik asitlere saldırarak yeni hücre yapımına engel olarak büyümeyi sekteye uğratır (de Azevedo Neto ve ark., 2006). Buna ek olarak, son yıllarda meristematik işlevlerin hücrenin redox durumundan etkilendiğini gösteren çalışmalar da birikmektedir (Considine ve Foyer, 2014; Avramova ve ark., 2015; Tsukagoshi, 2016; Mabuchi ve ark., 2018). İnsan hücre hatlarında yapılan çalışmalar hücrenin redox durumunun hücre bölünmesini etkileyerek büyümeyi teşvik ettiğini göstermiştir (Menon ve Goswami, 2007). Hücrenin redoks durumu, metabolizma sonucu üretilen reaktif oksijen türleri (ROS) ve onları parçalayan antioksidan sistem arasındaki dengedir. Bitkilerde ise ROS'un büyümeyi negatif ya da pozitif yönde etkilediği, bölünme, farklılaşma ve hücre ölümünde rol oynadığına dair bulgular olmasına rağmen hücre döngüsünün redoks ile regülasyon yolağı hayvanlardaki kadar tanımlanamamıştır (Lee ve ark., 2016).

ROS'ların sebep olduğu hasarı en aza indirmek için aerob canlılar enzimatik ve enzimatik olmayan savunma mekanizmaları geliştirmişlerdir (Scandalios, 2005). Hücrelerin geliştirdiği enzimatik savunma mekanizmaları elemanları arasında, süperoksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APX), katalaz (CAT), glutatyon peroksidaz (GPX) ve peroksiredoksin (PRX), glutatyon redüktaz (GR) gibi enzimler vardır (Choudhury ve ark., 2017). Enzimatik olmayan antioksidanlar ise karotenoids, ksantafil, phenolics, flavonoids, tocopherols, ascorbic acids ve indirgenmiş glutathione gibi metaboliteleri içerir.

Bitkiler, çeşitli streslere karşı kendilerini, transkripsiyon sonrası regülasyon mekanizmalarında yer aldığı genetik ve epigenetik düzenlemelerle homeostaziyi yeniden sağlayarak savunurlar. Son yıllarda, pekçok biyotik ve abiyotik streslerde, büyüme ve gelişim gibi pekçok hücresel işlevde rol oynadığı gösterilen microRNA (miRNA) aracılıklı gen regülasyonu bu mekanizmalardan biridir (Tollenaar ve Lee, 2002; Palatnik ve ark., 2003; Jones-Rhoades ve ark., 2004; Sunkar ve ark., 2007; Song ve ark., 2011; Sun, 2011). miRNA'lar, mRNA degradasyonuna ve translasyonel inhibisyona neden olarak hücrede çeşitli biyolojik süreçlerin düzenlenmesini sağlayan küçük (~22nt), endojen ve kodlanmayan RNA grubudur. miRNA'lar hedef mRNA'larına, RNA susturulmasında rol alan enzim kompleksleri aracılığıyla spesifik olarak bağlanırlar (Bartel, 2004; Sunkar ve ark., 2006). miRNA'ların sayısı ve üretimi canlılarda az olmasına

rağmen, çoğunlukla transkripsiyon faktörlerini hedeflediklerinden etkileri büyüktür (Sunkar ve Jagadeeswaran, 2012). *Arabidopsis* bitkisinde yapılan araştırmalar, miR398 geninin iki Cu/Zn superoxide dismutases (*CSD1* ve *CSD2*) genini hedef alarak ifadelerini negatif olarak düzenlediğini göstermiştir (Li ve ark., 2017). Diğer bir çalışmada ise, miR408 genini aşırı ifade eden *Arabidopsis* mutantında, tuz, kuraklık, ağır metal gibi abiyotik stres sonucunda, yine CSD1 ve CSD2 ifadelerinin negatif düzenlenmesi ile ROS artışı saptanmıştır (Ma ve ark., 2015). Yine, miR528 genininin pirinç bitkisinde oksidatif streste rol aldığı gösterilmiştir (Liu ve ark., 2015).

ROS hücrede günlük metabolik olaylar sırasında sürekli üretilmekte ve degredasyona uğratılmaktadır. ROS'un eşik değerini aşması hücrede oksidatif strese neden olmakta ve oksidatif sinyal yolağını başlatarak bitkinin strese toleransını sağlamasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca, ROS'un düşük miktarlarda büyümeyi teşvik ettiği bilinmektedir. ROS'un hücredeki degredasyonu genetik kontrol altındadır. Ancak, bu yolaklarda görevli pek çok gen hala bilinmemektedir. Tüm bunlardan yola çıkarak; bu çalışmanın amacı, mısır yaprağının büyüme bölgeleri arasında ROS'un degredasyonunda rol oynayan miRNA aracılıklı yolağın aydınlatılmasıdır. Bu amaç doğrultusunda; mısır fidelerine düşük gece sıcaklığı uygulanarak büyüme aksaklığı meydana getirilmiştir. Fideler sürekli büyüme (steady-state) aşamasında iken hasat edilerek, dördüncü yapraklarının büyüme bölgelerindeki antioksidan enzimlerinin aktiviteleri ölçülmüş ve bu enzimlerin gen ekspresyonunu düzenleyen miRNA'lar belirlenerek aralarındaki olası ilişki transkripsiyonel analizler ile doğrulanmaya çalışılmıştır. Böylece, bu çalışmada, mısır yaprağının büyüme sürecinde üşüme stresi ile ortaya çıkan ROS'un degredasyonunda rol oynayan redoks sisteminde miRNA genlerinin olası rolünün araştırılması hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Bitki materyali, büyütme koşulları ve morfolojik gözlemler

Bitki materyali olarak Türkiye'de yetiştirilen ve Mısır Araştırma İstasyonu Müdürlüğü tarafından 2011 yılında tescillenen ADA313 adlı mısır hibriti (*Zea mays* L.) kullanılmıştır. Karşılaştırmalı analizler için optimum şartlarda yetiştirilen bir kontrol grubu ve üşüme stresine maruz bırakılan bir stres grubu oluşturulmuştur. Yetiştirme şartları, her iki grup için fotoperiyot 16/8 saat aydınlık/karanlık, nispi nem %70, ışık yoğunluğu 18000 lux olarak uygulanırken, sıcaklık kontrol grubu için 25°C/20°C ve stres grubu için 25°C/4°C (aydınlık/karanlık) olarak belirlenmiştir. Her iki grup için, mısır tohumları önce viyollere ekilerek iklim dolabında kontrol şartlarında çimlenmeye bırakılmıştır. Çimlenmenin ardından, koleoptilleri çıkan tohumlar viyollerden içerisinde torf bulunan 1,5 lt'lik saksılara ekilip, hemen iklim dolabına aktarılarak kontrol ve üşüme stresi şartlarında dördüncü yaprakları tamamen olgunlaşıncaya kadar yetiştirilmiştir.

Fidelerin dördüncü yapraklarının uzunluğu, ortaya çıktıkları andan, tamamen olgunlaşıncaya kadar günlük olarak ölçülmüştür. Yaprak uzunluğunun türevi alınarak yaprak uzama oranı (YUO) hesaplanmıştır. Gruplar arasındaki farkın önem derecesi Microsoft Excell programında yer alan Student's T-testi'ne göre belirlenmiştir.

Çizelge 2.1. Çalışılan miRNA ve hedef genlerin primerleri

Gen İsmi / Gen kodu		**İleri/Geri Primerler (5'→3')**	**Uzunluk**	**Tm (°C)**	**GC (%)**	**Hetero dimer (Delta G) (kcal/mole)**
miR397a-5p / MIMAT0014018	İleri	CTCTGCAAAAGACACGTTCA	20	61	45	-8.65
	Stem loop	GTCGTATCCAGTGCAGGGTCCGAGGTATTCGC ACTGGATACGAC CATCAA	50	54	70	
L-ascorbate oxidase / Zm00001d042905	İleri	CACGTTCAAGCTGAAAGTGA	18	61	45	-3.61
	Geri	CGGCGATGGAGAAGAAGA	17	61	55.6	
Laccase-like (lac4) / Zm00001d042906	İleri	ACAACTGCTCTGCCAAAG	18	60	53	-3.14
	Geri	TTGGCGACGGAGAAGAA	17	60.5	65	
Superoxide dismutase[Cu-Zn] / GRMZM2G106928	İleri	GCGCAGTCCTTCCTCCT	17	63	65	-6.59
	Geri	CGAAGTGGACCGAGTGGAAA	18	63	55	
zma-miR528a-5p / MIMAT0014028	İleri	CTAGTGGAAGGGGCATGC AG	20	60	58	-8.65
	Stem loop	GTCGTATCCAGTGCAGGGTCCGAGGTATTCGC ACTGGATACGACCTCCTC	50	54	70	
	Evrensel geri	GTG CAG GGT CC GAG GT				

2.2. Klorofil miktarı tayini

Kontrol ve stres şartlarında yetiştirilen fidelerin dördüncü yapraklarının klorofil miktarları Lichtenthaler ve Buschmann (2001)'nın tanımladığı yönteme göre hesaplanmıştır. Buna göre, yaprakların 10-15 cm'si alınarak %80'lik 5 ml aseton solüsyonu içinde homojenize edilip, 2000 rpm'de 3 dk santrifüj edilmiştir. Süpernatant alınarak 1:1 (v/v) oranında yine aynı solüsyonla seyreltilerek 663, 646 ve 470 dalga boylarında spektrofotometre ile absorbans (A) değerleri ölçülmüştür.

2.3. miRNA ve hedef genlerinin belirlenmesi ve primer tasarımı

ROS'un bertaraf edilmesi yolağında rol oynayan miRNA ve hedef genlerinin transkripsiyonel analizleri için ilk olarak mısır bitkisinin antioksidan enzimleri kodlayan genleri Avromova ve ark., (2015)'den elde edilmiştir. Aynı zamanda, literatürde diğer bitkiler üzerinde yapılan benzer çalışmalara bakılarak oksidatif streste rol oynayan miRNA'lar belirlenmiştir (Chavez-Hernandez ve ark., 2015). Antioksidan genlerine ait kodlama yapan diziler (CDS), mısır genetik ve genomik veri bankasından (https://www.maizegdb.org/), mısır bitkisi miRNA genlerine ait diziler ise miRBASE veri bankasından (www.mirbase.org/) elde edilmiştir. miRNA ve olası hedef genleri, psRNATarget web servisi (http://plantgrn.noble.org/psRNATarget/) kullanılarak tahmin edilmiştir (Dai ve Zhao, 2018).

miRNA hedef genlerine ait qRT-PCR primerleri, SCiTools OligoAnalyzer 3.1 web servisi (http://www.idtdna.com/pages/tools) yardımıyla tasarlanmıştır ve erime sıcaklığı (Tm)'si 58-61°C, 50°C'de hairpin formasyonu ΔG>-3 kcal/mol, 50°C'de self ve cross dimer formasyonu ΔG>-6 kcal/mol olacak şekilde kontrol edilmiştir. Primer özgünlüğü için BLASTn (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST/) algoritması kullanılmıştır.

miRNA genleri için, stem-loop RT-PCR ve qRT-PCR primerleri, Chen ve ark. (2005)'nın tanımladığı şekilde tasarlanmıştır. Stem-loop RT primerler, her bir miRNA'ya spesifik olacak şekilde, evrensel bir stem-loop'un 3' ucuna, her bir miRNA'nın 3' ucuna komplementar 6 nükleotidin eklenmesiyle elde edilir. Tasarlanan bu primerler miRNA cDNA sentezinde kullanılacaktır. qRT-PCR için, ileri primerler, miRNA sekansına özgü fakat 3' ucuna rastgele 6 nükleotid eklenerek tasarlandı ve geri primer ise, stem-loop dizesine komplementer olarak evrenseldir. Primer özgünlüğü ve sekonder yapı formasyonları yukarıdaki kriterlere göre kontrol edilmiştir. Transkripsiyonel analizlerde kullanılan tüm primerler Çizelge 2.1.'de sunulmuştur.

2.4. miRNA ve tahmini hedef genlerinin transkripsiyonel analizleri

Mısır fidelerinin dördüncü yaprakları, çıktıktan 48 saat sonra hasat edilerek, meristem, uzama ve olgunluk bölgelerine ait 1'er cm'lik doku örneklerinden toplam RNA ekstraksiyonu TRIzol metoduna göre yapılmıştır. İzole edilen RNA'ların miktarları ve saflığı NanoDrop ND-1000 UV-VIS spektrometre cihazı ile belirlenmiştir.

miRNA'lar için cDNA sentezi, Varkonyi-Gasic vd., (2007)'in tanımladığı protokol adımları takip edilerek stem-loop primerler kullanılarak High-Capacity cDNA Reverse Transcription Kit'i (Thermo Fisher) ile yapılmıştır. Burada 2 µg toplam RNA kullanılmıştır. Stem-loop RT, önce reverse transkriptaz ve ardından pulsed RT PCR işlemlerini içerir.

miRNA hedef genleri için cDNA sentezi, aynı kit ile 1 µg RNA kullanılarak kitin içinde bulunan random primerler kullanılarak reverse transkriptaz enzimi ile sentezlenmiştir.

miRNA ve hedef genlerinin ifadesi Applied Biosystems StepOne™ Real-Time-PCR sistemi ile Power SYBR® Green PCR Master Mix (Thermo Fisher) kiti kullanılarak belirlenmiştir. Nisbi (relative) ekspresyon miktarı deltadelta Ct ($2^{-\Delta\Delta Ct}$) metoduna göre belirlenmiştir. Analizler, 3 biyolojik ve 2 teknik tekrarlı olarak yapılmıştır. Veriler, *β_Tubilin* ve *EF1a* genleri kullanılarak normalize edilmiştir (Pfaffl, 2001).

2.5. Enzimatik Analizler

Mısır fidelerinin dördüncü yaprakları, çıktıktan 48 saat sonra hasat edilerek, tüm büyüme bölgelerini içeren yaprak tabanından itibaren 10 cm'lik kısmı 1'er cm'lik doku örneklerine ayrılmıştır. Her bir doku örneğinden ayrı ayrı protein ekstraksiyonu Kayıhan ve ark. (2016)'na göre yapılmıştır. Doku örnekleri, hasatın hemen sonrasında, içinde üç adet kürecik (4 cm çaplı) bulunan eppendorf tüplerde sıvı azot ile fikse edilerek analizlere kadar -80℃'de muhafaza edilmiştir. Örnekler, 45 saniye süreyle 25 frekansta doku parçalayıcı ile homojenize edilmiştir. Örnekler, üzerlerine 50 mM KH_2PO_4 (pH=7,8), 1mM EDTA, %2 PVP içeren 1 ml ekstraksiyon tamponu konulup iyice vortekslendikten sonra, 10.000 rpm'de 30 dakika boyunca +4℃'de santrifüj edilmiştir. Santrifüjlenen örneklerin süpernatant kısımları, yeni ependorflara alınıp -20℃'ye kaldırılmıştır. Total protein miktarı tayini Bradford (1979)'a göre yapılmıştır. Deneyde, 0.1 mg/ml, 0.2 mg/ml, 0.4 mg/ml, 0.6 mg/ml, 0.8 mg/ml, 1 mg/ml konsantrasyonlu BSA standartları kullanılmıştır. Örneklerin protein miktarı, 10 dakika Bradford ayıracı ile inkübe edilen BSA standartlarının bilinen konsantrasyonuna karşı 595 nm'deki absorbans değerleri ile elde edilen standart eğriye göre hesaplanmıştır.

2.6. Enzim aktivitesi ölçümü ve biyokimyasal analizler

Katalaz enzim aktivitesi Chance ve Maehly (1995)'nin makalesinde önerilen metoda göre yapılmıştır. Reaksiyon, 50 mM potasyum fosfat tamponu, 200 mM H_2O_2, 50 µl (4-11 µg/ml) protein

ekstraktı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örneklerin 90 saniye boyunca 240 nm'deki absorbans değerleri değişimi spektrofotometre (Shimadzu-1800) cihazında ölçülüp kaydedildi. Katalaz enzim aktivitesi, Aebi (1983)'e göre hesaplanmıştır.

Süperoksit dismutaz enzim aktivitesi Banowertz ve ark. (2004) makalesinde önerilen metoda göre yapılmıştır. Reaksiyon, 250mM potasyum fosfat tamponu (pH=7.8), 100 mM metionin, 5mM EDTA, 750 mM NBT, 20 µl protein ekstraktı, 0.002 gr riboflavin kullanılarak gerçekleştirildi. Örnekler, 10 dk ışık altında inkübe edildikten sonra 560 nm de absorbans değerleri kaydedilmiştir. Bir ünite enzim, 540 nm'deki kromojen üretiminden kaynaklanan absorbans farkını, deney koşulları altında bir dakikada % 50 oranında inhibe etmek için gerekli enzim miktarıdır. SOD aktivitesi SA = mol UA / mg protein olarak sunulmuştur.

Glutatyon redüktaz enzim aktivitesi Eker ve ark. (2006)'nin makalesinde önerilen metoda göre yapılmıştır. Reaksiyon, 50 mM potasyum fosfat ve 0.1 mM EDTA, 0,5 mM GSSG, 0,12 mM NADPH, 50 µl protein ekstraktı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örneklerin, 340 nm de 3 dakika boyunca absorbans değişimleri ölçülmüştür. Glutayon redüktaz enziminin aktivitesi, Carlberg ve Mannervik (1975)'e göre hesaplandı. 1 ünite enzim, 1 µM NADPH/min/g FW oksidize etmek için gerekli enzim miktarı olarak sunulmuştur.

Peroksidaz enzim aktivitesi Quesada ve ark. (1992)'ın makalesinde önerilen metoda göre yapılmıştır. Reaksiyon, 50 mM potasyum fosfat tamponu, 50 µl protein ekstraktı, 10 mM H2O2, % 0.02 dianizidin kullanılarak yapılmıştır. Örneklerin 1.5 dk boyunca 460 nm'deki absorbans değişimleri ölçülmüştür. Peroksidaz enziminin aktivitesi, Quesada ve ark. (1992)'e göre hesaplandı. 1 ünite enzim, 1 µM H_2O_2'yi oksidize etmek için gerekli enzim miktarı olarak sunulmuştur.

Askorbat peroksidaz enzim aktivitesi Nakada ve Asada (1981)'nın makalesinde önerilen metoda göre yapılmıştır. Reksiyon, 50 mM potasyum fosfat, 0.25 mM askorbik asit, 1 mM H_2O_2 ve 50 µl protein kullanılarak yapılmıştır. Örneklerin 290 nm'de 3 dakika boyunca absorbans değişimleri ölçülmüştür. Askorbat peroksidaz enziminin aktivitesi, Nakano ve Asada (1981))'e göre hesaplandı. 1 ünite enzim 1µM askorbatı oksidize etmek için gerekli enzim miktarı olarak sunulmuştur.

Her bir doku örneğinde, Malondialdehit (MDA) ve Hidrojen Peroksit (H_2O_2) miktarı, sırasıyla Heath ve Packer (1968) ve Sergiev vd (1997)'nin makalelerinde önerilen metotlara göre yapılmıştır. Buna göre, örnekler 25 frekans/45 saniyede doku parçalayıcısı ile homojenize edildikten sonra 1 ml % 0.1 TCA (trikoloroasetikasit) ile muamele edilerek buza alınmıştır. Ardından, 10.000 rpm'de 15 dakika boyunca santrifüj edilen örneklerin süpernatantları temiz ependorflara alınmıştır.

MDA miktar tayini için, 250 µl süpernatant, 100 mM 250 µl Tris-HCl (pH=7.6), 250 µl TCA, TBA, HCl karışımı (%15 TCA, 0.375 TBA, 250 mM HCl) koyulup, 95 °C'de 45 dakika sıcak su banyosunda inkübe edilmiştir. 45 dakika sonunda örnekler buza koyulup soğumaları sağlandıktan sonra, örnekler, buzdan alınıp 10.000 rpm'de 5 dakika santrifüj edilmiştir. 200 µl süpernatant alınıp 600 nm ve 532 nm'de absorbans değerleri ölçülmüştür.

H_2O_2 miktarı tayini için, 250 µl süpernatant, 100mM 250 µl Tris-HCl, 1 M 500 µl KI (potasyum iyodür) ile muamele edilerek 90 dakika boyunca oda sıcaklığında karanlıkta inkübe edilmiştir. 90 dakika sonunda örneklerden 200 µl alınıp 390 nm'deki absorbans değerleri ölçülmüştür.

2.7. İstatistiksel Analizler

Deneyler üç biyolojik ve iki teknik tekrarlı yapılmıştır. Sonuçlar ortalama olarak verilmiş ve hata çubukları standart hata olarak heasplanmıştır. Kontrol ve stres grupları arasındaki farkın önem derecesi Microsoft excel Student's T-test'i kullanılarak hesaplanmıştır. Gruplar arasındaki farkın önem derecesi (P) 0.05'den küçük (P<0,05) olarak alınmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Morfolojik analizler ve klorofil tayini

Bu çalışmada, mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin üşüme stresine toleransı sırasında, yaprak büyüme işlevlerinin yeniden düzenlenmesinde hücrenin redoks homeostazisinin sağlanmasında mikroRNA (miRNA) genlerinin olası rollerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, ADA313 adlı hibrid mısır fidelerine, çimlenmelerinin ardından model olarak kullanılan dördüncü yaprakları tamamen olgunlaşıncaya kadar üşüme stresi uygulanmıştır. Stresin fideler üzerinde meydana getirdiği etkiler, optimum şartlarda yetiştirilen fideler ile karşılaştırmalı analizler sonucunda ortaya konulmuştur. Bu bağlamda, mısır fidelerinin dördüncü yaprakları ortaya çıkışlarından tamamen olgunlaşıncaya kadar toprak seviyesinden yaprak ucuna doğru günlük olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak, üşüme stresinin, fidelerin dördüncü yapraklarının uzunluğu (YU)'nda, kontrol grubuna göre istatistiksel olarak önemli derecede %26 oranında azalışa neden olduğu saptanmıştır. Fidelerinin dördüncü yapraklarının uzama oranı (YUO)'nında ise üşüme stresine bağlı olarak %19 oranında istatistiksel olarak önemli derecede azalış saptanmıştır (P<0,05) (Çizelge 3.1.). Kontrol grubundaki fidelerin dördüncü yapraklarının dört gün boyunca sabit oranda büyüdüğü fakat büyüme oranının azalarak sekizinci günde durduğu, stres grubunda bulunan fidelerin dördüncü yapraklarının ise altı gün boyunca sabit büyümeye devam ettiği ve sonrasında büyümenin azalarak onuncu güne doğru durduğu gözlenmiştir. Böylece, uygulanan üşüme stresinin, yaprak büyümesini iki gün gecikmeye uğrattığı

gözlenmiştir. Bu bağlamda, bu çalışmada, amaçlandığı gibi, bitkilere uygulanan stres şiddeti, zamanı ve süresinin bitkilerde fotosentez gibi önemli metabolik aktiviteleri sekteye uğratmadan büyüme geriliğinin meydana getirildiği gözlenmiştir (Rymen ve ark., 2007). Nitekim, her iki grupta yetiştirilen fidelerin dördüncü yapraklarının klorofil miktarlarında fark saptanmaması bunu doğrulamaktadır (Çizelge 3.1). Böylece üşüme stresi sırasında üretilen ROS'ların büyümedeki rolleri ile ilişki doğrudan kurulabilecektir.

Çizelge 3.1. Kontrol ve üşüme stresi şartlarında yetiştirilen fidelerin üçüncü ve dördüncü yaprakların morfolojik parametreleri

		Kontrol Y4	Stres Y4	Fark (%) Y4
Yaprak uzunluğu (YU) (mm)		719 ± 26	533 ± 9	26**
Yaprak uzama oranı (YUO) (mm/sa)		3.5 ± 0.2	2.3 ± 0.1	19**
Yaprak alanı (YA) (mm^2)		16871 ± 1150	10990 ± 876	35**
Klorofil miktarı (µg/ml)				
	Klorofil a	26 ± 2	29 ± 4	-10
	Klorofil b	8 ± 1	7 ± 2	2
	Karotenoid	9 ± 0	9 ± 1	-

** ($p < 0,01$) student Ttest: iki kuyruklu dağılım; iki örnek eşit olmayan varyans. Y4: dördüncü yaprak.

3.2. Redoks regülasyonunda olası role sahip miRNA ve tahmini hedef genlerinin ifade analizleri

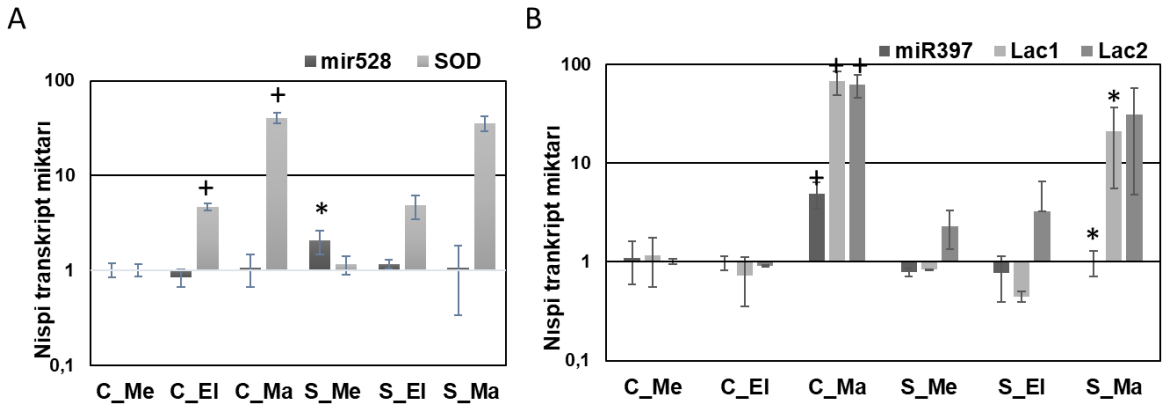
Redoks regülasyonunda olası role sahip miRNA'lar literatür çalışmalarıyla belirlenmiştir. Buna göre, miR397a-5p'nin Lakkaz'ı, miR528a-5p'nin Süperoksit dismutaz (SOD-1A)'ı, miR398'in Cu/Zn Süperoksit dismutaz'ı, miR529'un Peroksidaz'ı ve miR408'in CSD'yi hedefleyerek oksidatif streste rol oynadığı, Zea mays, Arabidopsis tahliana, Brassica napus bitkilerinde gösterilmiştir (Çizelge 3.2). Bu miRNA'ların, mısır bitkisindeki homologlarının dizeleri miRBase veri bankasından elde edilmiştir ve hedef aldıkları genler psRNATarget web aracı kullanılarak in silico analizler ile tahmin edilmiştir. Bu tahmin aracı, bitki ma-miRNA'ların ve hedef transkriptlerin arasında son derece yüksek baz eşleşmesi olması gerçeğine dayanır (Dai ve ark., 2018). Ayrıca, bu analiz, miRNA için tahmin edilen hedefin yapısal erişilebilirliğini de değerlendirir. Böylece, bitki miRNA hedef genleri yüksek doğrulukla tahmin edilebilmektedir.

Çizelge 3.2. İ*n siliko* olarak bulunan miRNA ve hedef genleri

miRNA	Hedef	Bitki	Referans
miR397a-5p	LAC2; lakkaz	*Zea mays*	Chavez-Hernandez ve ark., 2015 Khraiwesh ve ark., 2012 Zhang ve ark., 2013
miR528a-5p	SOD-1A; Süperoksit dismutaz [Cu-Zn]	*Zea mays*	Chávez-Hernández ve ark., 2015
miR398	Cu/Zn Süperoksit Dismutaz	*Arabidopsis thaliana*	Sunkar ve ark., 2006 Chinnusamy ve ark., 2007 Zhu ve ark., 2016 Jagadeeswaran ve ark., 2009, Chinnusamy ve ark., 2007, Kumar ve ark, 2015
Mir529	peroksidaz	*Brassica napus*	Xie ve ark., 2007
miR408	CSD	*Arabidopsis thaliana*	Kumar ve ark, 2013

Literatür ve *in siliko* analizler ile redoks regülasyonunda rol oynayabileceği belirlenen miRNA'lar ve tahnini hedef genlerinin aralarındaki olası ilişki, qRT-PCR analizleri ile gösterilmiştir. Bu bağlamda, fidelerin dördüncü yaprakları büyümenin sabit (steady-state) fazında hasat edilerek meristem (hücre bölünmesi), uzama (hücre genişlemesi) ve olgunluk (hücre farklılaşması) olan büyüme ve gelişim evrelerinden alınan birer santimetrelik doku örneklerinde, belirlenen miRNA ve tahmini hedef genlerinin kontrol ve stres grubuyla karşılaştırmalı olarak gen ekspresyon profilleri belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda, miR528'in ekspresyonunun, kontrol şartlarında büyüme bölgeleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark göstermediği görülmüştür. Stres şartlarında ise, miR528'in ekspresyonunun sadece meristem bölgesinde istatistiksel olarak önemli bir artış gösterdiği

saptanmıştır (P<0.05) (Şekil 3.1). miR528'in tahmini hedef geni olan SOD 1-a gen ekspresyon profiline bakıldığında, kontrol ve stres koşullarında meristem bölgesinden uzama ve olgunluk bölgelerine doğru gidildikçe artan bir profil sergilediği görülmüştür. Ancak, üşüme stresi, her üç büyüme bölgesinde de SOD 1-a ekspresyonunda kontrole göre bir farka yol açmamıştır (P>0,05). miR528'in tahmini hedef geni SOD 1-a transkriptini hedef alması sonucunda, aralarında antagonist bir ilişki olması beklenmektedir. Bu bağlamda, elde edilen veriler, stres koşullarında miR528'in meristem bölgesinde önemli derecede artış gösterdiği ve tahmini hedefi olan SOD 1-a genini burada baskılamış olabileceğini düşündürmektedir. Bu bulgular, miR528'in SOD1-a genini hedef alarak ekspresyonunu negatif yönde düzenlediğini ve böylece hücre uzaması ve farklılaşması faaliyetlerini etkilemeksizin, hücre bölünmesi işlevlerinde dolaylı rol alabileceğine işaret etmektedir.



Şekil 3.1. A) ADA313'ün dördüncü yaprağının büyüme bölgelerinde miR528 ve tahmini hedefi Süperoksid 1a (SOD)'un, B) ADA313'ün dördüncü yaprağının büyüme bölgelerinde miR397 ve tahmini hedefleri Lakkaz 1 (Lac1) ve Lakkaz 2 (Lac2)'nin kontrol (C) ve üşüme stresi (S) şartlarındaki ifade profilleri. Y ekseni logaritmik ölçeklidir. Me=meristem, El=uzama, Ma=olgunluk, (+ büyüme bölgeleri arasında farklı, *stres ve kontrol şartları arasında farklı, n=3; ort±ss, P<0,05).

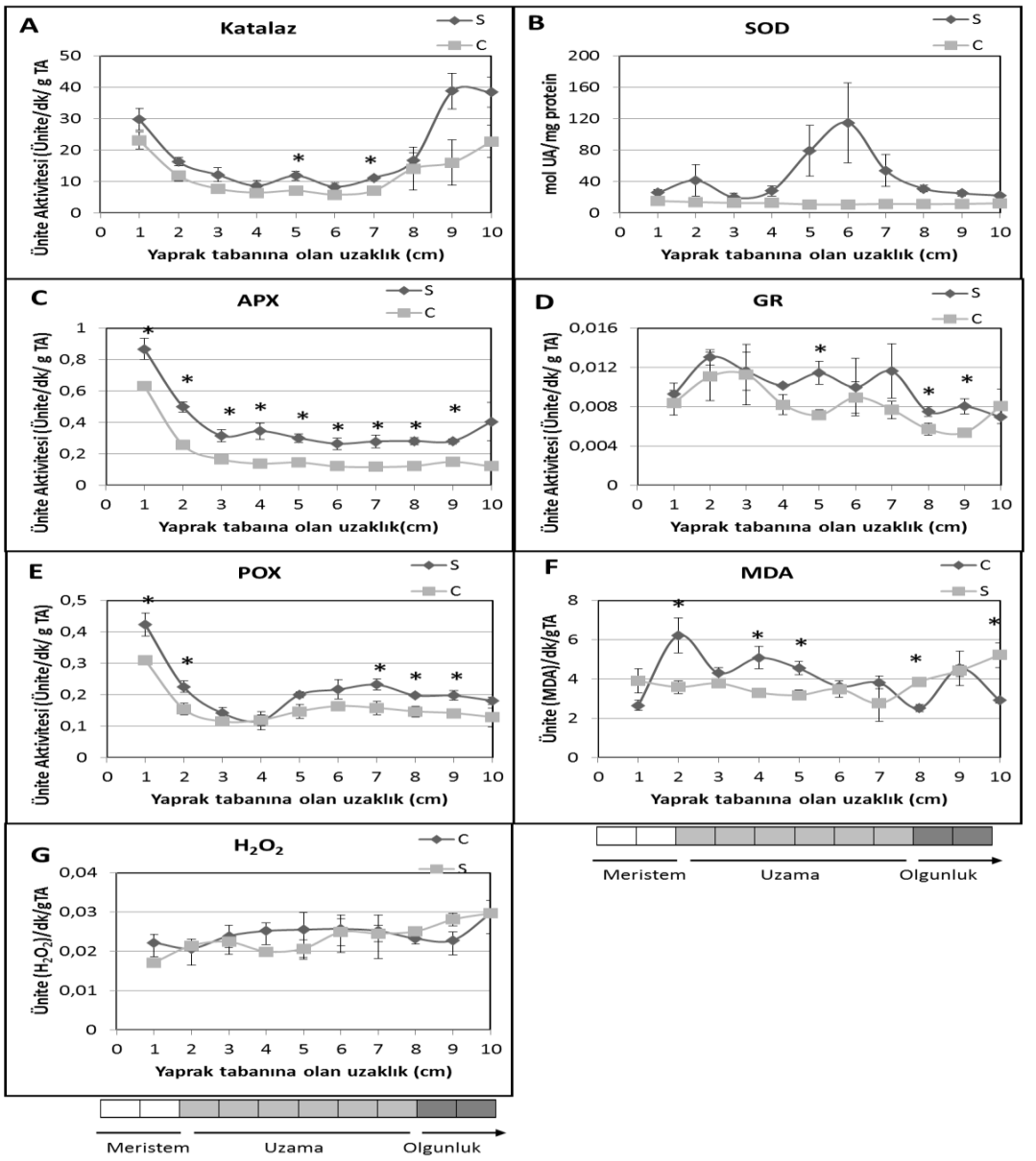
Arabidopsis bitkisinde, *Cu-Süperoksit dismutaz-1 (CSD1)* ve *Cu-Süperoksit dizmutaz-2 (CSD2*) genlerinin soğuk muamelesi sonucu meydana gelen oksidatif stres sırasında, miR408 ile regüle edildiği bildirilmiştir (Ma ve ark., 2015). Bu ve benzeri çalışmalar, miRNA'ların farklı bitkilerde farklı genleri hedefleyebildiği gibi aynı genler farklı miRNA'lar tarafından da hedeflenebileceğini göstermiştir (Wei ve ark., 2009). Ayrıca, miRNA ve hedef genleri arasında her zaman antagonist ilişkinin olmadığı ve bu durumun strese veya gelişimsel süreçlere bağlı olarak değişebildiği de ifade edilmektedir.

Yapılan *in-siliko* analizler sonucunda redoks regülasyonunda muhtemel rol oynadığı belirlenen miR397 geninin, tahmin edilen Lakkaz 1 (Lac1) ve Lakkaz 2 (Lac2) genlerini hedef alması koşulunda, aralarında antagonist bir ilişkinin olması beklenmektedir. Bu bağlamda, yapılan qRT-PCR analizleri sonucunda miR397 ekspresyonunun, kontrol şartlarında, olgunluk bölgesinde, meristem ve uzama bölgelerine oranla istatistiksel olarak önemli derecede arttığı saptanmıştır (P<0.05) (Şekil 3.1). Stres koşullarında ise, miR397 ekspresyonunda, büyüme bölgeleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmezken, olgunluk bölgesinde miR397 ekspresyonunun üşüme stresine cevap sırasında istatistiksel olarak önemli derecede azaldığı saptanmıştır (P<0,05). Benzer şekilde, tüm buğday fidesinin kullanılarak yapılan bir çalışmada, soğuk stresinde miR397'nin ekspresyonunun azaldığı gösterilmiştir (Gupta ve ark., 2014). Lac1 ve Lac2 ekspresyonlarının ise, olgunluk bölgesinde, meristem ve uzama bölgesine göre istatistiksel olarak önemli derecede arttığı ve ayrıca Lac1 ekspresyonunun stres sırasında azaldığı tespit edilmiştir (P<0.05). Buna karşın, Arabidopsis'de Lac3 geninin oksidatif stres sırasında arttığını gösterilmiştir (Ma ve ark., 2015). Ancak, miR397 ve in silico analizler ile belirlenen tahmini hedefleri Lac1 ve Lac2 genleri arasında, büyüme bölgeleri ve stres koşullarında qRT-PCR ile antagonist ekspresyon profilinin tespit edilememesi aralarındaki ilişkinin farklı deneysel tekniklerle doğrulanmasını gerektirmektedir.

3.3. Enzimatik ve Biyokimyasal Analizler

ADA313 hibrid mısırının üşüme stresine toleransı sırasında yaprak büyüme işlevlerinin olası miRNA aracılıklı redoks regülasyonundan nasıl etkilendiğini enzimatik ve biyokimyasal seviyede belirlemek için, başlıca oksidatif enzimlerin aktivite deneyleri, H_2O_2 ve ROS hasarını gösteren manoldialdehid (MDA) miktarı tayin analizleri yapılmıştır. Bu bağlamda, kontrol ve stres koşullarında yetiştirilen fidelerin dördüncü yaprakları, büyümenin sabit fazında hasat edilerek, tüm büyüme bölgelerini içeren yaprak tabanından itibaren yaklaşık on cm'lik kısım, bir cm'lik parçalara ayrılarak

analiz edilmiştir. Ancak, in silico analizler ve literatür çalışmalarıyla sadece SOD 1a geninin miR528 tarafından hedeflendiği tahmin edilebilmiştir. Süperoksid dismutaz (SOD) enzim aktivitesinin, kontrol şartlarında büyüme bölgeleri arasında fark göstermezken, stres koşullarında, uzama bölgesinde istatistiksel olarak önemli derecede azaldığı saptanmıştır ($P<0.05$) (Şekil 3.2). Benzer şekilde, Avramova ve ark. (2015), mısır bitkisinde, kuraklık stresine karşı yaprak büyüme cevabında SOD enzim aktivitesinin en yüksek meristem bölgesinde olduğu gözlenmiştir. Buna ek olarak, bu çalışmada, SOD enzim aktivitesinin meristem ve olgunluk bölgelerinde en yüksek olması, stres toleransı sırasında hücre bölünmesi başta olmak üzere hücresel homeostazisin sağlanmasındaki rolüne işaret etmektedir. SOD 1a geninin ekspresyonunda ise meristemden uzama ve olgunluk bölgelerine doğru önemli derecede artış gözlenirken, stres şartlarında önemli bir fark saptanmamıştır (Şekil 3.1). SOD enzim aktivitesi ve gen ekspresyonunda gözlenen bu farklılığın, bitkide farklı SOD izoenzimlerin varlığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yine, Wang ve ark. (2016)'nın yaptıkları çalışmada, üşüme stresi şartlarında yetiştirilen mısır bitkisinin yapraklarında SOD enzim aktivitesinin arttığını göstermişlerdir.



Şekil 3.2. Temel antioksidan enzimlerin üşüme stresi sırasında ADA313 mısır hibridinin dördüncü yaprağının büyüme bölgeleri (meristem (1-2 cm), uzama (2-8 cm) ve olgunluk (8-10 cm)) arasındaki aktiviteleri. A) Katalaz aktivitesi, B) Süperoksid dizmutaz (SOD) aktivitesi, C) Askorbat peroksidaz (APX) aktivitesi, D) Glutatyon redüktaz (GR) aktivitesi, E) Peroksidaz (POX) aktivitesi, F) Manoldialdehit (MDA) miktarı, G) (H_2O_2) miktarı. *kontrol ve üşüme stresi şartlarındaki fark, n=3, ort±ss, $P<0.05$. C= kontrol, S= üşüme stresi

Katalaz enzim aktivitesi analiz sonuçlarına göre, katalaz aktivitesinin her iki büyütme koşulunda, meristem bölgesinden uzama bölgesine doğru azalan ve uzama bölgesinden olgunluk bölgesine geçerken tekrardan artan bir profil sergilediği görülmüştür (Çizelge 3.2). Bu bulgular, Avramova ve ark. (2015)'nın mısır fidelerinin kuraklık stresi toleransı sırasında gözledikleri katalaz aktivitesi profili ile benzerdir. Ayrıca, katalaz enzim aktivitesinin uzama bölgesinde stres koşullarında istatistiksel olarak artması, stres toleransı sırasında hücre genişlemesi işlevindeki rolüne işaret etmektedir ($P<0,05$).

Askorbat peroksidaz (APX) enzim aktivitesinin büyüme bölgeleri arasındaki genel profiline bakıldığında, meristem bölgesinde en yüksek düzeyde olup, uzama ve olgunluk bölgelerine doğru gidildikçe azaldığı gözlenmiştir (Çizelge 3.2). Bununla birlikte, tüm büyüme bölgelerinde APX aktivitesinin, stres koşullarında istatistiksel olarak önemli derecede arttığı saptanmıştır ($P<0,05$). Benzer şekilde, Lee ve Lee (2000)'ı, salatalık yaprakları üzerinde yaptığı çalışmada, üşüme stresinin APX aktivitesi arttırdığını saptamışlardır.

Peroksidaz (POX) enzim aktivitesinin ise, meristem bölgesinde en yüksek ve uzama ve olgunluk bölgelerine doğru gidildikçe azalan bir profil gösterdiği saptanmıştır (Çizelge 3.2). Ayrıca, POX aktivitesinin stres koşullarında meristem ve olgunluk bölgelerinde istatistiksel olarak önemli derecede arttığı tespit edilmiştir ($P<0.05$). Benzer şekilde, Avramova ve ark. (2015)'nin yaptıkları çalışmada, mısır fidelerinde kuraklık stresi sonucu POX aktivitesinin en yüksek meristem bölgesinde olduğunu gözlemişlerdir. Bununla birlikte, olgunluk bölgesinde POX aktivitesinin üşüme stresine cevapta artmış olası ile kuraklık stresi cevabından farklılık arz etmektedir. POX'un, meristem bölgesinde aktif olarak hücre bölünme işlevlerini tetikleyerek büyümeyi düzenlediği literatürdeki çalışmalarda bildirilmiştir (Crevecoeur ve ark., 1997; Tsukagoshi ve ark., 2016).

Glutatyon redüktaz (GR) enzim aktivitesinin, stres koşullarında yetiştirilen mısır fidelerinde, kontrol şartlarında yetiştirilen mısır fidelerine göre, uzama ve olgunluk bölgelerinde istatistiksel olarak önemli arttığı görülmüştür ($P<0,05$) (Çizelge 3.2). Benzer şekilde, Hola ve ark. (2007)'nın üşüme stresine dirençli ve hassas mısır çeşitleri üzerinde yaptıkları çalışmada, üşüme stresi sırasında GR enzim aktivitesinin üşümeye dirençli ve hassas mısır yapraklarında artığı saptanmıştır.

Hidrojen peroksit (H_2O_2) miktarının, stres koşullarında meristem ve olgunluk evrelerinde yüksek uzama bölgesinde düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde, mısır bitkisinin kuraklık stresi toleransı sırasında yapılan bir diğer çalışmada, H_2O_2 miktarının meristemden uzama bölgesine doğru azalan, uzama bölgesinden olgunluk bölgesine geçerken tekrardan artan bir profil sergilemiştir (Avramova ve ark., 2015) (Şekil 3.2).

Oksidatif stres sırasında ROS'ların lipid peroksidasyonu sonucu olarak ortaya çıkan manoldialdehit (MDA)'in miktarı, ilginç bir şekilde, kontrol şartlarında yetiştirilen fidelerin yapraklarının meristem ve uzama bölgelerinde, olgunluk bölgesine ve stres koşullarına göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$) (Çizelge 3.2). Burada, hücre bölünmesi ve hücre genişlemesi işlevleri sırasında membran lipidlerinin peroksidayonunun meydana geldiği görülmektedir. Ancak, stres koşullarında MDA miktarında meristem ve uzama bölgesinde meydana gelen azalış, üşüme stresinin hücre zarı akışkanlığını azaltması sonucu hücre bölünmelerini sekteye uğratmasına bağlı olabilir. Stres koşullarında ise, MDA miktarında olgunluk bölgesinde artış saptanmıştır ($P<0,05$). Bu bulgu, üşüme stresi sırasında ortaya çıkan ROS'lardan kaynaklandığına işaret etmektedir. Avramova ve ark. (2015), mısır fidelerinde kuraklık stresi etkisiyle, MDA miktarında meristem ve uzama bölgeleri arasında fark rastlanmazken, olgunluk bölgesinde artış gözlemişlerdir. Burada, özellikle soğuk stresinin diğer streslerden farklı olarak lipid akışkanlığını etkileyerek membran faaliyetlerini doğrudan etkilediği açıkça görülmektedir.

4. Sonuç

Üşüme stresine maruz kalan mısır fidelerinde, dördüncü yapraklarının uzunluğunda % 26, yaprak uzama oranında ise % 19 azalma olduğu görülmüştür. Ancak kontrol ve stres şartlarında yetiştirilen mısır fidelerinin klorofil miktarları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı saptanmıştır. miR528'in stres koşullarında meristem bölgesine spesifik olarak ifade olduğu gözlenmiştir. Ancak, miR528 ve tahmini hedefi olan SOD arasında resiprokal (karşılıklı çapraz) ifade profili gözlenmediğinden aralarındaki ilişkinin daha ileri analizlerle doğrulanması gerekir. miR397 ve tahmini hedefleri olan Lac1 ve Lac2'nin olgunluk bölgesine spesifik olduğu gözlenirken strese bağlı olarak ifadelerinin azaldığı saptanmıştır. Sonuç olarak, miR528 ve miR397'nin genetik mdifikasyonları, strese toleranslı çeşit geliştirme programları için önerilmektedir.

Katalaz enzim aktivitesinin meristemden uzama bölgesine doğru azalan, uzama bölgesinden olgunluk bölgesine doğru artan bir profil sergilemiştir. SOD enzim aktivitesinin stres koşullarında uzama bölgesinde istatistiksel olarak önemli derecede azaldığı saptanmıştır. Ancak, SOD gen ifadesinde benzer profile rastlanmaması gözlenen sonucun farklı SOD izoenzimlerinin varlığına bağlı olabileceğini göstermektedir. APX enzim aktivitesinin, meristem bölgesinde artan, uzama ve olgunluk bölgelerine doğru gidildikçe azalan bir profil göstermesi, meristem faaliyetlerindeki olası rolüne işaret etmektedir. Ayrıca, APX aktivitesi tüm büyüme bölgelerinde strese bağlı

olarak artış göstermiştir. GR enzim aktivitesinin stres koşullarında yetiştirilen mısır fidelerinde, kontrol şartlarında yetiştirilen mısır fidelerine göre dördüncü yaprak segmentinden itibaren istatistiksel olarak önemli derecede arttığı gözlenmiştir. POX enzim aktivitesi ise, meristem bölgesinden uzama bölgesine doğru gittikçe azalan bir profil sergilemiştir ve bundan dolayı meristem faaliyetlerinde düzenleyici role sahip olduğu tahmin edilmektedir. Sonuç olarak, biyoinformatik araçların da hızla gelişmekte olmasına paralel olarak, yeni miRNA ve hedef antioksidan geni tanımlanmasına olanak doğacaktır. Bu bağlamda, miRNA modifikasyonu ile hücrenin redoks durumu regülasyonu sağlanarak antioksidan enzimlerin aktiviteleri yeniden düzenlemek suretiyle bitkide stres toleransının artırılması mümkün olacaktır.

Teşekkür

Bu proje TÜBİTAK tarafından 115Z527 nolu ve GTÜ-BAP-2017-A-105-42 nolu projeler tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

Aebi, H.E., 1983. Catalase. In: Bergmeyer, H.U., Ed., Methods of Enzymatic Analysis, Verlag Chemie, Weinhem, 273- 286.

Avramova, V., AbdElgawad H., Zhang, Z., Fotschki, B., Casadevall, R., Vergauwen L., Knapen, D., Taleisnik, E., Guisez, Y., Asard, H., Beemster, G.T., 2015. Drought induces distinct growth response, protection, and recovery mechanisms in the maize leaf growth zone. Plant Physiology, 169, 1382–1396.

Banowetza, G.M., Dierksena, K.P., Azevedoa, M.D., Stout, R., 2004. 'Microplate quantification of plant leaf superoxide dismutases. Analytical Biochemistry, 332, 314–320.

Bartel, D.P., 2004. MicroRNAs: genomics, biogenesis, mechanism, and function. Cell, 116, 281–297.

Beemster, G.T.S., Fiorani, F., Inze, D., 2003. Cell cycle: The key to plant growth control?. Trends in Plant Science, 8, 154-158.

Boudolf, V., Vlieghe, K., Beemster, G.T., Magyar, Z., Torres-Acosta, J.A., Maes, S., Van Der Schueren, E., Inze, D., De Veylder, L., 2004. The plantspecific cyclin-dependent kinase CDKB1;1 and transcription factor E2Fa-DPa control the balance of mitotically dividing and endoreduplicating cells in *Arabidopsis*. The Plant Cell, 16, 2683–2692.

Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analyt. Biochem.* 72, 248–254.

Carlberg, I. N. C. E. R., & Mannervik, B. E. N. G. T. (1975). Purification and characterization of the flavoenzyme glutathione reductase from rat liver. *Journal of biological chemistry*, *250*(14), 5475-5480.

Crevecoeur, M., Marcela, P., Greppin, H., Penell, C., 1997. Peroxidase activity in shoot apical meristem from Spinaci. Acta Histochemica, 99, 177-186.

Chavez-Hernandez, E.C., Alejandri-Ramirez, N.D., Juarez-Gonzalez V. T., Dinkova, T. D., 2015. Maize miRNA and target regulation in response to hormone depletion and light exposure during somatic embryogenesis. Frontial Plant Science, 22;6: 555-569.

Chance, B., Maehly, A.C., 1995. Assay of catalases and peroxidases. Methods in Enzymology, 2, 764-775.

Chen, C., Ridzon, D.A., Broomer, A.J., Zhou, Z., Lee, D.H., Nguyen, J.T., Barbisin, M., Xu, N.L., Mahuvakar, V. R., Andersen, M.R., Lao, K.Q., Livak, K.J., Guegler, K.J., 2005. Real-time quantification of microRNAs by stem–loop RT–PCR. Nucleic Acids Research, 33 (20), e179.

Choudhury, F.K., Rivero, R.M., Blumwald, E., Mittler, R., 2017. Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. The Plant Journal, 90, 856–867.

Chinnusamy, V., Zhu, J., Zhu, J., 2007. Cold stress regulation of gene expression in plants. TRENDS in Plant Science, 12, 10.

Considine, M.J., Foyer, C.H., 2014. Redox regulation of plant development. Antioxid Redox Signal. 20;21(9):1305-26.

Dai, X., Zhuang, Z., Zhao, P.X., 2018. psRNATarget: a plant small RNA target analysis server (2017 release). Nucleic Acids Res. 46, W49-W54.

De Azevedo Neto, A.D., Prisco, J. T., Enéas-Filho J., de Abreu, C.E.B., Gomes-Filho, E., 2006. Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt-tolerant and salt-sensitive maize genotypes. Environmental and Experimental Botany, 56, 87–94.

Eker, S., Ozturk, L., Yazici, A., Erenoglu, B., Romheld, V., Cakmak, I., 2006. Foliar-applied glyphosate substantially reduced uptake and transport of iron and manganese in sunflower (*Helianthus annuus* L.) plants. J Agric Food Chem. Dec 27;54(26):10019-25.

Gupta, O.P., Meena, N.L., Sharma, I., Sharma P., 2014. Differential regulation of microRNAs in response to osmotic, salt and cold stresses in wheat. *Molecular Biology Reports*, 41,4623–4629.

Heath, R. L., & Packer, L. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archives of biochemistry and biophysics, 125(1), 189-198.Inze, D., Veylder, L., 2006. Cell Cycle Regulation in Plant Development. The *Annual* Review of *Genetics*, 40, 77–105.

Jones-Rhoades, M.W., Bartel, D.P., 2004. Computational identification of plant microRNAs and their targets, including a stress-induced miRNA. Moleculer Cell, 14, 787–799.

Kayıhan, D.S., Kayıhan, C., Çiftçi, Y.Ö., 2016. Excess boron responsive regulations of antioxidative mechanism at physio-biochemical and molecular levels in Arabidopsis thaliana. Plant Physiology and Biochemistry, 109:337-345.

Khraiwesh, B., Zhu, J.K., Zhu, J., 2012. Role of miRNAs and siRNAs in biotic and abiotic stress responses of plants. Biochim Biophys Acta., 1819(2):137-48.

Kumar, A., Sharmaa, K.K., Kumar, P., Ramchiaryb, N., 2015. Laccase isozymes from *Ganoderma lucidum* MDU-7: isolation, characterization, catalytic properties and differential role during oxidative stress. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic 113, 68–75.

Lee, D.H., Lee, C.B., 2000. Chilling stress-induced changes of antioxidant enzymes in the leaves of cucumber: in gel enzyme activity assays. Plant Sci., 16;159(1):75-85.

Lee, S.J., Jeong, E.M., Ki, A.Y., Oh, K.S., Kwon, J., Jeong, J.H., Chung, N.J., 2016. Oxidative defense metabolites induced by salinity stress in roots of S*alicornia herbacea*. J Plant Physiol., 1(206): 133-142.

Li, L., Yi, H., Xue, M., Yi, M., 2017. miR398 and miR395 are involved in response to SO_2 stress in *Arabidopsis thaliana*. Ecotoxicology. 26(9):1181-1187.

Lichtenthaler, H.K., Buschmann, C., 2001. Current Protocols in Food Analytical Chemistry, F4.3.1-F4.3.8.

Liu Q, Hu H, Zhu L, Li R, Feng Y, Zhang L, Yang Y, Liu X, Zhang H. 2015. Involvement of miR528 in the regulation of arsenite tolerance in rice (*Oryza sativa* L.). J Agric Food Chem. 14;63(40): 8849-8861. Ma, C., Burd, S., Lers, A. 2015. miR408 is involved in abiotic stress responses in *Arabidopsis.* The Plant Journal, 84: 169–187.

Mabuchi, K., Maki, H., Itaya, T., Suzuki, T., Nomoto, M., Sakaoka, S., Morikami, A., Higashiyama, T., Tada, Y., Busch, W., Tsukagoshi, H., 2018. MYB30 links ROS signaling, root cell elongation, and plant immune responses. Proc Natl Acad Sci U S A. 15;115(20): E4710-E4719.

Menon, S.G., Goswami, P.C., 2007. A redox cycle within the cell cycle: ring in the old with the new. Oncogene. 22;26(8): 1101-1109.

Nakano, Y., Asada, K., 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbatespecific peoxidase in spinach chloroplasts. Plant Cell Physiol., 22: 867-880

Palatnik, J.F., Allen, E., Wu, X., Schommer, C., Schwab, R., Carrington, J.C., Weigel, D. 2003. Control of leaf morphogenesis by microRNAs. Nature, 425: 257–263.

Pfaffl, M.W., 2001. A new mathematical model for relative quantification in real-time RT–PCR. Nucleic Acids Research, 29(9): e45.

Quesada, M. A., Sfinchez-Roldfin, C., Heredia, A., Valpuesta, V., Bukovac, M.J., 1992. Peroxidase and IAA oxidase activities and peroxidase isoenzymes in the pericarp of seeded and seedless "Redhaven" peach fruit. Journal of Plant Growth Regulation, 11: 1-6.

Rymen, B., Fiorani, F., Kartal, F., Vandepoele, K., Inze, D., Beemster, G. T. S., 2007. Cold nights impair leaf growth and cell cycle progression in maize through transcriptional changes of cell cycle genes. Plant Physiology, 143 (3), 1429-1438.

Scandalios, J.G., 2005. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. Brazilian Journal of Medical and Biological Research, 38: 995-1014.

Sergiev, I., Alexieva, V., & Karanov, E. 1997. Effect of spermine, atrazine and combination between them on some endogenous protective systems and stress markers in plants. *Compt Rend Acad Bulg Sci*, *51*(3), 121-124.

Song, Q.X., Liu, Y.F., Hu, X.Y., Zhang, W.K., Ma, B., Chen, S.Y., Zhang, J.S., 2011. Identification of miRNAs and their target genes in developing soybean seeds by deep sequencing. BMC Plant Biology, 11, 5, doi: 10.1186/1471-2229-11-5.

Sun, G., 2011. MicroRNAs and their diverse functions in plants. Plant Molecular Biology, 18: 17–36.

Sunkar, R., Kapoor, A., Zhu, J., 2006. Posttranscriptional induction of two Cu/Zn superoxide dismutase genes in *Arabidopsis* is mediated by downregulation of miR398 and important for oxidative stress tolerance. The Plant Cell, 18, 2051–2065.

Sunkar, R., Chinnusamy, V., Zhu, J., Zhu, J. K. 2007. Small RNAs as big players in plant abiotic stress responses and nutrient deprivation. Trends Plant Science, 12: 301–309.

Sunkar, R., Li, Y., Jagadeeswaran, G., 2012. Functions of microRNAs in plant stress Responses. Trends in Plant Science, 17(4): 196-203.

Tsukagoshi, H., 2016. Control of root growth and development by reactive oxygen species. Curr Opin Plant Biol., 29: 57-63.

Tollenaar, M., Lee, E.A. 2002. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. Field Crops Research, 75: 161–169.

Varkonyi-Gasic, E., Wu, R., Wood, M., Walton, E.F., Hellens, R.P., 2007. Protocol: a highly sensitive RT-PCR method for detection and quantification of microRNAs. Plant Methods, 3: 12, doi:10.1186/1746-4811-3-12.

Wang, W., Xia, M.X., Chen, J., Yuan, R., Deng, F.N., Shen, F.F., 2016. Gene expression characteristics and regulation mechanisms of superoxide dismutase and ıts physiological roles in plants under stress. Biochemistry (Mosc), 81(5): 465-80.

Wang, W., Vinocur, B., Altman, A., 2003. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. Planta, 218: 1–14.

Zhang, YC, Yu, Y., Wang, C.Y., Li, Z.Y., Liu, Q., Xu, J., Liao, J.Y., Wang, X.J., Qu, L.H., Chen, F., Xin, P., Yan, C., Chu, J., Li, H.Q., Chen, Y.Q., 2013. Overexpression of microRNA OsmiR397 improves rice yield by increasing grain size and promoting panicle branching. Nat Biotechnol., 31(9): 848-52.

Jagadeeswaran, G., Saini, A., Sunkar, R., 2009. Biotic and abiotic stress down-regulate miR398 expression in *Arabidopsis*. Planta., 229(4): 1009-14.

Xie, F.L., Huang, S.Q., Guo, K., Xiang, A.L., Zhu, Y.Y., Nie, L., Yang, Z.M., 2007. Computational identification of novel microRNAs and targets in *Brassica napus*. FEBS Lett., 3;581(7): 1464-1474.

Hola, D., Kocova, M., Rothova, O., Wilhelmova., N., Benesova, M., 2007. Recovery of maize (*Zea mays* L.) inbreds and hybrids from chilling stress of various duration: photosynthesis and antioxidant enzymes. J Plant Physiol., 164(7): 868-77.

Weii L., Zhang, D., Xiang, F., Zhang, Z., 2009. Diferentially expressed miRNAs potentially involved in the regulation of defence mechanism to drought stress in maize seedlings. International Journal of Plant Sciences, 170(8): 979–989.

Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi
Anadolu Journal of Agricultural Sciences
http://dergipark.gov.tr/omuanajas

Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 34 (2019)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/omuanajas.470078

Farklı kökenli arpa çeşitlerinin tane verimi ve bazı kalite özellikleri yönünden değerlendirilmesi

Özge Doğanay Erbaş Köse, Zeki Mut*

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bilecik
Sorumlu yazar/corresponding author:zeki.mut@bilecik.edu.tr

Geliş/Received 12.10.2018 Kabul/Accepted 18.03.2019

ÖZET

Arpa malt sanayinde ve hayvan beslenmesinde kullanılan önemli bir tahıldır. Bu çalışma, Yozgat koşullarında 13 arpa çeşidinin tane verimi ve bazı kalite özelliklerini belirlemek amacıyla 2012-2015 yetiştirme sezonlarında 3 yıl süreyle tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Üç yıllık ortalamalara göre çeşitlerin tane verimi 278.7-375.2 kg da^{-1}, bitki boyu 67.66-91.83 cm, hektolitre ağırlığı 56.17-67.41 kg, bin tane ağırlığı 33.73-45.56 g, kül oranı % 1.771-2.097, yağ oranı % 1.581-2.085, protein oranı % 12.32-13.39, nişasta oranı % 57.15-62.40, ADF oranı % 5.898-7.523, NDF oranı % 22.00-24.87, K içeriği % 0.600-0.692, P içeriği % 0.399-0.425 ve Mg içeriği % 0.153-0.175 arasında değişmiştir. Tane verimi ile bitki boyu arasında olumlu ve önemli ilişki belirlenmiştir. Çalışmada, sırasıyla Erginel-90, Larende, Aydanhanım, Zeynelağa, Scarpia ve Özdemir-05 çeşitleri en yüksek tane verimine sahip çeşitler olmuştur. Aydanhanım çeşidi yüksek tane verimi yanında bitki boyu, bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı ve nişasta içeriği bakımından öne çıkan çeşit olmuştur.

Anahtar Sözcükler:
Arpa
Verim
Kalite
Protein
Nişasta

Determination of different origin barley cultivars in terms of grain yield and some quality traits

ABSTRACT

Barley is an important cereal used in malt industry and in animal feeding. This study was carried out according to the randomized complete block design with three replications for 3 years in the growing season of 2012-2015 in order to determine the grain yield and some quality characteristics of 13 barley cultivars in Yozgat conditions. Over the years, grain yields of the cultivars varied between 278.7-375.2 kg da^{-1}, plant heights between 67.66-91.83 cm, test weights between 56.17-67.41 kg, thousand grain weights between 33.73-45.56 g, ash contents between 1.771-2.097 %, fat ratios between 1.581-2.085 %, protein contents between 12.32-13.39 %, starch contents between 57.15-62.40 %, ADF contents between 5.898-7.523 %, NDF contents between 22.00-24.87%, K contents between 0.600-0.692 %, P contents between 0.399-0.425 % and Mg contents between 0.153-0.175 %. Relationship between grain yields with plant height was determined in positive and significant. The highest grain yield was obtained from Erginel-90, Larende, Aydanhanım, Zeynelağa, Scarpia ve Özdemir-05 cultivars, respectively. Aydanhanım cultivar with high grain yield was in the superior position in terms of plant height, thousand grain weight, test weight and starch content

Keywords:
Barley
Yield
Quality
Protein
Starch

© OMU ANAJAS 2019

1. Giriş

Arpa (*Hordeum vulgare* L.) tanesindeki yüksek protein içeriği nedeniyle çoğunlukla hayvan beslenmesi ve yüksek ekstrakt verimi ile malt yapımında kullanılması yanında, sindirilebilir lif ve yüksek β-glukan içeriğinden dolayı son yıllarda insan besini olarak da kullanılmaktadır (Alkan ve Kandemir, 2015).

Dünyada ekim alanı 46.9 milyon hektar, üretimi 141.2 milyon ton olan arpanın (FAO, 2017), ülkemizde 2.42 milyon ha ekim alanı ve 7.1 milyon ton üretimi ile tahıllar içerisinde ekiliş ve üretim bakımından ikinci sırada yer almaktadır (TÜİK, 2017). Yozgat ilinde arpa ekim alanı 362.2 bin da, üretimi 85.1 bin ton ve verimi 230 kg da^{-1} olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2017). Çeşit ve iklim koşullarına göre arpanın fiziksel özellikleri ve kimyasal içeriği değişkenlik göstermektedir (Gou ve

ark., 2003). Arpa tuzluluğa dayanıklılığından dolayı çoraklaşma görülen bölgelerde toprak ıslahı için kullanılan, sulu alanlarda ise endüstri bitkileri ve baklagiller ile iyi bir münavebe oluşturan önemli bir kültür bitkisidir (Topal, 1993).

Arpada hektolitre ağırlığı, bin tane ağırlığı, tane tekdüzeliği gibi fiziksel özellikler yanında protein, yağ, nişasta ve kül içerikleri ile sindirilebilirliği gibi kimyasal özellikler kalite açısından ele alınan önemli özelliklerdir. Bu amaçla bir bölge ya da ilde yetiştirilecek çeşitlerde yüksek tane verimi yanında istenilen kalite vasıflarının belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu çalışma Yozgat ya da benzer ekolojilerde üreticilerin kaynağını ve özelliklerini bilmedikleri çeşitlerin yerine ikame edebilecek yüksek verimli ve istenilen kalite özelliklerine sahip çeşitlerin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, 2012-2015 yılları arasında Yozgat'ın Yerköy ilçesinde yer alan Bozok Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Merkezine ait arazide üç yıl süreyle yürütülmüştür. Materyal olarak Türkiye'de yaygın olarak yetiştirilen bazı arpa çeşitleri ile farklı özel kuruluşlardan temin edilen toplam 13 arpa çeşidi (başak tipi 2 sıralı 8 adet, 6 sıralı 5 adet) kullanılmıştır (Çizelge 1). Denemelerde ekim m^2'ye 500 tohum olacak şekilde ve 8 m uzunluğundaki parsellere, 8 sıra ve sıra arası 20 cm olacak şekilde parsel mibzeriyle yapılmıştır.

Çizelge 1. Denemede kullanılan çeşitlerin isimleri, başak tipleri ve tescil edildiği kuruluşlar

Çeşit adı	Başak tipi	Tescil edildiği veya çeşitlerin temin edildiği yerler
Angela	6 sıralı	Alfa Tohum Tarım Gıda İnş.Paz. San. Tic. Ltd. Şti.
Epona	6 sıralı	Alfa Tohum Tarım Gıda İnş.Paz. San. Tic. Ltd. Şti.
Erginel-90	6 sıralı	Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü
Kondrat	6 sıralı	Marmara Tohum Geliştirme A.Ş.
Scarpia	6 sıralı	Marmara Tohum Geliştirme A.Ş.
Aydanhanım	2 sıralı	Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü
Bülbül-89	2 sıralı	Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü
Larende	2 sıralı	Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü
Metaxa	2 sıralı	Marmara Tohum Geliştirme A.Ş.
Özdemir-05	2 sıralı	Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü
Sarmat	2 sıralı	Marmara Tohum Geliştirme A.Ş.
Tarm-92	2 sıralı	Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü
Zeynel Ağa	2 sıralı	Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü

Ekim işlemi birinci yıl 15 Ekim 2012, ikinci yıl 14 Ekim 2013 ve üçüncü yıl 11 Ekim 2014 tarihlerinde yapılmıştır. Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre 3 tekrarlı olarak kurulan denemelere toprak tahlil sonucuna göre dekara 9 kg saf N ve 7 kg P_20_5 olacak şekilde gübre uygulanmıştır (Sirat ve Sezer, 2013). Ekimle birlikte P_20_5 DAP gübresi olarak, azot uygulaması ise ekim ve sapa kalkma dönemi öncesinde olmak üzere iki eşit dozda uygulanmıştır. Çalışmada sulama yapılmamıştır. Yabancı ot mücadelesi kimyasal olarak yapılmıştır. Deneme alanı toprağı killi tınlı (% 54.60), orta derecede kireç içeren (8.56 kg da^{-1}), tuzsuz (% 0.016) organik maddece fakir (% 1.93) ve alkali (8.13) bir yapıdadır. Bunun yanında besin elementleri bakımından fosfor içeriği orta (8.57 kg da-1) ve potasyum içeriği (47.43 kg da^{-1}) yüksektir. İklim verileri Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 2 incelendiğinde tane verimini etkileyen yağış miktarı denemenin üçüncü yılında, birinci ve ikinci yıl ile uzun yıllar ortalamasına göre oldukça yüksek gerçekleşmiştir. Denemenin yürütüldüğü birinci, ikinci ve üçüncü yıl toplam yağış miktarı sırasıyla 535.2, 513.6 ve 687.0 mm olurken, uzun yıllar yağış toplamı 560.3 mm olmuştur. Vejetasyon döneminde birinci yıl, ikinci yıl, üçüncü yıl ve uzun yıllar sıcaklık ortalaması sırasıyla 9.3, 8.3, 7.9 ve 9.0 ºC olmuştur. Ortalama nispi nem birinci, ikinci, üçüncü yıllarda sırasıyla % 63.8, 60.7, 68.4 olurken uzun yıllarda % 68.4 olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 2). Denemenin birinci yılında Mart ayının son haftasında görülen sıfırın altındaki ani ve şiddetli sıcaklık düşüşü bitkilerin zarar görmesine neden olmuştur.

Çalışmada bitki boyu, tane verimi, bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, kül oranı, yağ, protein ve nişasta içeriği, ADF (asit deterjanda çözünmeyen lif) ve NDF (nötr deterjanda çözünmeyen lif), K ve P içerikleri incelenmiştir. Bitki boyu, hektolitre ağırlığı, bin tane ağırlığı, kül oranı, protein oranı, Van Soest ve ark. (1991)'na göre ADF ve NDF değerleri, Ewers Polarimetrik metoda (AACC, 2005) göre nişasta içeriği, "Olsen" yöntemine göre fosfor (P) oranı belirlenmiştir. Potasyum (K) ve Magnezyum (Mg) oranları ise Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi ile tespit edilmiştir (Kacar 1994).

Sonuçlar SAS paket istatistik analiz programında yapılmış ve özelliklerin ortalamaları arasındaki karşılaştırmalar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir (SAS, 1998). Çizelgelerde aynı sıra ve sütunlarda aynı harflerle gösterilen değerler arasında 0.01 önem seviyesine göre fark yoktur.

Çizelge 2. Deneme yıllarına ve uzun yıllara ait iklim verileri*

	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ort/Top.
Toplam Yağış (mm)											
2012-2013	53.7	55.9	120.3	75.4	78.5	54.2	35.9	22.0	35.6	3.7	535.2
2013-2014	22.1	36.5	25.1	58.7	17.6	116.7	31.6	121.8	79.8	3.7	513.6
2014-2015	72.6	61.3	53.3	54.5	68.0	115.3	28.0	131.6	95.3	7.1	687.0
Uzun Yıllar	42.6	63.8	76.6	65.1	61.5	62.1	69.5	62.1	42.2	14.8	560.3
Ortalama Sıcaklık (°C)											
2012-2013	12.8	6.1	2.1	0.1	3.0	5.3	9.9	16.3	18.2	19.2	9.3
2013-2014	8.6	5.5	-3.0	1.3	2.7	5.2	10.8	13.6	16.8	21.8	8.3
2014-2015	10.6	4.2	4.1	-1.0	0.8	4.4	6.1	14.1	16.0	19.8	7.9
Uzun Yıllar	10.2	4.2	0.0	-2.0	-0.9	3.0	8.3	12.9	16.8	19.8	9.0
Ortalama Nem (%)											
2012-2013	61.7	79.8	81.2	77.6	72.4	63.8	61.3	47.8	46.1	46.6	63.8
2013-2014	55.4	67.2	71.0	75.5	61.9	63.5	53.4	60.4	56.0	43.2	60.7
2014-2015	69.3	70.2	77.9	76.7	73.3	69.5	61.9	59.9	71.5	54.7	68.4
Uzun Yıllar	65.9	72.1	76.8	77.0	74.9	70.0	66.6	64.0	60.3	56.6	68.4

*İklim verileri Yozgat Meteoroloji Müdürlüğünden alınmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Bitki Boyu ve Tane Verimi

Bitki boyu bakımından yıllar arasında ve her üç yılda da çeşitler arasında çok önemli fark ($P<0.01$) bulunmuştur (Çizelge 3). Ortalama bitki boyu 2012-2013, 2013-2014 ve 2014-2015 yetiştirme sezonlarında sırasıyla 65.46, 82.92 ve 85.30 cm olmuştur. Çizelge 2'nin incelenmesinden anlaşılacağı üzere üçüncü yetiştirme sezonunda toplam miktarı diğer sezonlara göre nispeten daha fazla olmuş ve bununda bitki boyunu olumlu yönde etkilediği düşünülmektedir. Çeşitlerin bitki boyu bakımından verdiği tepki yıllara göre farklılık göstermiş olup yıl×çeşit interaksiyonunun önemli olduğu ve çeşitlerin sıralanışında önemli değişiklikler olduğu gözlenmiştir (Çizelge 3). Birinci yıl Aydanhanım, Bülbül-89 ve Zeynel Ağa çeşitleri, ikinci yıl Aydanhanım, Erginel-90, Zeynel Ağa, Larende ve Özdemir-05 çeşitleri, üçüncü yıl ise Aydanhanım, Tarm-92 ve Erginel-90 çeşitleri en uzun boylu çeşitler olmuş ve istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. Çizelge 3'de görüldüğü gibi yılların ortalamasına göre de çeşitler arasında önemli farklılıklar belirlenmiş ve ortalama bitki boyu 77.89 cm olmuş, en kısa 67.66 cm ile Metaxa çeşidinde, en uzun 91.83 cm ile Aydanhanım çeşidinde ölçülmüştür. Üç yıllık ortalamaya göre Aydanhanım çeşidi uzun bitki boyu ve istikrarlı yapısıyla öne çıkmaktadır. Bitki boyu tarımsal uygulamalara (ekim zamanı, ekim sıklığı, gübreleme gibi), çeşidin genetik yapısına, yağış rejimine ve toprak özelliklerine bağlı olarak değişmektedir (Çölkesen ve ark., 1993). Yapılan çalışmalarda (Doğan ve ark., 2014; Mut ve ark., 2014; Alkan ve Kandemir, 2015; Çöken ve Akman, 2016; Aktaş, 2017; Ergün ve ark., 2017) bitki boyunun 65.8 ile 115.4 cm arasında değiştiği bildirilmiştir. Bitki boyu, verime dolaylı yoldan etki etmesi nedeniyle tahıllarda üzerinde durulan bir özelliktir (Doğan ve ark., 2014; Mut ve ark., 2014).

Çizelge 3. Arpa çeşitlerinin bitki boyu ve tane verimine ait ortalama değerler

Çeşitler	Bitki boyu (cm)								Tane verimi (kg da^{-1})							
	2012-13		2013-14		2014-15		Ortalama		2012-13		2013-14		2014-15		Ortalama	
Angela	59.37	d	88.33	ab	73.46	fg	73.72	de	222.7	ab	351.0	a	290.0	cd	287.9	cd
Epona	61.83	cd	73.00	d	76.98	efg	70.61	ef	302.8	a	331.3	ab	270.0	d	301.4	cd
Erginel-90	61.67	cd	89.33	a	96.92	ab	82.64	b	287.3	a	366.7	a	471.6	a	375.2	a
Kondrat	58.10	d	72.00	d	77.52	efg	69.21	ef	228.3	ab	325.0	ab	307.5	bcd	286.9	cd
Scarpia	68.77	bc	81.00	c	82.34	def	77.37	cd	229.5	ab	365.6	a	384.0	abc	326.4	a-d
Aydanhanım	81.00	a	90.67	a	103.82	a	91.83	a	244.9	ab	329.2	ab	437.5	a	337.2	abc
Bülbül-89	79.57	a	81.00	c	83.67	cde	81.41	bc	240.7	ab	237.5	b	370.8	a-d	283.0	cd
Larende	58.60	d	89.00	ab	88.45	bcd	78.68	bc	308.9	a	358.3	a	415.0	ab	360.8	ab
Metaxa	60.00	cd	71.00	d	71.98	g	67.66	f	183.2	b	272.9	ab	380.0	a-d	278.7	d
Özdemir-05	58.17	d	88.33	ab	93.38	bc	79.96	bc	262.1	ab	325.0	ab	390.0	abc	325.7	a-d
Sarmat	64.67	cd	81.00	c	84.71	cde	76.79	cd	215.7	ab	352.1	a	358.8	a-d	308.8	bc
Tarm-92	63.17	cd	83.00	bc	97.28	ab	81.15	bc	241.0	ab	351.0	a	288.8	cd	293.6	cd
Zeynel Ağa	76.07	ab	90.33	a	78.35	efg	81.58	bc	237.1	ab	353.1	a	411.5	ab	333.9	a-d
Ortalama	65.46	c	82.92	b	85.30	a	77.89		246.5	c	332.2	b	367.3	a	315.3	
VK (%)	8.45		4.52		6.88		6.59		16.85		16.96		18.40		19.37	

Zira arpa, büyük oranda hayvan beslemede sadece tane amaçlı değil sap, saman ve hasıl yem gibi kaba yem olarak da tüketilen bir tahıldır (Kün, 1996). Öte yandan yetiştiricilik açısından bitki boyunun artması yatmayı arttıracağından istenmeyen bir durumdur.

Tane verimine yıl ($P<0.01$) ve çeşitlerin ($P<0.05$) istatistiki olarak önemli etkileri olmuştur. 2012-2013, 2013-2014, 2014-2015 yetiştirme sezonlarında ve yılların ortalamasındaki tane verimleri sırasıyla 246.5, 332.2, 367.3 kg ve 315.3 kg da^{-1} olmuştur. Denemenin birinci yılında düşen yağış miktarı ikinci yılında düşen yağış miktarından daha fazla olmasına rağmen 30 Mart'ta görülen don olayından dolayı bitkiler zarar görmüş ve birinci yıl tane verimleri daha düşük olmuştur. Çalışmanın üçüncü yılında tane verimlerinin diğer yıllardaki denemelerden yüksek olmasının temel nedeninin bu yılda düşen yağışın daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Çizelge 2). Yıllar içerisinde çeşitler değerlendirildiğinde birinci yılda çok geniş bir varyasyon olmamakla beraber Larende ve Epona çeşitleri yüksek tane verimiyle, Metaxa çeşidi ise düşük verimiyle dikkat çekmektedir (Çizelge 3). İkinci yılda Bülbül-89 çeşidindeki verim düşüşü dikkat çekmiş ve söz konuşu bu düşüş 7 çeşide göre istatiksel olarak da önemli bulunmuştur. Bu yılda Erginel-90 çeşidi en yüksek tane verimine sahip olmasına rağmen Bülbül-89 hariç diğer çeşitlerden farklı bulunmamıştır. Üçüncü sezonda çeşitler arasındaki farklılıklar daha belirgin olmuş ve Erginel-90, Aydınhanım, Larende ve Zeynel Ağa ilk dört sırada yer almıştır. Üç yılın ortalamasına göre tane verimi en yüksek 375.2 kg da-1 ile Erginel-90 çeşidinde elde edilmiş bu çeşidi aynı istatistiki grupta yer alan Larende (360.8 kg da^{-1}), Aydanhanım (337.2 kg da^{-1}), Zeynel Ağa (333.9 kg da^{-1}), Özdemir-05 (325.7 kg da-1) ve Scarpia (326.4 kg da^{-1}) çeşitleri izlemiştir. En düşük tane verimi ise 278.7 kg da^{-1} ile Metaxa çeşidinden elde edilmiş, Kondrat, Epona, Angela, Tarm-92 ve Bülbül-89 çeşitleriyle aynı istatistiki grupta yer almıştır. Arpada verimi çeşidin genetik potansiyeli yanında düşen yağış miktarı ve bunun aylara dağılımı, topraktaki nem ve besin maddeleri miktarı, uygulanan yetiştirme teknikleri gibi faktörler belirlemektedir (Mut ve ark., 2014). Yapılan çalışmalarda tane veriminin 407.0 ile 487.0 kg da^{-1} (Karahan ve Sabancı, 2010), 314.9 ile 474.7 kg da^{-1} (Mut ve ark.,2014), 307.9 ile 502.1 kg da^{-1} (Alkan ve Kandemir, 2015), 218.0 ile 363.0 kg da^{-1} (Çöken ve Akman, 2016), 290.0 ile 552.0 kg da^{-1} (İmamoğlu ve ark., 2016), 376.9 ile 670.4 kg da^{-1} (Kızılgeçi ve ark., 2016), 381.5 ile 525.5 kg da^{-1} (Sirat ve Sezer, 2017) ve 605.0 ile 787.0 kg da^{-1} (Oral ve ark., 2017) arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

3.2. Hektolitre ve bin tane ağırlığı

Hektolitre ağırlığının yıllara ve çeşitlere göre istatistiki olarak $P<0.01$ seviyesinde farklı olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4). Hektolitre ağırlığı birinci yıl 61.29 kg, ikinci yıl 62.30 kg ve üçüncü yıl 64.28 kg olmuştur. Çizelge 4 incelendiğinde çeşitlerin hektolitre ağırlıklarındaki diziliş yıllara göre değişmiş ve bu bakımdan yıl×çeşit interaksiyonuda istatistiki olarak $P<0.01$ önem seviyesinde bulunmuştur. 2012-2013 sezonunda Özdemir-05, Metaxa ve Aydınhanım, 2013-2014 sezonunda Metaxa, Zeynel Ağa, Özdemir-05 ve Aydınhanım, 2014-2015 sezonunda ise Tarm-92 ve Özdemir-05 en yüksek hektolitre ağırlığı değerlerine sahip olmuşlardır. Üç yılın ortalamasına göre hektolitre ağırlığı en düşük Scarpia çeşidinden, en yüksek ise kg ile Özdemir-05, Metaxa ve Aydınhanım çeşitlerinden elde edilmiş ve ortalama 62.60 kg olmuştur. En yüksek hektolitre ağırlığına sahip Özdemir-05 çeşidi istatistiki olarak Metaxa ve Aydanhanım çeşitleri ile aynı grupta yer almıştır. Çeşitlerin değişen çevre koşullarına farklı tepki vermesinden dolayı yıl×çeşit etkileşiminin önemli bulunduğu düşünülmektedir. Hektolitre ağırlığının iklim ve çevre koşullarından etkilenmesinin yanında çeşidin altı ya da iki sıralı olmasına göre de değişmektedir. Ayrıca hektolitre ağırlığının tanenin protein içeriği, tanelerdeki homojenlik, endosperm yapısı ve kavuz oranına bağlı olarak çeşitlere ve yetiştirme koşullarına göre değişkenlik gösterdiği bildirilmektedir (Kün, 1996; Mut ve ark., 2014). Yapılan çalışmalarda hektolitre ağırlığının 55.1 ile 76.4 kg arasında değiştiği bildirilmiştir (Mut ve ark., 2014; Doğan ve ark., 2014; Alkan ve Kandemir, 2015; Çöken ve Akman, 2016; İmamoğlu ve ark., 2016; Kızılgeçi ve ark., 2016; Aydoğan ve ark., 2017; Sirat ve Sezer, 2017).

Üç yıl süreyle yürütülen bu araştırmada bin tane ağırlığının yıllara ve çeşitlere göre çok önemli ($p<0.01$) derecede değiştiği saptanmıştır (Çizelge 4). 2012-2013, 2013-2014, 2014-2015 yıllarında ve birleşmiş yıllarda bin tane ağırlığı sırasıyla 35.20, 39.97, 42.57 ve 39.25 g olmuştur. Bin tane ağırlığı çeşide göre değişkenlik gösteren bir özellik olsa da çevre koşullarından çok fazla etkilenmektedir. Çalışmanın üçüncü yılında iklim koşullarının daha iyi olması tane dolum periyodunu uzatmış ve bin tane ağırlığını arttırmıştır. Özellikle yağışa dayalı koşullarda kurağa daha toleranslı çeşitlerin bin tane ağırlıklarında daha az kayıplar verdiği tespit edilmiştir (Aktaş, 2017). En yüksek bin tane ağırlığına birinci yıl Metaxa, Aydanhanım, Ödemir-05, Zeynel Ağa ve Bülbül-89 çeşitleri, ikinci yıl Metaxa çeşidi, üçüncü yıl ise Metaxa, Sarmat, Aydanhanım, Özdemir-05 çeşitleri sahip olmuştur. Yılların ortalamasına göre değerlendirildiğinde Kondrat çeşidinin (33.0 g) en düşük, Metaxa (45.6 g) çeşidinin en yüksek bin tane ağırlığına sahip olduğu görülmektedir. Arpa çeşitlerinin bin tane ağırlığı bakımından yıllara göre farklılık göstermesi yıl×çeşit interaksiyonun önemli çıkmasına neden olmuştur.

Çizelge 4. Arpa çeşitlerinin hektolitre ağırlığı ve tane verimine ait ortalama değerler

Çeşitler	Hektolitre Ağırlığı (kg)				Bin tane ağırlığı (g)			
	2012-13	2013-14	2014-15	Ortalama	2012-13	2013-14	2014-15	Ortalama
Angela	56.79 e	59.23 c	58.35 f	58.12 e	32.07 e	35.20 g	38.19 d	35.15 e
Epona	63.73 d	68.26 c	63.20 d	65.06 d	26.87 f	32.78 h	39.41 d	33.02 f
Erginel-90	60.34 d	61.49 bc	63.20 d	61.68 d	32.73 e	37.43 ef	39.67 d	36.61 de
Kondrat	57.62 e	61.59 bc	57.65 f	58.95 e	27.83 f	31.41 h	32.95 e	30.73 g
Scarpia	54.84 f	53.18 d	60.50 e	56.17 f	33.53 de	38.31 e	38.76 d	36.87 d
Aydanhanım	65.01 ab	67.13 a	66.90 bc	66.35 ab	40.67 a	43.10 cd	47.49 abc	43.75 b
Bülbül-89	63.09 c	63.95 b	66.23 c	64.42 c	40.43 a	42.39 d	45.00 bc	42.61 b
Larende	60.77 d	59.33 c	66.20 c	62.10 d	33.87 de	41.65 d	44.00 c	39.84 c
Metaxa	65.81 a	69.18 a	66.45 bc	67.15 a	39.07 ab	48.19 a	49.42 a	45.56 a
Özdemir-05	66.07 a	67.85 a	68.30 ab	67.41 a	40.00 a	42.24 d	48.33 ab	43.53 b
Sarmat	57.10 e	54.31 d	63.90 d	58.44 e	35.17 cd	46.11 b	48.23 ab	43.17 b
Tarm-92	64.25 bc	63.74 b	68.75 a	65.58 b	36.97 bc	36.28 fg	37.33 d	36.86 d
Zeynel Ağa	61.36 bc	60.67 a	66.05 c	62.69 b	38.40 ab	44.50 bc	44.67 bc	42.52 b
Ortalama	61.29 c	62.30 b	64.28 a	62.60	35.20 c	39.97 b	42.57 a	39.25
VK (%)	1.36	2.55	1.66	1.92	3.88	2.73	5.57	4.33

Bin tane ağırlığı çevre şartlarından etkilendiği gibi bu özellik bakımından genotipler arasında da çok önemli farklılıklar olduğu ve iki sıralı arpa çeşitlerinin daha yüksek bin tane ağırlığına sahip olduğu yapılan bir çok araştırmada (Mut ve ark., 2014; Alkan ve Kandemir, 2015; Çöken ve Akman, 2016; Aktaş, 2017; Aydoğan ve ark., 2017) ortaya konmuştur.

3.3. Kül ve yağ oranı

Kül oranının yıl, çeşit ve yıl×çeşit interaksiyonundan istatistiki olarak P<0.01 seviyesinde etkilendiği belirlenmiştir (Çizelge 5). 2012-2013, 2013-2014, 2014-2015 yetiştirme sezonlarında ve birleşmiş yıllarda kül oranı sırasıyla % 2.287, 1.904, 1.642 ve 1.944 olmuştur. Kül oranı birinci yıl Metaxa, Sarmat, Kondrat, Epona, Angela, Özdemir-05 ve Zeynel Ağa, ikinci yıl Larende ve Epona çeşitlerinde daha yüksek olmuştur. Üçüncü yıl ise Sarmat çeşidinin kül oranı daha yüksek olmuştur. İklim şartları çeşitlerin yıllardaki kül oranlarında değişimlere neden olmuştur. Çizelge 5'de görüldüğü gibi üç yılın ortalamasına göre, kül oranı en düşük Bülbül-89 (% 1.771), en yüksek Sarmat (% 2.097) çeşidinde elde edilmiştir. Sarmat, Epona ve Angela çeşitlerinin kül oranları diğer çeşitlerden daha yüksek olmuştur. Arpa çeşitlerinin kül oranı değerinin yıllara göre değişim göstermesi nedeniyle yıl×çeşit interaksiyonu önemli olmuştur. Kül miktarı genetik ve çevre faktörleri yanında yetiştirme tekniklerinden de etkilenmektedir. Yapılan çalışmalarda kül içeriğini Brand ve ark. (2003) % 1.7 ile 2.1 arasında, Ragaee ve ark. (2006) ortalama % 2.88, Alkan ve Kandemir (2015) % 2.04 ile 2.56 arasında belirlemişlerdir.

Araştırmada elde edilen yağ oranları yönünden deneme yılları arasında Çizelge 5'de görüleceği gibi önemli farklılıklar saptanmıştır. Yağ oranı birinci yıl % 1.800, ikinci yıl % 1.860 ve üçüncü yıl % 1.920 olmuştur. İklim şartlarından dolayı çeşitlerin farklı yıllardaki yağ oranlarında değişimler gözlemlenmiştir. Çeşitlere ait yağ oranları yıllara göre çok önemli derecede farklılık göstermiş ve yıl×çeşit interaksiyonuda istatistiki olarak (P<0.01) çok önemli bulunmuştur. Birinci yıl Scarpia, Tarm-92 ve Bülbül-89 çeşitleri, ikinci yıl Metaxa, Scarpia, Sarmat, Kontrat, Özdemir-05, Tarm-92, Erginel-90, Larende ve Bülbül-89 çeşitleri, üçüncü yıl Metaxa, Scarpia, Kondrat ve Erginel-90 çeşitlerinin yağ oranı daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 5. Arpa çeşitlerinin kül ve yağ oranına ait ortalama değerler

Çeşitler	Kül oranı (%)				Yağ oranı (%)			
	2012-13	2013-14	2014-15	Ortalama	2012-13	2013-14	2014-15	Ortalama
Angela	2.442 ab	1.945 b-e	1.735 b	2.041 ab	1.792 bc	1.823 bc	1.923 cd	1.846 cd
Epona	2.453 ab	2.074 ab	1.623 d	2.050 ab	1.713 c	1.313 d	1.715 g	1.581 f
Erginel-90	2.129 d	1.994 bc	1.721 bc	1.948 cd	1.811 bc	2.073 a	2.071 a	1.985 b
Kondrat	2.379 abc	2.028 abc	1.593 d	2.000 bc	1.796 bc	2.060 a	2.005 ab	1.954 c
Scarpia	2.224 c-d	1.902 b-e	1.620 d	1.915 cd	2.116 a	2.073 a	2.066 a	2.085 a
Aydanhanım	2.135 d	1.882 c-f	1.582 d	1.866 d	1.461 d	1.762 bc	1.815 ef	1.680 e
Bülbül-89	2.187 cd	1.545 g	1.580 d	1.771 e	1.941 ab	1.925 ab	1.946 bcd	1.937 bc
Larende	2.157 d	2.187 a	1.606 d	1.983 bc	1.791 bc	1.888 ab	1.836 ef	1.838 d
Metaxa	2.315 a-d	1.704 fg	1.603 d	1.874 d	1.864 bc	1.888 ab	2.014 ab	1.922 bcd
Özdemir-05	2.274 a-d	1.905 b-e	1.633 d	1.937 cd	1.685 cd	1.893 ab	1.942 bcd	1.840 d
Sarmat	2.463 a	1.988 bcd	1.839 a	2.097 a	1.784 bc	1.895 ab	1.878 de	1.852 cd
Tarm-92	2.250 bcd	1.794 ef	1.580 d	1.875 d	1.898 abc	1.929 ab	1.956 bc	1.928 bcd
Zeynel Ağa	2.320 a-d	1.808 def	1.635 cd	1.921 cd	1.745 bc	1.662 c	1.791 f	1.733 e
Ortalama	2.287 a	1.904 b	1.642 c	1.944	1.800 c	1.860 b	1.920 a	1.860
VK (%)	5.27	5.61	3.12	5.02	7.38	6.05	2.31	3.86

Yılların ortalamasına göre ise yağ oranı en düşük olan çeşit Epona (% 1.581), en yüksek olan ise Scarpia (% 2.085) çeşidi olmuştur. Scarpia çeşidi bütün yıllarda yüksek yağ oranına sahip olmasıyla dikkat çekmektedir.

Campbell ve ark. (1995) yaptıkları çalışmada yağ oranının % 1.31 ile 3.23 arasında değiştiğini ve yağ oranının çeşide, çevreye ve yetiştirme tekniğine bağlı olduğunu bildirmiştir. Yapılan diğer çalışmalarda Brand ve ark. (2003) yağ oranının % 2.3 ile 2.5 arasında değiştiğini ve Ragaee ve ark. (2006) ortalama yağ oranının 2.31 olduğunu bildirmiştir.

3.4. Protein ve nişasta oranı

Yılların ortalaması olarak % 12.8 olan protein oranı, 2012-2013, 2013-2014, 2014-2015 yetiştirme sezonlarında sırasıyla % 14.73, 12.57 ve 11.04 olmuştur. Yağış miktarının diğer yıllara göre daha fazla olduğu üçüncü yıl protein oranı daha düşük olmuştur. Birinci yıl olumsuz iklim koşulları ve yağışın az olması nedeniyle tanelerin küçük kaldığı ve protein oranın diğer yıllara göre yüksek gerçekleştiği düşünülmektedir (Çizelge 2). Yıllar kendi içerisinde değerlendirildiğinde çeşitler arasında önemli farklılıklar saptanmış olup; birinci yıl Özdemir-05 ve Tarm-92 çeşitleri, ikinci yıl Epona ve Angela, üçüncü yıl Sarmat çeşidi protein oranı en yüksek çeşitler olmuştur (Çizelge 6). Çeşitlerin değişen iklim koşullarına farklı tepkiler vermesi istatistiksel olarak da önemli (yıl×çeşit interaksiyonu önemli) bulunmuştur.

Çizelge 6. Arpa çeşitlerinin protein ve nişasta oranına ait ortalama değerler

Çeşitler	Protein oranı (%)				Nişasta oranı (%)			
	2012-13	2013-14	2014-15	Ortalama	2012-13	2013-14	2014-15	Ortalama
Angela	14.90 bc	14.13 ab	11.15 c	13.39 a	52.33 e	56.50 cde	63.80 de	57.54 fg
Epona	14.30 de	14.87 a	10.84 def	13.34 ab	52.89 de	55.35 de	67.25 ab	58.50 ef
Erginel-90	14.68 cd	11.36 fg	11.44 b	12.49 de	56.15 ab	56.73 cde	63.89 cde	58.92 de
Kondrat	14.54 cde	13.56 bcd	10.84 def	12.98 bc	53.98 b-e	54.84 e	66.98 ab	58.60 ef
Scarpia	12.43 f	11.81 ef	10.68 f	11.64 f	57.13 a	57.62 bcd	65.81 abc	60.19 bcd
Aydanhanım	14.41 cde	13.48 bcd	10.97 cd	12.95 bc	57.28 a	58.82 bc	65.69 a-d	60.60 b
Bülbül-89	14.81 c	11.37 fg	10.77 ef	12.32 e	57.13 a	62.61 a	67.45 a	62.40 a
Larende	14.79 c	13.05 cd	10.14 g	12.66 cde	55.92 ab	56.33 cde	66.68 ab	59.64 b-e
Metaxa	15.34 b	10.82 g	11.11 c	12.42 de	55.22 abc	64.24 a	67.47 a	62.31 a
Özdemir-05	16.54 a	12.58 de	11.04 cd	13.39 a	54.57 bcd	58.95 bc	65.35 bcd	59.62 b-e
Sarmat	14.22 de	13.73 bc	11.92 a	13.29 ab	52.34 e	55.98 de	63.12 e	57.15 g
Tarm-92	16.45 a	10.70 g	11.04 cd	12.73 cd	55.34 ab	59.82 b	66.07 ab	60.41 bc
Zeynel Ağa	14.11 e	11.93 ef	11.63 b	12.55 de	53.14 cde	58.87 bc	65.55 a-d	59.19 cde
Ortalama	14.73 a	12.57 b	11.04 c	12.78	54.88 c	58.21 b	65.78 a	59.62
VK (%)	2.13	4.82	1.40	3.16	2.38	2.73	1.79	2.29

Üç yılın ortalamasına bakıldığında ise Angela ve Özdemir-05 (% 13.39) çeşitlerinin en yüksek protein oranı sahip oldukları ve bu çeşitlerle Sarmat ve Epona çeşitlerini aynı istatistiki grupta yer aldıkları görülmektedir. Scarpia çeşidi ise protein oranı en düşük çeşit olmuştur.

Arpanın protein oranı beslenme açışından önemli olduğundan yemlik arpalarda yüksek olması istenirken; renk bulanıklığına, lezzetin acılaşmasına ve depo süresini kısalmasına neden olduğu için maltlık arpalarda % 12'den düşük olması istenir. Protein oranı yetiştirme teknikleri yanında, çeşidin erkenci ya da geççi, kışlık ya da yazlık, sarı olum döneminin kurak ya da nemli olmasından etkilenir (Kün, 1996; Alkan ve Kandemir, 2015). Yapılan çalışmalarda (Campell ve ark., 1995; Brand ve ark., 2003; Alkan ve Kandemir, 2015; Çöken ve Akman, 2016; İmamoğlu ve ar., 2016; Kızılgeçi ve ark., 2016; Oral ve ark., 2017; Sirat ve Sezer, 2017) protein oranı bakımından farklı sonuçlar elde edilmiş olup değerlerin % 9.3 ile 17.2 arasında değiştiği bildirilmiştir.

Nişasta oranı bakımından yıllar arasında ve çeşitler arasında istatistiksel olarak çok önemli farklılıklar saptanmıştır (Çizelge 6). 2012-2013, 2013-2014, 2014-2015 yetiştirme sezonlarında nişasta oranı sırasıyla % 54.88, 58.21 ve 65.78 olmuştur. En fazla yağış alan üçüncü yılda yağış miktarına paralel olarak nişasta oranı da en yüksek değere sahip olmuştur. Birinci yıl olumsuz iklim koşulları ve yağışın az olması nedeniyle bin tane ağırlığının azaldığı, tanelerin küçük kaldığı ve nişasta oranın düştüğü belirlenmiştir (Çizelge 2). Çeşitlere ait nişasta oranları incelendiğinde birinci yıl Metaxa, Scarpia, Aydanhanım, Tarm-92, Erginel-90 ve Larende çeşitleri, ikinci yıl Metaxa ve Bülbül-89 çeşitleri, üçüncü yıl ise Metaxa, Kondrat, Epona, Aydanhanım, Tarm-92, Larende, Zeynel Ağa ve Bülbül-89 çeşitlerinin nişasta oranı daha yüksek olduğu ve istatistiki olarak aynı grupta yer aldıkları görülmektedir (Çizelge 6). Üç yılın ortalamasına göre ise en yüksek nişasta oranı % 62.40 ile Bülbül-89 çeşidinden elde edilmiş olup, Bülbül-89 ile onu izleyen Metaxa (% 62.31) çeşidi aynı istatistiki grupta yer almıştır. Sarmat çeşidi % 57.15 ile nişasta oranı bakımından son sırada yer almıştır.

Nişasta tohum ağırlığının % 60'ını oluşturmaktadır. Yemlik arpalarda olmasa da biralık arpalarda önemli bir kalite kriteri olan nişasta oranının % 55-60'ın altında olması istenmez. Nişastanın yüksek olması ekstrakt verimini arttırır. Dolgun tanelerde protein oranı düşük, nişasta oranı yüksek olmaktadır. Yemlik arpalarda taneler küçük ve kavuz oranı yüksektir. Buna bağlı

olarak ekstrakt oranı da düşüktür (Kün, 1996; Kızılgeçi ve ark., 2016). Yapılan çalışmalarda nişasta oranının % 48.1 ile 70.5 (Campell ve ark., 1995, Brand ve ark., 2003, Kızılgeçi ve ark., 2016, Oral ve ark., 2017, Zhang ve Hamaker, 2017) arasında değiştiği bildirilmiştir.

3.5. Asit deterjanda çözünmeyen lif ve nötr deterjanda çözünmeyen lif oranı

Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif (ADF) değeri yıllar ve çeşitlere göre P<0.01 seviyesinde çok önemli farklılık göstermiştir. ADF değerleri 2012-2013, 2013-2014 ve 2014-2015 yıllarında sırasıyla % 7.513, 6.345 ve 6.225 olarak belirlenmiştir. Çalışmada iki sıralı arpa çeşitleri genellikle altı sıralı arpa çeşitlerine göre daha düşük ADF değerine sahip olmuştur. ADF oranı birinci yıl % 6.112 ile 8.708, ikinci yıl % 5.037 ile 7.666, üçüncü yıl ise % 5.540 ile 7.354 arasında değişmiştir (Çizelge 7). Çeşitlerin değişen iklim koşullarına farklı tepkiler vermesi istatistiksel olarak da önemli (yıl×çeşit interaksiyonu önemli) bulunmuştur. Çeşitlere ait ADF değeri değerlendirildiğinde en düşük % 5.898 ile Metaxa çeşidinden, en yüksek % 7.523 ile Angela çeşidinden elde edilmiştir. Metaxa, Tarm-92, Bülbül-89 ve Aydanhanım çeşitleri en düşük ADF değerlerine, Angela, Larende, Sarmat ve Epona çeşitleri ise en yüksek ADF değerlerine sahip olmuşlardır.

Nötr Deterjanda Çözünmeyen Lif (NDF) değeri yıllar ve çeşitlere göre P<0.01 seviyesinde çok önemli farklılık göstermiştir. NDF değerleri birinci, ikinci ve üçüncü yıllarda sırasıyla % 24.69, 24.05 ve 22.19 olarak belirlenmiştir. Çeşitlere ait NDF değerleri yıllara göre çok önemli derecede farklılık göstermiş ve yıl×çeşit interaksiyonuda istatistiki olarak (P<0.01) çok önemli bulunmuştur. Çeşitlerin ortalamasına göre NDF oranı en düşük % 22.00 ile Bülbül-89 çeşidinden, en yüksek % 24.87 ile Epona çeşidinden elde edilmiştir. Sarmat, Kondrat, Epona, Angela ve Larende çeşitleri en yüksek NDF değerlerine sahip olmuş ve aynı istatistiki grupta yer almışlardır. En düşük NDF değeri ise Bülbül-89, Tarm-92 ve Metaxa çeşitlerinden elde edilmiştir. ADF değerinde olduğu gibi NDF değeri de genellikle iki sıralı arpalarda daha düşük bulunmuştur (Çizelge 7).

Çizelge 7. Arpa çeşitlerinin ADF ve NDF oranına ait ortalama değerler

Çeşitler	ADF oranı (%)				NDF oranı (%)			
	2012-13	2013-14	2014-15	Ortalama	2012-13	2013-14	2014-15	Ortalama
Epona	8.708 a	6.396 bc	6.310 bcd	7.138 abc	26.54 a	25.59 a	22.48 a-d	24.87 a
Angela	8.608 a	6.608 bc	7.354 a	7.523 a	26.10 a	24.73 ab	23.06 ab	24.63 a
Erginel-90	6.436 de	6.981 ab	6.265 bcd	6.561 def	23.20 e	24.12 bc	22.52 a-d	23.28 cd
Kondrat	8.185 ab	5.927 cde	6.236 b-e	6.783 cd	25.70 abc	25.28 ab	22.08 bcd	24.35 ab
Scarpia	8.009 ab	6.702 abc	6.407 bc	7.039 bcd	23.94 de	24.47 ab	21.99 b-e	23.47 c
Aydanhanım	6.708 cde	6.329 bcd	5.631 de	6.223 efg	23.69 de	24.79 ab	22.12 bcd	23.53 c
Bülbül-89	6.943 cd	5.331 de	5.933 cde	6.069 fg	23.59 de	21.57 d	20.83 e	22.00 e
Larende	8.215 ab	7.666 a	6.258 b-e	7.380 ab	25.75 ab	25.14 ab	22.64 abc	24.51 a
Metaxa	7.117 cd	5.037 e	5.540 e	5.898 g	24.60 bcd	22.04 d	21.44 de	22.69 de
Özdemir-05	6.550 de	6.920 abc	6.230 b-e	6.567 def	24.33 de	24.82 ab	21.90 cde	23.68 bc
Sarmat	8.566 a	6.169 bcd	6.725 ab	7.153 abc	25.67 abc	24.70 ab	23.50 a	24.62 a
Tarm-92	6.112 e	6.262 bcd	5.652 de	6.009 g	23.52 de	22.43 d	21.75 cde	22.57 de
Zeynel Ağa	7.512 bc	6.161 bcd	6.388 bc	6.687 cde	24.42 cde	22.97 cd	22.10 bcd	23.16 cd
Ortalama	7.513 a	6.345 b	6.225 b	6.695	24.69 a	24.05 b	22.19 c	23.64
VK (%)	6.65	9.44	6.66	7.62	3.10	3.63	3.20	3.32

Arpa tanesi, % 19-21 NDF ve % 52-73 nişasta içerir. Bununla birlikte besin komposizyonu coğrafik koşullara, yetiştirildiği ekolojiye ve yıllara, iki ya da altı sıralı, yemlik ya da maltlık olma durumuna ve ekim zamanına göre önemli değişkenlik göstermektedir (Hussey, 2012). Yemin sindirilebilirliğini ADF ve NDF değeri belirlemektedir (Van soest, 1991). ADF yemin sindirilebilirliği ve hayvanın enerji alımını, NDF ise hayvanın yem alımına doğrudan etkili olan özelliklerdir. Yemde ADF değerinin yüksek olması yemlerin sindirilebilirliği ve enerji değerini düşürür (Kutlu, 2008; Mut ve ark., 2017). Yapılan çalışmalarda ADF ve NDF oranını sırasıyla Campell ve ark. (1995) % 4.5 ile 8.6 ve % 11.5 ile 20.2, Brand ve ark. (2003) % 2.6 ile 9.2 ve 16.6 ile 28.9, Alkan ve Kandemir (2015) % 6.53 ile 9.07 ve % 19.8 ile 26.6, Alijosius ve ark. (2016) % 5.82 ile 7.46 ve % 13.07 ile 24.15 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

3.6. Potasyum, fosfor ve magnezyum içeriği

Potasyum (K), fosfor (P) ve magnezyum (Mg) değeri yıllar ve çeşitlere göre P<0.01 seviyesinde çok önemli farklılık göstermiştir. Yılların ortalaması olarak birinci, ikinci ve üçüncü yıllarda K içeriği sırasıyla % 0.760, 0.577 ve 0.579 olarak belirlenmiştir. Birinci yıl Metaxa, Sarmat, Kondrat, Epona, Angela, Özdemir-05, Tarm-92 ve Larende çeşitleri, ikinci yıl Epona ve Larende çeşitleri, üçüncü yıl ise Sarmat ve Zeynel Ağa çeşitleri K içeriği en yüksek çeşitler olmuş ve aynı istatistiki grupta yer almıştır. Çeşitlerin K içeriği en düşük % 0.600 ile Scarpia çeşidinden, en yüksek % 0.692 ile Epona çeşidinden elde edilmiştir. Epona çeşidi ile birlikte Angela ve Sarmat çeşitlerinin potasyum içerikleri daha fazla bulunmuş ve aynı grupta yer almışlardır (Çizelge 8).

P içeriği birinci, ikinci ve üçüncü yıllarda sırasıyla

% 0.446, 0.396 ve 0.384 olarak belirlenmiştir. Birinci yıl Özdemir-05 ve Tarm-92 çeşitleri, ikinci yıl Sarmat, Angela ve Larende çeşitleri, üçüncü yıl ise Sarmat, Angela ve Erginel-90 çeşitleri P içeriği en yüksek çeşitler olmuş ve aynı istatistiki grupta yer almıştır. Üç yılın ortalamasına göre çeşitlerin P içeriği en düşük % 0.399 ile Scarpia ve Bülbül-89 çeşidinden, en yüksek % 0.425 ile Angela çeşidinden elde edilmiştir. Sarmat çeşidi de en

Çizelge 8. Arpa çeşitlerinin K ve P içeriğine ait ortalama değerler

Çeşitler	K içeriği (%)				P içeriği (%)			
	2012-13	2013-14	2014-15	Ortalama	2012-13	2013-14	2014-15	Ortalama
Angela	0.803 ab	0.627 bc	0.605 b	0.678 ab	0.454 bc	0.425 a	0.396 a	0.425 a
Epona	0.773 abc	0.705 a	0.597 bc	0.692 a	0.436 de	0.415 abc	0.381 cd	0.411 cd
Erginel-90	0.742 cd	0.536 efg	0.597 bc	0.625 def	0.438 de	0.392 de	0.396 a	0.409 cd
Kondrat	0.774 abc	0.562 de	0.565 def	0.634 de	0.449 bcd	0.406 bcd	0.380 cd	0.412 cd
Scarpia	0.705 d	0.530 efg	0.566 def	0.600 g	0.423 e	0.393 de	0.382 bcd	0.399 e
Aydanhanım	0.761 bc	0.624 bc	0.542 fg	0.642 cd	0.436 de	0.399 cd	0.378 def	0.404 de
Bülbül-89	0.760 bc	0.489 g	0.559 efg	0.603 fg	0.453 bc	0.373 f	0.371 f	0.399 e
Larende	0.775 abc	0.664 ab	0.540 fg	0.660 bc	0.447 bcd	0.411 abc	0.372 ef	0.410 cd
Metaxa	0.780 abc	0.528 efg	0.589 bcd	0.632 de	0.449 bcd	0.367 f	0.382 bcd	0.400 e
Özdemir-05	0.805 ab	0.591 cd	0.579 cde	0.658 bc	0.458 ab	0.401 bcd	0.388 b	0.416 bc
Sarmat	0.773 abc	0.607 cd	0.635 a	0.671 ab	0.444 bcd	0.418 ab	0.399 a	0.420 ab
Tarm-92	0.807 a	0.496 fg	0.537 g	0.613 efg	0.468 a	0.381 ef	0.379 cde	0.409 cd
Zeynel Ağa	0.734 cd	0.539 ef	0.610 ab	0.628 de	0.441 cd	0.373 f	0.385 bc	0.400 e
Ortalama	0.760 a	0.577 b	0.579 b	0.641	0.446 a	0.396 b	0.384 c	0.409
VK (%)	3.58	5.11	2.75	3.90	1.85	2.62	1.09	1.96

Çizelge 9. Arpa çeşitlerinin Mg değerine ait ortalama değerler

Çeşitler	Mg içeriği (%)			
	2012-13	2013-14	2014-15	Ortalama
Angela	0.193 ab	0.173 a	0.160 ab	0.175 a
Epona	0.186 bc	0.174 a	0.149 cde	0.170 bc
Erginel-90	0.180 c	0.152 cd	0.156 abc	0.162 e
Kondrat	0.192 ab	0.165 ab	0.149 cde	0.168 bcd
Scarpia	0.167 d	0.149 de	0.150 cde	0.156 f
Aydanhanım	0.180 c	0.161 bc	0.145 e	0.162 e
Bülbül-89	0.188 bc	0.135 f	0.133 f	0.152 f
Larende	0.193 ab	0.172 a	0.147 de	0.171 ab
Metaxa	0.194 ab	0.138 f	0.153 b-e	0.162 e
Özdemir-05	0.197 a	0.160 bc	0.155 a-d	0.171 ab
Sarmat	0.181 c	0.172 a	0.163 a	0.172 ab
Zeynel Ağa	0.186 bc	0.148 de	0.159 ab	0.165 cde
Ortalama	0.188 a	0.157 b	0.152 c	0.165
VK (%)	Şub.86	Mar.73	Mar.34	Mar.29

yüksek P içeriğine sahip Angela çeşidiyle aynı istatistiki grupta yer almıştır (Çizelge 8). Mg içeriği birinci, ikinci ve üçüncü yıllarda sırasıyla % 0.188, 0.157 ve 0.152 olarak belirlenmiştir.

Birinci yıl Metaxa, Kondrat, Angela, Özdemir-05, Tarm-92 ve Larende çeşitleri, ikinci yıl Sarmat, Kondrat, Epona, Angela ve Larende çeşitleri, üçüncü yıl ise Sarmat, Angela, Özdemir-05, Erginel-90 ve Zeynel Ağa çeşitleri Mg içeriği en yüksek çeşitler olmuş ve aynı istatistiki grupta yer almıştır.

Yılların ortalamasına göre Mg içeriği en düşük % 0.152 ile Bülbül-89 çeşidinden, en yüksek % 0.175 ile Angela çeşidinden elde edilmiştir. Angela ve Sarmat çeşidi aynı istatistiki grupta yer almıştır (Çizelge 9).Çeşitlere ait K, P ve Mg içeriği yıllara göre çok önemli derecede farklılık göstermiş ve yıl×çeşit interaksiyonuda istatistiki olarak ($P<0.01$) önemli bulunmuştur. Sönmez ve Yılmaz (2000)'ın 1994 ve 1995 yıllarında yaptıkları çalışmada sırasıyla ortalama K içeriğini % 0.29 ve 0.31, P içeriğini % 0.24 ve 0.26, Mg içeriğini % 0.08 ve 0.09 olarak belirlemişlerdir. Yapılan diğer çalışmalarda Demirbaş (2005) ortalama K içeriğini % 2.51, P içeriğini % 0.27 ve Mg içeriğini % 0.24, Ragaee ve ark. (2006) ortalama K içeriğini % 0.457, P içeriğini % 0.457 ve Mg içeriğini % 0.197 olarak bildirmişlerdir. Alkan ve Kandemir (2015) 26 arpa çeşidinde yaptıkları çalışmada K içeriğinin % 0.372 ile 0.461, P içeriğinin % 0.269 ile 0.389 ve Mg içeriğinin 0.116 ile 0.144 arasında değiştiğini

bildirmişlerdir.

3.7. İncelenen özellikler arasındaki ilişkiler

Çeşitlerin incelenen özellikleri arasındaki ilişkiler Çizelge 10'da verilmiştir. Tane verimi ile bitki boyu arasında olumlu ve önemli ilişki belirlenmiştir. Hektolitre ağırlığı ile nişasta oranı arasında olumlu ve önemli, ADF oranı ile ise önemli ve olumsuz ilişki belirlenmiştir. Kül oranı ile ADF, NDF, K ve Mg arasında olumlu ve çok önemli, protein oranı ile önemli ve olumlu, nişasta oranı ile ise çok önemli ve olumsuz ilişki belirlenmiştir. Yağ oranı ile protein oranı ve K içeriği arasında önemli ve olumsuz ilişki belirlenmiştir. Protein oranı ile K, P ve Mg içeriği arasında olumlu ve çok önemli, NDF ile olumlu ve önemli, nişasta oranı arasında olumsuz ve önemli ilişki belirlenmiştir. Nişasta oranı ile ADF, NDF, P ve Mg içeriği arasında olumsuz ve çok önemli, potasyum içeriği ile olumsuz ve önemli ilişki belirlenmiştir. ADF ile NDF özelliklerinin hem birbiriyle hem de K, P ve Mg içerikleri ile olumlu ve çok önemli ilişki gösterdiği tespit edilmiştir. K, P ve Mg içerikleri arasında olumlu ve önemli ilişki belirlenmiştir. Kuru tarım yapılan bölgelerde yüksek sıcaklıklar ve yetersiz yağış nedeni ile tane verimi ve kalite özelliklerinin birbirleriyle olan ilişkileri değişim gösterebilmektedir (Mut ve ark., 2010). Öztürk ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada, tane verimi ile bin tane ağırlığı (r=0,412**) arasında olumlu ve çok önemli; bitki boyu ile bin tane ağırlığı (r=-0,475**) arasında olumsuz ve çok önemli; hektolitre ağırlığı ile ham protein oranı (r=-0,285*) ile olumsuz ve önemli; bin tane ağırlığı ile hektolitre ağırlığı (r=0,564**) arasında olumlu ve çok önemli ilişki belirlemişlerdir. Kızılgeçi ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada Diyarbakır lokasyonunda bin tane ağırlığı ile protein oranı (0.392*) arasında olumlu ve önemli, nişasta oranı ile ise (-0.543**) olumsuz ve çok önemli; protein oranı ile hektolitre ağırlığı (0.605**) arasında olumlu ve çok önemli ilişki belirlemiştir. Mardin lokasyonunda ise protein oranı ile nişasta oranı (-0.586**) arasında olumsuz ve çok önemli; hektolitre ağırlığı ile nişasta oranı (0.468**) arasında olumlu ve çok önemli ilişki olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 10. Özellikler arasında korelasyon katsayıları

	TV	BB	BTA	HA	KO	YO	PO	NO	ADF	NDF	K	P
BB	0.569*											
BTA	0.098	0.397										
HA	-0.061	0.229	0.470									
KO	0.073	-0.440	-0.432	-0.501								
YO	-0.043	-0.135	-0.097	-0.436	-0.271							
PO	-0.146	-0.099	-0.098	0.184	0.596*	-0.628*						
NO	-0.186	0.176	0.472	0.569*	-0.920**	0.240	-0.602*					
ADF	0.242	-0.267	-0.428	-0.683*	0.820**	-0.150	0.323	-0.795**				
NDF	0.135	-0.350	-0.466	-0.438	0.925**	-0.392	0.603*	-0.829**	0.860**			
K	-0.014	-0.297	-0.139	0.014	0.786**	-0.678*	0.837**	-0.655*	0.620*	0.824**		
P	-0.078	-0.224	-0.318	-0.281	0.770**	-0.171	0.808**	-0.792**	0.606*	0.701**	0.740**	
Mg	0.018	-0.310	-0.236	-0.116	0.824**	-0.430	0.826**	-0.768**	0.629*	0.796**	0.854**	0.858**

*p< 0.05 ve **p< 0.01 düzeyinde önemlidir. TV= Tane verimi (kg da-1), BB= Bitki boyu (cm), BTA= Bin tane ağırlığı (g), HA= Hektolitre ağırlığı, KO=Kül oranı (%), YO= Yağ oranı (%), PO= Protein oranı (%), NO= Nişasta oranı (%), ADF= Asit deterjanda çözünmeyen lif (%), NDF= Nötr deterjanda çözünmeyen lif (%), K=Potasyum (%), P=Fosfor (%) ve Mg=magnezyum (%)

4. Sonuç

Yozgat koşullarında 2012-2013, 2013-2014 ve 2014-2015 yetiştirme sezonlarında 3 yıl süreyle yürütülen çalışmada; incelenen özellikler bakımından önemli farklılıklar belirlenmiştir. En yüksek tane verimleri Erginel-90 (375.2 kg da^{-1}), Larende (360.8 kg da^{-1}), Aydanhanım (337.2 kg da^{-1}), Zeynel Ağa (333.9 kg da^{-1}), Özdemir-05 (325.7 kg da^{-1}) ve Scarpia (326.4 kg da^{-1}) çeşitlerinden elde edilmiştir. Ancak arpa için verim tek başına yeterli bir kriter değildir. Kullanım amacına göre bazı özelliklerinde istenilen seviyede olması gerekir. Havyan yemi olarak yüksek tane verimi yanında protein ve bazı minerallerce zengin, sindirilme ve enerji değeri yüksek, belirli oranda kavuz içeren arpalar tercih edilirken, bira ve malt sanayinde ise homojen taneli, kavuz oranı ve protein oranı düşük, nişasta oranı, bin tane ağırlığı ve hektolitre ağırlığı yüksek arpalar tercih edilmektedir. Aydanhanım çeşidi yüksek tane verimi yanında bitki boyu, hektolitre ağırlığı, bin tane ağırlığı ve nişasta içeriği bakımından öne çıkan çeşit olmuştur. Ayrıca, Larende ve Özdemir-05 çeşitleri hem verim hem de bazı kalite özellikleri bakımından genel ortalamanın üstünde değerlere sahip olmuştur.

Kaynaklar

AACC, American Association of Cereal Chemists., 2005. Approved Methods of the AACC (11th ed.). St. Paul, USA.

Aktaş, H., 2017. Türkiye'de yoğun ekim alanına sahip bazı arpa (Hordeum vulgare L.) çeşitlerinin destek sulamalı ve yağışa dayalı koşullarda değerlendirilmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi. 14 (03): 86-97.

Alkan, F. R., Kandemir, N., 2015. Tokak yerel arpa çeşidi içinden seçilen saf hatların bazı gıda, yem ve tarımsal özellikler bakımından varyasyonları. Tarla

Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 24 (2):124-139.

Alijošius S., Švirmickas G. J., Bliznikas S., Gružauskas R., Šašytė V., Racevičiūtė-Stupelienė A., Kliševičiūtė V., Daukšienė A., 2016. Grain chemical composition of different varieties of winter cereals Zemdirbyste-Agriculture, 103 (3): 273–280. doi: 10.13080/z-a.2016.103.035

Aydoğan, S., Şahin, M., Göçmen Akçacık, A., Demir, B., Hamzaoğlu, S., Kara, İ., 2017. Arpa genotiplerinin farklı lokasyonlardaki kalite özelliklerinin değerlendirilmesi. Selçuk Tarım ve Gıda Dergisi, 31 (2): 8-13.
doi:10.15316/SJAFS.2017.13

Brand, T.S., Cruywagen, C.W., Brandt, D.A., Viljoen, M., Burger, W.W., 2003. Variation in the chemical composition, physical characteristics and energy values of cereal grains produced in the western cape area of South Africa. South African Journal of Animal Science, 33(2): 117-126. doi:10.4314/sajas.v33i2.3765

Campbell, L. D., Boila, R. J., Stothers, S. C., 1995. Variation in the chemical composition and test weight of barley and wheat grain grown at selected locations throughout Manitoba. Can. J. Anim. Sci. 75 (2): 239-246, https://doi.org/10.4141/cjas95-035

Çöken, İ., Akman, Z., 2016. Isparta ekolojik koşullarında bazı arpa (Hordeum vulgare L.) çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 20(1): 91-97. doi: 10.19113/sdufbed.23066

Çölkesen, M., 1993. Buğday ve arpada kalitenin belirlenmesi. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 4(1), 115-128.

Demirbaş, A., 2005. ß-glucan and mineral nutrient contents of cereals grown in Turkey. Food Chemistry, 90: 773–777. doi: 10.1016/j.foodchem.2004.06.003

Doğan, Y., Kendal, E., Karahan, T., Çiftçi, V., 2014. Diyarbakır Koşullarında Bazı Arpa Genotiplerinde Verim ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. JAFAG, 31(2): 31-40. doi: 10.13002/jafag331

Ergün, N., Aydoğan, S., Sayım, İ., Karakaya, A., Oğuz, A.Ç., 2017. Arpa (Hordeum vulgare L.) Köy Çeşitlerinde Tane Verimi ve Bazı Tarımsal Özelliklerin İncelenmesi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 26(2), 180-189. doi: 10.21566/tarbitderg.366381

FAO, 2017. FAO Production Yearbook. Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome. http://www.faostat.fao.org/ [Erişim tarihi: 8 Ekim 2018].

Gou T. R., Zhang G. P., Zhou M. X., Wu F. B. and Chen J. X., 2003. Genotypic difference in plant growth and mineral composition in barley under aluminum stres. Agricultural Sciences in China, 2 (5): 494-501.

Hussey, Erin M., 2012. Nutrient mass balance and performance of feedlot cattle fed barley based diets in large pens in western. Thesis in Masters, Theses and Dissertations in Animal Science. 49, Canada.

İmamoğlu, A., Pelit, S., Sarı, N., Buyukkileci, C., Yıldız, Ö., 2016. Ege bölgesi sahil kuşağına uyumlu arpa (Hordeum vulgare L.) çeşit ve genotiplerinin verim ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 25 (Özel sayı-1): 141-145. doi: 10.21566/tarbitderg.280310

Kaçar, B., 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: III, Toprak Analizleri, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No:3, Ankara.

Karahan, T., Sabancı, C. O., 2010. Güneydoğu Anadolu ekolojik koşullarında bazı arpa (Hordeum vulgare L.) çeşitlerinin verim ve verim öğelerinin belirlenmesi. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi, 27(1):1-11

Kızılgeçi, F., Yıldırım, M., Albayrak, Ö., Akıncı, C,. 2016. Bazı arpa genotiplerinin Diyarbakır ve Mardin koşullarında verim ve kalite parametrelerinin incelenmesi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6(3):161-169. doi: 10.21597/jist.2016321851

Kutlu H. R., 2008. Yem değerlendirme ve analiz yöntemleri (Ders notu). Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Adana.

Kün, E., 1996. Tahıllar-I (Serin İklim Tahılları). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 1451, Ankara.

Mut, Z., Aydın, N., Bayramoğlu, H.O., Özcan. H., 2010. Stability of some quality traits in bread wheat (Triticum aestivum L.) genotypes. J. Environ. Biol., 31: 489-495.

Mut, Z., Sirat, A., Sezer, İ., 2014. Samsun koşullarında bazı iki sıralı arpa (Hordeum vulgare conv. distichon) genotiplerinde tane verimi ile başlıca tarımsal özelliklerin belirlenmesi ve stabilite analizi. YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi, 24(1): 60-69.

Mut, Z., Ö. D. Erbaş, H. Akay, 2017. Bazı Ekmeklik Buğday (Triticum aestivum L.) Çeşitlerinin Tane Verimi ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 32(1):85-95. doi: 10.7161/omuanajas.288862

Oral, E. Kendal, E., Doğan, Y. 2017. Bazı yazlık arpa (Hordeum vulgare L.) genotiplerinin verim ve kalite yönünden değerlendirilmesi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(1): 31-38. doi: 10.21597/jist.2017.82

Öztürk. İ., Avcı. R., Kahraman, T. 2007 Trakya Bölgesi'nde yetiştirilen bazı arpa (Hordeum vulgare L) çeşitlerinin verim ve verim unsurları ile bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. Trakya Üniv. Zir. Fak. Dergisi, 21 (1): 59-68.

Ragaee, S., El-Sayed M., Abdel-Aal, S. A., And Noaman, M., 2006. Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use, Food

Chemistry, 98: 32-38. doi:10.1016/j.foodchem.2005.04.039

SAS, 1998. INC SAS/STAT users' guide release 7.0, Cary, NC, USA.

Sirat, A., Sezer, İ., 2013. Samsun Ekolojik Koşullarında Bazı İki ve Altı Sıralı Arpa (Hordeum vulgare L.) Genotiplerinin Verim ve Verim Unsurları İle Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi, 23(1): 10–17.

Sirat, A. Sezer, İ. 2017. Samsun ekolojik koşullarında bazı iki sıralı arpa (Hordeum vulgare conv. distichon) çeşitlerinin verim, verim unsurları ile bazı kalite özelliklerinin incelenmesi. Akademik Ziraat Dergisi, 6(1):23-34.

Sönmez, F. Yılmaz, Y. 2000. Azot ve fosforun arpa tanesinin bazı makro ve mikro besin maddesi içerikleri üzerine etkisi. Tarım Bilimleri Dergisi, 6(2): 65-75.

Topal A., 1993. Konya ekolojik şartlarında bazı arpa çeşitlerinde (Hordeum vulgare L.) farklı ekim zamanlarının kışa dayanıklılık, dane verimi, verim unsurları ve kalite özelliklerine etkileri üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,107s, Konya.

TÜİK, 2017. Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel üretim istatistikleri. https://biruni.tuik.gov.tr /medas/?kn=92&locale=tr [Erişim tarihi: 8 Ekim 2018].

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. J. Dairy Sci., 74(10): 3583-3597.

Zhang, G., Hamaker, B. R., 2017. The nutritional property of endosperm starch and its contribution to the health benefits of whole grain foods. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 57(18): 3807-3817. doi: 10.1080/10408398.2015.1130685

Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi
Anadolu Journal of Agricultural Sciences
http://dergipark.gov.tr/omuanajas

Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 34 (2019)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/omuanajas.491130

Dactylorhiza romana (sebast.) soo. salep orkidelerinde dört yıllık gelişim sürecinin tanımlanması

Ömer Çalışkan*, Dursun Kurt

Bitkisel ve hayvansal Üretim Bölümü, Bafra Meslek Yüksekokulu, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun
Tarla Bitkileri Bölümü, Ziraat Fakültesi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat

Geliş/Received 01.12.2018 Kabul/Accepted 06.05.2019

ÖZET

Yumrulu orkideler, salep orkidesi olarak bilinir ve yüzyıllardır doğadan toplanıp tıbbi bitki olarak kullanılmaktadır. Vejetatif ya da generatif olarak üretim olanakları kısıtlı olduğu için nesli tehlike altında olan türlerdir. İn-vitro çalışmalar ile tohum çimlenmesi başarılmış ancak çimlenen bireylerin yıllar itibariyle gelişim durumu ile ilgili hiçbir kaynağa rastlanmamıştır. Bu çalışmada *Dactylorhiza romana* türünün doğada çimlenen tohumlarından gelişen filizler materyal olarak kullanılmıştır. Toplanan minik salep filizlerinin dört yıl süre ile gelişimleri izlenmiş ve her vejetasyon yılı sonunda bazı morfolojik özellikleri belirlenmiştir. Tohumun çimlenmesi ile gelişmeye başlayan bitkilerde ilk yıl bir adet yaprak ve ortalama 0.25 gramlık yumru oluşmuştur. Bu yumruların dikilmesi ile ikinci yıl bitkiler 3 yaprak ve 0.99 gram yumru üretmiştir. Üçüncü yılda ilk kez çiçek oluştuğu görülmüştür. Çiçek üretme olgunluğu gösterinceye kadar geçen süreye yetişkinlik süresi adı verilmiş ve *Dactylorhiza romana* türünde yetişkinlik süresinin 3 yıl olduğu ortaya konulmuştur. Ancak bitkiler dördüncü yılda yeterli büyüklüğe ulaşmış ve ortalama 3.11 gramlık yumru üretebilmiştir.

Anahtar Sözcükler:
Çiçek
Orkide
Salep
Verim
Yıllık gelişim
Yumru

Description of development period of *Dactylorhiza romana* (Sebast.) Soo. during four consecutive years

ABSTRACT

Tuberous orchids are known as salep orchids and have been collected from nature as medicinal plants for centuries. Propagation of the orchids via vegetative or reproductive parts has not yet been achieved, therefore they are endangered species. Seed germination was achieved by in-vitro studies, but there is no report on annual development status of the seed-derived individuals. In this study, sprouts from *Dactylorhiza romana* species germinating in nature were used as material. The four-year development of the small shoots was monitored. Some morphological characteristics were determined at the end of each year. In the first year, one leaf and tuber 0.25 gram in weight were formed. In the second year, individuals producing 3 leaf and 0.99 gram tuber did not bloom. Flowering was observed at first in the third year. The period until first flowering was described as adulthood stage and this period was observed as three years for *Dactylorhiza romana*. However, the plants reached enough size in the fourth year and were able to produce an average of 3.11 grams of tuber.

Keywords:
Annual development
Flower
Orchids
Sahlep
Tuber
Yield

© OMU ANAJAS 2019

1. Giriş

Orchidaceae familyası, 25-30.000 civarında tür ile yeryüzünde en geniş çeşitliliğe sahip ikinci familyadır. Yeni bulunan ve melez türler ile bu sayı daha da artmaktadır (Özkoç, 1991; Arditti ve Ghani, 2000). Familya içinde terrestrial orkide olarak adlandırılan ve toprak altında yumru üreten türler salep orkidesi olarak bilinmektedir. Salep orkidelerinin yumruları yüzyıllardır tıbbi bitki olarak kullanılmaktadır (Baytop, 1994, 1999; Kasparek ve Grim, 1999; Isin, 2008). Günümüzde ise çoğunlukla maraş tipi dondurma yapımında ve sıcak içecek olarak tüketilmektedir (Sezik, 2002; Hossain, 2011; Gorbani ve ark., 2014).

Orkideceae familyası içinde *Dactylorhiza* cinsinin farklı bir yeri vardır. Diğer tüm salep orkideleri oval şekilli yumru üretirken *Dactylorhiza* cinsi parmak şekilli yumrular üretmektedir. Geniş adaptasyon kabiliyeti sayesinde 0-2000 m rakımlar arasında görülebilmekte, Avrupa, Akdeniz ve Kuzey Afrika'dan Asya'ya kadar yayıldığı bildirilmektedir (Renz ve Taubenheim, 1984; Shipunov ve ark., 2004; Daşkın ve ark., 2007; Ernaz ve ark., 2012). Diğer türlerden bir diğer farkı ise yüksek glukomannan içeriğine sahip

olmasıdır. Bu özelliği ile daha değerli bir salep orkidesi cinsidir (Farhoosh ve Riazi, 2007; Blinova ve Uotila 2012; Çalışkan 2018). Araştırma materyali olarak seçilen *Dactylorhiza romana* türü de iki parmaklı yumru oluşturan ve ılıman kuşakta yaygın görülen önemli bir salep orkidesi türüdür.

Orkidelerin çiçeklerinde, döllenmeden sonra gelişen ovaryum, kapsül şeklinde meyveyi oluşturmaktadır. İçerisinde mekik şekilli binlerce tohum bulunmaktadır. Tüm orkidelerin ortak özelliği hepsinde çok küçük, toz benzeri, mikroskopik tohumlara sahip olmalarıdır. Orkideler ailesini diğer tohumlu bitkilerden ayıran en önemli husus ise orkide tohumlarında besi doku olmayışıdır. Bitkiler âlemindeki bilinen en küçük tohumlar arasında yer almaktadır. Tohum uzunluğu 0.25-1.2 mm, genişliği 0.09-0.27 mm ve ağırlığı 0.3-14 mg kadardır. Tohumlarında endosperm bulunmadığı gibi embriyoları da nispeten az hücreden (40-50 adet) oluşmuştur. Tohum yapısındaki dikkate değer diğer bir konu ise çimlenme sonrası kök, gövde, sürgün gibi bitki kısımlarını oluşturacak kısımların şekillenmemiş olmasıdır. Bu duruma morfolojik dormansi denilmektedir. Kısacası ilkel embriyolu ve besi dokusu olmayan tohumlardır (Arditti, 1967; Baskın ve Baskın, 1998; Çığ ve ark., 2018). Yetişkin bir salep orkidesi en az 8-10 adet tohum kapsülü ve bu kapsüller içinde onbinlerce tohum üretebilmektedir. Ancak toz zerreleri kadar küçük ve besi dokudan yoksun tohumların kendi kendilerine hayata tutunmaları, çimlenip filizlenmeleri imkânsızdır. Çimlenme aşamasında tohumlar farklı bir canlı organizmadan destek almadan gelişemezler. Çimlenme öncesinde az sayıdaki hücrelerde farklılaşma olması ve görev dağılımı yapılarak kök, sürgün gibi kısımları oluşturacak bölümlerin şekillenmesi gereklidir (Rasmussen, 1995; Sezik ve ark., 2007; Bektaş ve ark., 2013; Warghat ve ark., 2014).

a b

Şekil 1. *Dactylorhiza romana* türüne ait popülasyonun 20.02.15 tarihinde tespit edilen gelişim durumu, a: Orman içinde yayılış gösteren *Dactylorhiza romana* popülasyonu, b: Popülasyon içinde çimlenerek filizlenmiş yeni bireyler

İlkel tohumları nedeniyle orkidelerin etrafa saçtıkları sayılamayacak kadar çok tohumdan belki de milyonda biri çimlenme şansı yakalamaktadır. Çimlenebilen tohumların ise gelişimleri çok yavaştır ve uzun yıllar sürmektedir. Biyolojik özellikleri diğer bitkilerden oldukça farklı olan salep bitkisinin doğal koşullarda embriyolarının çimlenip bitkicik oluşturma süresi türler arasında farklılık göstermektedir. Çimlenen fidenin ilk yıl 1-2 küçük yaprak ile vejetasyon sürecini tamamladığı bilinmektedir. İlerleyen yıllarda bitkilerde büyüme devam etmekte ve çiçek oluşturma yeteneğine kavuşmaktadırlar. Tohumun çimlenmesinden çiçeklenme büyüklüğüne ulaşılıncaya kadar geçen sürece yetişkinlik süreci diyebiliriz. Çünkü sadece generatif olgunluğa ulaşabilen bireyler çiçek oluşturup tohum üretebilmektedir. Bu sürenin kaç yıl süreceği türlerin genetik özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Çünkü tohumların doku kültürü ortamında çimlendirilmesi ve devamında oluşan protokormlardan bitki geliştirilmesi, dünya genelinde başarılmış ancak elde edilen fidelerin gelişim süreçleri takip edilmemiştir. Bu konuda bilgi eksikliği oluşmuştur (Sezik, 1984; Çalışkan, 2018). Doku kültürü ile in vitro çalışmalar çoğunlukla tür bazında çimlendirme çalışmaları ile kısıtlı kalmaktadır. Burada doğal ortamlarda gözlem yapan bazı araştırıcıların tespitlerine yer verilebilir. Örneğin; salep orkidelerinde tohumdan üretim konulu çalışmalarında Tutar ve ark. (2013), çimlenen tohumların 3-4 yıl sonra çiçeklenme büyüklüğüne ulaşabileceğini ifade etmişlerdir. Sezik (1984)'de çimlenen tohumlardan yaprak ve yumrunun uzun yıllar sonra meydana geldiğini bildirmiştir. Aynı araştırıcıya göre ortalama en kısa süre 2-4 yıldır. Ancak hangi salep orkidesi türünün kaç yılda yetişkinlik sürecini tamamladığına dair yeterli kaynak yoktur.

Yürütülen bu çalışma ile arazi gezilerinde, doğal ortamlarında çimlendikleri ve çıkış yaptıkları tespit edilen *D. romana* türü salep orkidesi türüne ait filizler toplanmıştır. Elde edilen bu filizlerin gelişimleri 4 yıl takip edilmiş ve yıllar itibariyle büyüme gelişme

durumları ortaya konulmak istenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Samsun salep orkideleri çeşitliliğinin belirlenmesi amacıyla yapılan arazi gezilerinde özellikle orman kenarlarında, *Dactylorhiza romana* türünün yaygın olduğu görülmüştür. Çalışma materyali olan tür, Ondokuzmayıs ilçesi Dağköy mevkiinde tespit edilmiştir. 20 Şubat 2015 tarihinde yapılan saha gezisinde türün yayılış gösterdiği bölgede yetişkin bireylerin çevrelerinde tohumdan geliştiği anlaşılan yeni filizler gözlenmiştir.

Şekil 2. Yetişkin bir *Dactylorhiza romana* bireyi etrafında dökülen tohumlardan geliştiği anlaşılan filizler

Yıllar itibariyle bu yeni bireylerin gelişimlerini takip etmek ve yetişkinlik sürecini ortaya koymak amacıyla örnek materyal toplanmıştır. Deneme materyalinin toplandığı alanda, *Dactylorhiza romana* türüne ait popülasyonun 20 Şubat 2015 tarihinde ki gelişim durumu Şekil 1'de, yetişkin bir *Dactylorhiza romana* bitkisi ile etrafında tohumdan büyüyen filizlerin görseli de Şekil 2'de görülmektedir. Şekil 2'de görülen filizlerden 30 adet filiz, yetişkin bireylerden ayrılarak kendi toprağı ile birlikte saksılara nakledilmiştir. Çalışma materyali olarak kullanılan bu 30 filizden 11 tanesi Şekil 3'te verilmiştir.

Şekil 3. Deneme materyali; çimlenme şansı yakalamış tohumların gelişmeye başlaması ile oluşan filizler (ilk gelişim durumunu gözlemlemek için toprakları temizlenmiştir).

Salep orkidelerinde çimlenmenin gerçekleştiği ilk yıl minik bir yumru üretilmektedir. Bu minik yumru, bir sonraki vejetasyon yılında, kendisinden daha büyük yeni bir yumru üreterek yetişme sezonunu tamamlamaktadır. Bu süreç yeni yumru belli bir büyüklüğe gelinceye kadar devam etmektedir. Eski yumru ise vejetasyon sonunda çürüyerek kaybolmaktadır. Dört vejetasyon yılının incelendiği bu çalışmada, fidelerin yıllık gelişim durumlarını özetlemek amacıyla her vejetasyon yılı sonunda bitki boyu, yaprak sayısı, yaprak boyu, yaprak eni, yumru boyu, yumru eni ve yumru ağırlığı ölçümleri alınmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Tüm orkidelerde olduğu gibi salep orkideleri de hayatlarının ilk safhası olan çimlenme aşamasında dışarıdan, başka bir canlı grubunun yardımı ile beslenmek zorundadır. Salep tohumlarının çimlenmesine yardım eden ve gerekli besinleri sağlayan mikorhiza grubundan mantarlardır. İlk gelişim döneminde salep orkidesi tohumları funguslar ile ortak yaşama girmektedirler. Mikorhizal funguslar toprakta bulunan organik kalıntılardan sağladıkları besinleri orkide tohumuna vererek onu beslemekte ve büyümelerine yardımcı olmaktadır. Mikorhizal mantar ile tohum arasındaki bu ilişkiye simbiyotik yaşam adı verilmektedir (Rasmussen, 1995; Çağlayan ve ark., 1998; Jacobsone, 2008; Bektaş ve ark., 2013; Mehra, 2014). Şekil 3 incelendiğinde çimlenmiş ve sürgün çıkışı gerçekleşmiş olan ve yaprak oluşturan bireylerde kök sistemi olmadığı görülmektedir. Bu durum tohumun mantarlar tarafından beslendiğini kanıtlayan yeni bir örnektir.

Diğer orkide türlerinde olduğu gibi *Dactylorhiza romana* salep orkidesinin tohumları çimlendikten sonra, gelişim süreçleri uzun yıllar devam etmektedir. Yıllık büyüme durumu ve çiçeklenme yılı hakkında hiçbir kaynağa rastlanmamıştır. Bilgi eksikliğinin giderilmesi amacıyla yürütülen bu çalışmada doğal ortamlarında çimlenmiş olan bireyler kullanılmıştır. Dört yıl takip edilen gelişim sürecinde, elde edilen morfolojik özelliklerin yanı sıra örnek bireyler her vejetasyon sonunda resimlenmiştir (Şekil 4). Bitkiler solmaya başladıklarında gelişimlerinin durduğu anlaşılmaktadır ve gerekli ölçümler bu aşamada yapılmıştır. Elde edilen morfolojik özellikler Çizelge 1'de görülmektedir.

Materyal olarak kullanılan 30 bitkicikte de, ilk yıl sadece bir adet yaprak gelişimi olmuştur (Şekil 4a). Ortalama yaprak eni 0.8 cm, yaprak boyu ise 5.9 cm'dir. İlk yıl üretilen yumrunun yaş ağırlığı sadece 0.25 gramdır. Bu minik yumrular yaz dönemini dormant olarak geçirmiş ve 5 Eylül 2015 tarihinde saksılara dikilmiştir. İkinci vejetasyon yılı 21 Mayıs 2016 tarihinde tamamlanmıştır.

İkinci yıl vejetasyon döneminde bitkiler, 3 adet yaprak meydana getirmişlerdir. Vejetasyon sonunda ikinci yıl yumrularının ortalama ağırlığı 0.99 gr olarak ölçülmüştür. İlk iki yıl bitki boyu değerleri alınmamıştır. Zira bu yıllarda yaprak haricinde toprak üstü aksamı yoktur.

Üçüncü vejetasyon yılı performanslarını belirlemek amacıyla 1 Eylül 2016 tarihinde yumru dikimleri yapılmıştır. Denemeye alınan bireylerde 3. yılda 5-6

adet çiçek üretildiği görülmüştür. Bilindiği gibi çiçek üretme olgunluğuna ulaşma süresi, yetişkinlik süreci olarak adlandırılmakta ve *Dactylorhiza romana* türünde yetişkinlik süreci 3 yıl olarak belirlenmiştir. Yaprak boy ve eni özelliklerinde ikinci yıla nazaran bir miktar artış olmuştur. Ancak en önemli artış yaprak sayısında gerçekleşmiş ve 6 adet yaprak oluştuğu tespit edilmiştir. Üçüncü vejetasyon yılında çiçeklenen bitkiler ortalama 16.3 cm boya ulaşmış ve 2.3 gramlık taze yumru üretmişlerdir. Dördüncü vejetasyon dönemi kontrolleri için 7 Eylül 2017 tarihinde dikim yapılmıştır. Bitkilerin kütleleri üçüncü yıla nazaran daha da artmış ve bitki boyu 24.5 cm'ye oluşan yeni yumruların ağırlığı ortalama 3.11 grama ulaşmıştır (Çizelge 1).

1. yıl (18.05.15) Şekil 4a	2. yıl (21.05.16) Şekil 4b	3. yıl (20.05.17) Şekil 4c	4. yıl (18.05.18) Şekil 4d

Şekil 4. *Dactylorhiza romana* bireyinin 4 yıllık gelişim durumu

Çizelge 1. *Dactylorhiza romana* bireyinin dört yıllık gelişim sürecine ait bazı morfolojik özellikleri

Yıllar	Bitki boyu (cm)	Yaprak sayısı (adet/bitki)	Yaprak boyu (cm)	Yaprak eni (cm)	Yumru boyu (mm)	Yumru eni (mm)	Yumru ağırlığı (gr)
1. Yıl	-	1	5.9	0.8	1.5	0.5	0.25
2. Yıl	-	3	5.8-7.8	0.7-1.1	1.7	1.2	0.99
3. Yıl	16.3	6	6.0-8.2	0.6-1.2	1.9	1.8	2.30
4. Yıl	24.5	8	6.9-9.1	0.7-1.3	2.4	2.0	3.11

4 . Sonuç

Tek bir salep orkidesinin onbinlerce hatta yüzbinlerce tohum ürettiği düşünüldüğünde salep tohumlarının yaşama şansının çok düşük olduğu anlaşılmaktadır. Tabiatta çimlenme şansı bulan tohumlar ise ilk yıl minik bir bitki olarak gelişimini tamamlamaktadır. *Dactylorhiza romana* türünün gelişiminin takip edildiği bu çalışmada bitkilerin yeterli büyüklüğe 4 yılda ulaştıkları anlaşılmaktadır. Elde edilen bulgular tür için ilk kez ortaya konulmaktadır. Dikkat çeken bir husus da yumru büyüklüğünün her geçen yıl, bir önceki yıla nazaran azda olsa artmasıdır. Genetik kapasiteleri elverdikçe, salep orkidelerinde yumrular belli bir büyüklüğe gelinceye kadar bu durum devam etmektedir. Ana yumru kendisinden biraz daha büyük yeni yumru üreterek hayatını tamamlamaktadır. Tüm salep orkidelerinde benzer durum söz konusudur (Çalışkan 2018). Bu çalışmada ilk yıl gelişen yumrular (0.25 g) dikildiğinde kendilerinden yaklaşık 4 kat büyük yumru oluşturdukları ve 0.99 gr. yumru ağırlığına ulaştıkları anlaşılmaktadır. Bu yumrular üçüncü vejetasyon yılı için dikildiğinde kendi ağırlıklarının 2.35 katında yumrular üretmiştir. Denemenin dördüncü yılında ise bir önceki yıla göre ana yumrular kendilerine oranla 1.35 kat fazla ağırlıkta yeni yumrular meydana getirmiştir. Görüldüğü gibi oransal olarak yumru iriliğinde ilk yıllarda hızlı bir artış, ilerleyen yıllarda ise artış hızında yavaşlama mevcuttur. Yumruların kaç yılda ve hangi koşullarda genetik kapasiteye ulaştığına dair herhangi bir çalışma mevcut değildir. Bunun tespitine yönelik, uzun yılları kapsayan çalışmalar

yapılması eksikliğin giderilmesi için faydalı olacaktır. Bu çalışma neticesinde dünyada ilk kez *Dactylorhiza romana* türünün 4 vejetasyon yılında gelişim durumu ortaya konulmuştur.

Kaynaklar

Arditti, J., 1967. Factor affecting the germination of orchid seeds. Botanical Review, 33: 1-97. https://doi.org/10.1007/BF02858656

Arditti, J., Ghani, A.K., 2000. Numerical and physical properties of orchid seeds and their biyological implications. New Phytologist, 145: 367-421. https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2000.00587.x

Baskın, C.C., Baskın, J.M., 1998. Seeds. Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. Academic Press, XIV. San Diego, 666 s.

Baytop, T., 1994. Türkiye Bitki Adları Sözlüğü. Atatürk Kültür Dil ve Tarih Kurumu Yayın No: 578. Ankara, 512 s.

Baytop, T., 1999. Türkiye'de Bitkilerle Tedavi; Geçmişte ve Bugün. Nobel Tıp Kitabevleri. İstanbul, 480 s.

Bektaş, E., Cüce, M., Sökmen, A., 2013. In vitro germination, protocorm formation, and plantlet development of *Orchis coriophora* (*Orchidaceae*), a naturally growing orchid species in Turkey. Turkish Journal of Botany, 37: 336-342. doi:10.3906/bot-1205-28

Blinova, I.V., Uotila, P., 2012. *Dactylorhiza traunsteineri* (*Orchidaceae*) in murmanks region (Russia). Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica, 88: 67-79. https://journal.fi/msff/article/view/7819

Çalışkan, Ö., 2018. Salep Orkideleri. Erol Ofset. Samsun, 105 s.

Çağlayan, K., Özavcı, A., Eskalen, A., 1998. Doğu Akdeniz bölgesinde yaygın olarak yetişen bazı salep orkidelerinin embriyo kültürü kullanılarak in vitro koşullarda çoğaltılmaları. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 22: 187-191.

Çığ, A., Demirer Durak, E., İşler, S., 2018. In vitro symbiotic germination potentials of some *Anacamptis*, *Dactylorhiza*, *Orchis* and *Ophrys* terrestrial orchid species. Applied Ecology and Environmental Research, 16(4): 5141-5155. 10.15666/aeer/1604_51415155

Daşkın, R., Yılmaz, Ö., Kaynak, G., 2007. A new record for the flora of Turkey: *Dactylorhiza maculata* (L.) Soó (*Orchidaceae*). Journal of Biological and Environmental Sciences, 1(1): 11-14.

Ernaz, E.A., Sevgi, E., Kara, Ö., Sevgi, O., Tecimen, H.B., Bolat, İ., 2012. Comparative morphological, anatomical and habitat studies on *Dactylorhiza romana* (Seb.) Soó subsp. *romana* and *Dactylorhiza romana* (seb.) Soó subsp. *georgica* (Klinge) Soó ex Renz & Taub. (*Orchidaceae*) in Turkey. Pakistan Journal of Botany, 44: 143-152.

Gorbani, A., Gravendeel, B., Zarre, S., Boer, H., 2014. Illegal wild collection and international trade of cites listed terretrial orchid tubers in Iran. Traffic Bulletin, 26(2): 53-58.

Hossain, M.M., 2011. Therapeutic orchids: traditional uses and recent advances-An overview. Fitoterapia, 82: 102-140. https://doi.org/10.1016/j.fitote.2010.09.007

Farhoosh, R., Riazi, A., 2007. A compositional study on two currents types of salep in Iran and their reolojical properties as a function of concentration and temperature. Food Hydrocolloids, 21: 660-666. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.07.021

Jacobsone, G., 2008. Morphogenesis of wild orchid *Dactylorhiza fuchsii* in tissue culture. Acta Universitatis Latviensis, 745(Biology): 17-23.

Isin, M.P., 2008. Salep, spiced winter drink and cure-all (salep, rahat-ı can sıhhatü'l-ebdan talim-i nefayis). I. Uluslararası Tıp Tarihi Kongresi ve 10. Ulusal Tıp Tarihi Kongresi (20-24 Mayıs 2008, Konya) Bildirileri, 382-395.

Kasparek, M., Grim, U., 1999. Europen trade in Turkish salep with special reference to Germany. Economic Botany, 53(4): 396-406. https://doi.org/10.1007/BF02866718

Mehra, S., 2014. Nutritional and genetic diversity in orchid mycorrhizal fungi from *Caladenia* species. Doktora Tezi, RMIT University School of Applied Sciences, College of Science Engineering and Health, 436 s, Melbourne.

Özkoç, İ., 1991. *Serapias vomeracea* (Burm.fil.) briq.subsp laxiflora (Soo) Gölz et. Reinhard ve *Orchis laxiflora* lam. (*Orchidaceae*) tohumlarının simbiyotik ve asimbiyotik kültürlerde çimlenme ve gelişmesi üzerinde araştırmalar. Doktora tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 77 s, Samsun.

Rasmussen, H.N., 1995. Terrestrial orchids: from seed to mycotrophic plant. Cambridge University Press, 444 s, Cambridge.

Renz, J., Taubenheim, G., 1984. *Orchis* L. (*Orchidaceae*), in: (Ed.): P.H. Davis, Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Edinburgh University Press, 8:451-600, Edinburgh.

Sezik, E., 1984. Orkidelerimiz. Sandoz Kültür Yayınları No:6, 166 s, İstanbul.

Sezik, E., 2002. Turkish orchids and salep. Acta Pharmaceutica Tursica, 44: 151-157.

Sezik, E., İşler, S., Güler, N., Orhan, Ç., Aybeke, M., Deniz, İ.G., Üstün, O., 2007. Salep ve orkidelerin tahribi. Tübitak, TBAG-Ç.SEK/23 (103T008) no'lu proje sonuç raporu, Ankara.

Shipunov, A.B., Fay, M.F., Pillon, Y., Bateman, R.M., Chase, W., 2004. *Dactylorhiza* (*Orchidaceae*) in European, Russia: combinet moleculer and morphological analysis. American Journal of

Botany, 91(9): 1419-1426. https://doi.org/10.3732/ajb.91.9.1419

Tutar, M., Parlak, S., Sarı, A.O., Çiçek. F. 2013. Salep orkidelerinde tohumdan üretimi. XI. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi (1-4 Ekim 2013, Samsun) Bildirileri, 241-249.

Warghat, A.R., Bajpai, P.K., Srivastava, R.B., Chaurasia, P., Chauhan, R.S., Sood, H., 2014. In vitro protocorm development and mass multiplication of an endangered orchid, *Dactylorhiza hatagirea*. Turkish Journal of Botany, 38: 737-746. https://dx.doi.org/10.3906/bot-1308-48

Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi
Anadolu Journal of Agricultural Sciences
http://dergipark.gov.tr/omuanajas

Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 34 (2019)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/ omuanajas.463272

Pirina ve balık atıklarının birlikte kompostlanması ve toprak ıslahında kullanılması

Remzi İlay*, Gökhan Erarslan, Yasemin Kavdır

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Çanakkale
*Sorumlu yazar / Corresponding author: rilay@comu.edu.tr

Geliş tarihi: 24.09.2018 Kabul tarihi 18.10.2018

ÖZET

Gıda endüstrisinde üretim sonrasında açığa çıkan atıkların toprak düzenleyicisi olarak kullanılabilecek forma dönüştürülerek tarım alanlarında kullanılması, hem ekonomik hem de çevresel açıdan en iyi yöntemlerden biri olarak kabul edilmektedir. Ülkemizde faaliyet gösteren balık işleme fabrikalarında, balığın işlenmesi sonrasında önemli miktarlarda balık atığı (BA) ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, zeytinyağı üretimi sonrasında da pirina (PA) olarak isimlendirilen katı atık açığa çıkmaktadır. Bu çalışmada balık atığı ve pirina kullanılarak yapılan kompostun (BPK) üç farklı dozunun (% 3, % 6, % 9) kumlu tın bünyeye sahip toprağa uygulandıktan sonra, toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişimler belirlenmiştir. Bu amaçla kompost uygulanan topraklar 2.5 ay sabit sıcaklıktaki inkübatörde inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda BPK'nın toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenlik (EC), toplam azot (TN), toplam karbon (TC) ve agregat stabilitesi (AS) gibi toprak özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. BPK uygulamasıyla incelenen toprak parametrelerinde ve uygulanan dozlar arasındaki farkların istatistiki olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Artan BPK dozuyla pH ve C/N oranı hariç diğer toprak parametre değerlerinin arttığı sonucuna ulaşılmıştır. En yüksek BPK uygulamasıyla pH' nın kontrole göre % 5.9, C/N oranının ise % 45 azaldığı görülmüştür. %9 BPK uygulaması sonrasında EC' nin yaklaşık 14 kat, AS' nin % 68, TN'nin % 207, TC'nin % 68 arttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler:
Balık atığı
Pirina
Kompost
Toprak

Co-composting of olive pomace and fish wastes and use in soil improvement

ABSTRACT

The re-use of wastes produced from food industry in agriculture is considered to be one of the best methods both economically and environmentally. In Turkey, a significant amount of fish waste released in fish processing factories. Additionally olive oil production is also important in the region and solid waste that is remaining after olive oil production is called olive pomace (pirina). In this study, changes in some physical and chemical properties of sandy loam soil after applications of compost (FOC) with three different doses (3 %, 6 %, 9 %) have been determined. For this purpose, the compost added soil was kept in incubator for 2.5 months. At the end of the incubation period, the effects of compost on soil pH, electrical conductivity (EC), total nitrogen (TN), total carbon (TC) and aggregate stability (AS) were investigated. It was found that compost addition significantly changed measured soil parameters and doses were also statistically significant ($p < 0.05$). It was determined that measured soil parameter values except pH and C / N ratio increased with increasing compost doses. pH was decreased by 5.9 % and C/N was decreased by 45 % compared to control with the highest compost application rate. It was found that EC was 14 times higher, AS was 68 % higher, TN was 207 % higher and TC was 68 % higher in 9 % FOC applied soils than those of control soil.

Keywords:
Fish waste
Olive pomace
Compost
Soil

© OMU ANAJAS 2019

1. Giriş

Artan nüfus ve buna bağlı olarak kentleşme hızının artması birçok çevresel soruna sebep olmaktadır. Çevresel sorunların başında ise atık yönetiminin yetersiz olması ve yerinde olmaması gelmektedir. Atıkların güvenli şekilde bertarafı veya geri dönüşümünün yetersiz bilgi, teknolojik ve ekonomik imkanlar dahilinde sınırlı kalması depolama sorunlarına ve çevre kirliliğine neden olabilmektedir. Global ölçekte toplam atık miktarının %46'sını organik atıklar oluşturmaktadır (Lim ve ark., 2016). Organik atıklar plastik, metal, kağıt vb. atıklara göre geri dönüşümü daha kolay ve katma değeri yüksek atıklardır. Genellikle organik atıkların kaynağını kentsel atıklar, tarım atıkları ve gıda endüstrisi atıkları oluşturmaktadır. Bu atıklar yakacak, hayvan yemi gibi kullanılmakta olup kompostlaştırılarak tarımda kullanılması farklı bir değerlendirme seçeneğidir.

Kompostlaştırma konusu, kompostlama prosesi ve kompost ürünü olarak iki ana alana ayrılabilir. Kompostlaştırma, organik maddenin, aerobik veya anaerobik koşullar altında çevre için daha yararlı ve uygun stabil bir yapıya biyolojik olarak ayrıştırılmasını kapsamaktadır (Epstein, 1997; Makan ve ark., 2014; Minale ve Worku, 2014). Kontrollü ve uygun şekilde yapılan kompostlama organik atığın en kaliteli geri dönüştürülmüş şeklidir. Kompost, toprak için direkt organik madde kaynağı olup, toprağın birçok özelliğine doğrudan etki etmekle birlikte bitki gelişimini teşvik etmesi ve toprak erozyonunu azaltması açısından da olumlu etkisi bulunmaktadır.

2017 yılı verilerine göre Türkiye'de zeytin üretiminin % 78'inin yağlık, % 22'sinin sofralık olarak yapıldığı ve aynı yılda 1.6x106 ton yağlık zeytin üretiminin gerçekleştiği belirlenmiştir (TÜİK, 2017). Yağlık zeytin üretiminin önemli bir kısmı Marmara Bölgesi'nde yapılmaktadır. Zeytinyağı üretiminde genellikle üç yöntem (geleneksel yöntem, iki fazlı sistem, üç fazlı sistem) kullanılmakta olup seçilen üretim yöntemine göre "pirina" olarak isimlendirilen katı atık miktarlarının oranları arasında farklılıklar ortaya çıkabilmektedir (İlay, 2009). Zeytinyağı üretimi için kullanılan 1 ton zeytinden, geleneksel yöntemde 400 kg, iki fazlı sistemde 800-950 kg ve üç fazlı sistemlerde ise 500-600 kg pirina açığa çıkmakta olup, 2017 yılı için 0.75-1 x 10^6 ton pirina elde edildiği tahmin edilmektedir. Zeytinyağı üretimi sırasında ve sonrasında açığa çıkan ve çoğunlukla çevre için zararlı atıklar genellikle yakacak, yem katkı maddesi ve çok küçük bir kısmı da farklı amaçlarla (tarımda organik gübre amaçlı denemelerde) (İlay ve ark., 2013) kullanılmaktadır. Üretim sistemlerine bağlı olarak farklı oranlarda ortaya çıkan yan ürünlerin miktarlarının fazla olması, bertarafının zor olması ve depolanma sorunları nedeniyle ciddi çevresel problemlere yol açmaktadır (Azbar ve ark., 2004; Niaounakis ve Halvadakis, 2004; İlay ve ark., 2013).

Pirina, özellikle toprak karbon miktarını ve agregat stabilitesini arttırmada önemli bir kaynak olarak kullanılabilmekle beraber doğrudan toprağa uygulamanın bazı dezavantajları da olabilmektedir. Pirina ile ortama verilen karbon (C) kaynağı arttığı için büyük miktarda azot (N) immobilizasyonu oluşabilmektedir ve bu durum bitkiler için gerekli olan N alımı üzerine olumsuz etki yapmaktadır. Bu nedenle pirina ile beraber uygun bir azot kaynağı kullanılarak kompost yapılması önemlidir (Kavdır ve ark., 2008; İlay ve ark., 2013). Pirinanın kompostolaştırılmasında N kaynağı olarak deniz ürünleri işleme tesislerinden açığa çıkan balık atıkları kullanılabilir. Ülkemizdeki deniz ürünleri işleme tesislerinden biri de Marmara Bölgesi'nde faaliyet gösteren Dardanel Önentaş Gıda San. A.Ş.'dir. Bu tesiste yıllık hammadde işleme kapasitesi toplam 145800 ton $yıl^{-1}$ olup 2017 yılında 37244 ton hammadde işlemiştir (Anonim 1, 2017). İşleme sonrasında kabaca % 30-50 atık üzerinden yıllık 14900 ton katı atık ortaya çıkma potansiyeli bulunmaktadır. Balık atıkları (BA) azotça, pirina (PA) ise karbonca zengin olup her ikisi doğru oranlarda kullanılarak tarımsal kullanım için organik kompost yapılabilir. Balık atıklarının C / N oranının küçük olmasından dolayı geniş C / N oranı olan materyallerle karıştırılarak kompost yapımında kullanılabilir. Ayrıca BA'nın nem miktarının yüksek olmasından dolayı bu nemi adsorbe edecek materyalle karıştırılması daha yerinde olacaktır. Bu kriterlere en çok uyan materyallerden biri de "Pirina" dır. Pirina gibi geniş C / N oranlı materyallerin kendine özgü oksijen ihtiyaç kapasiteleri vardır. Bu atık, balık atıklarıyla karıştırıldığında amonyak gazı oluşur, amonyak ise pirinadan açığa çıkan fenol bileşiklerini nötralize eder. Aksi takdirde fenol oluşumu kompostlaştırma işleminde görev alan mikroorganizmaları engelleyerek kompostlaşmayı ve parçalanmayı yavaşlatacaktır. Organik atıkların tarımsal amaçlarla değerlendirilmesi hem çevresel hem de ekonomik açıdan önemli olup, bu atıkların en iyi değerlendirme şekli kompostlamadır. "Bu nedenle bu çalışmada PA ve BA'nın kompostlaştırılarak (BPK) toprağa uygulanması sonrasında toprağın bazı özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Kompost yapımı ve kompost analizleri

Çanakkale ilinde bulunan Dardanel Önentaş Gıda San. A.Ş.'den balık unu şekilde BA ve Altındamla Zeytin-Zeytinyağı San. ve Tic. Ltd. Şti.'den temin edilen PA çalışmadaki kompost yapımında kullanılan ana materyallerdir. Kompost yapımında kullanılan diğer materyallerle birlikte karışım oranları ve bazı temel özellikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Kompost materyalleri Çizelge 1'de belirtilen oranlarda karıştırıldıktan sonra kapalı sistem dönen plastik kompost kabı (kapağı havalanma için delikli)

içinde kompostlaştırma süreci için yerleştirilmiştir (şekil 1a ve 1b).

Daha sonra belirtilen miktarda su yavaş yavaş ilave edilerek nemlendirme işlemi yapılmıştır. Kompost kabı günün belirli saatlerinde güneş alacak şekilde yerleştirilmiştir. BPK yapımı 47 gün sürmüş olup süre içinde her gün kompost sıcaklığı dijital termometre ile ölçülmüştür. Sıcaklık ölçümleri yapıldıktan sonra kompost kabı içerisindeki BPK'nın homojen olarak karışması için kompost kabı 360^{o} döndürülmüştür. Yine bu süreçte yapılan tartıma göre eksilen su ilave edilerek nem oranı korunmuştur. Kompostlaşma sürecinde belli periyotlarda yapılan örneklemelerde EC, pH okumaları BPK saf su (1 : 5) pH metre ve EC metre ile yapılmıştır (TMECC, 2009).

Çizelge 1. Kompost yapımında kullanılan materyallere ait bazı özellikler ve karışım oranları

Materyal	TC (%)	TN (%)	C/N	pH	EC (mS cm^{-1})	Ağırlık (kg)
BA	43.34	10.18	4.25	5.59	5.91	5
PA	49.17	1.25	39.33	7.46	3.69	5
Talaş	45.47	0.19	239.31	-	-	2.5
Su	-	-	-	6.80	0.025	2.5

Kompost sıcaklığının sabitlendiği günden itibaren sıcaklık ölçümleri sonlandırılmış olup, yaklaşık üç ay boyunca olgunlaşmaya bırakılmıştır. Kompost örnekleri 70 ºC'de 2 gün kurutulduktan sonra bitki değirmeninde öğütülmüş ve toplam azot (TN) ve karbon (TC) içerikleri Leco TruSpec CN cihazı ile (Kirsten, 1983), nitrat ve amonyum içerikleri ise Kjeldahl buhar distilasyon cihazı kullanarak belirlenmiştir (Mulvaney, 1996).

Şekil 1a. Kompost kabı dış görünüm

Şekil 1b. Kompost kabı iç görünüm

2.2. İnkübasyon denemesi

Denemede kullanılan toprak örneği 0-20 cm derinlikten kürek yardımı ile alınmış, laboratuvar ortamında serilip hava kuru duruma geldikten sonra 2 mm elek açıklığından elenmiştir. Toprak ve BPK ağırlık esasına göre % 0 (Kontrol), % 3, % 6 ve % 9 oranında olmak üzere 3 tekerrürlü olarak 1000 cc hacminde kapaksız cam kavanozda karıştırılmıştır. Verilecek su miktarı; aynı oranlardaki karışımlar sature edildikten sonra tutabildikleri nem miktarının % 50'si olarak belirlenmiştir. İnkübatördeki kavanozlara belirlenen oranlarda su eklenmiş ve nem seviyeleri sabit tutularak 2.5 ay boyunca 25 $^{\circ}$C'de bekletilmiştir. BPK ile karıştırılan toprağa ait bazı özellikler Çizelge 2'de verilmiştir.

Toprak reaksiyonu (pH) ve elektriksel iletkenlik (EC), 1 : 2.5 (toprak : saf su) karışımında pH-metre (Grewelling ve Peech, 1960) ve EC-metre yardımıyla belirlenmiştir (Richards, 1954). Kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) içeriği Scheibler kalsimetresi ile CO_2 hacminin ölçülmesi esasına göre yüzde (%) olarak hesaplanmıştır (Schlichting ve Blume, 1966). Toprak organik maddesi (OM) ise ısıtma ve kromik asit oksidasyonu ile belirlenmiştir (Smith ve Weldon, 1941). Toprak tektürü analizinden önce HCl ve H_2O_2 kullanılarak $CaCO_3$ ve OM giderme işlemi yapılmıştır. Sonrasında ise toprak örneklerinde Bouyoucos (1951)'de belirtilen esaslar temel alınarak hidrometre yöntemiyle tekstür analizi yapılmıştır. Agregat stabilitesi 1-2 mm çaplarındaki agregat büyüklük fraksiyonundan 4 g tartılarak ıslak eleme metoduna göre (Kemper ve Rosenau, 1986) belirlenmiştir. İnkübasyon sonundaki BPK-Toprak karışımlarının EC ve pH'sı 1 : 2.5 oranındaki karışımda belirlenmiştir (Richards, 1954).

Çalışma kapsamında elde edilen veriler SPSS 17.0 istatistik paket programında varyans analizine tabi tutulmuş, istatistiki olarak önemli bulunan ($p < 0.05$) ortalama değerler çoklu karşılaştırma testiyle karşılaştırılmıştır.

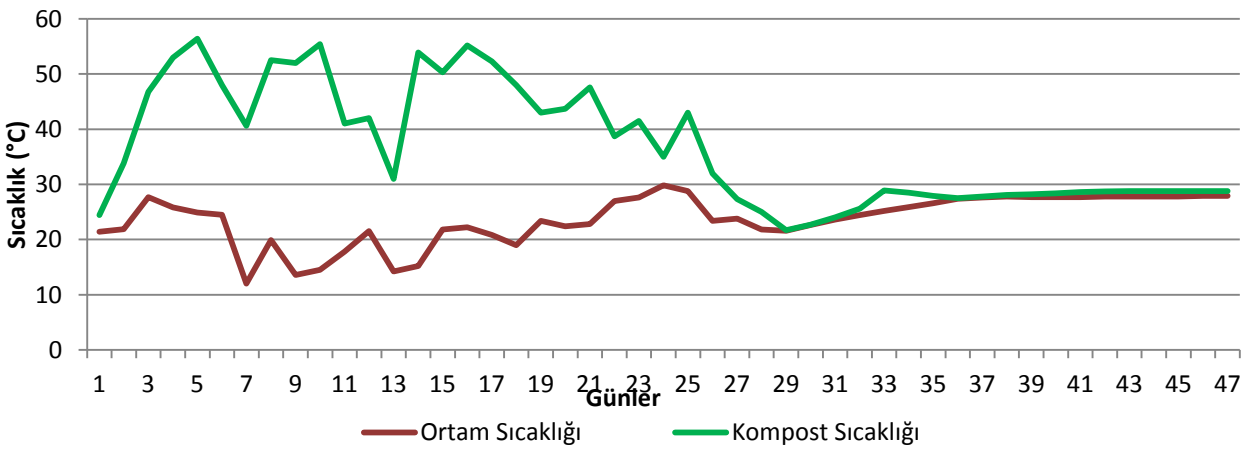
Çizelge 2. Denemede kullanılan toprağa ait bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Tekstür Sınıfı	pH	EC (mS cm^{-1})	$CaCO_3$ (%)	OM (%)
58.2	29.2	12.6	Kumlu Tın	7.66	0.39	14.42	1.95

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Kompostlaşma sürecine ait bulgular

Kompost yapımının başlangıcından bitimine kadar her gün yapılan ortam ve kompost sıcaklık ölçümlerine ait sıcaklık grafiği şekil 2'de verilmiştir. Buna göre kompostun başlangıç sıcaklığı 24.4 ºC, kompostlaşma sonundaki sıcaklığı ise 28.8 ºC olarak ölçülmüştür. Bununla birlikte ortamın başlangıç ve süreç sonundaki sıcaklığı 21.4 ºC ve 27.9 ºC olarak ölçülmüştür. En yüksek ve en düşük ortam sıcaklığı sırasıyla 29.8 ºC ve 12 ºC olarak belirlenmiştir. 47 günlük süreçte en yüksek kompost sıcaklığı 4. günde 56.4 ºC en düşük kompost sıcaklığı ise 21.7 ºC ile 29. günde ölçülmüştür. Sıcaklık ölçümleri sırasında kompost kabı içerisindeki neme bağlı olarak mikroorganizma faaliyetlerinin yavaşladığı ve bu durumun da parçalanmayı yavaşlattığı ölçümler sırasında gözlenmiştir. Bu dönemler şekil 2 incelendiğinde 7. ve 13. günlerde yapılan sıcaklık ölçümlerinde kompost ve ortam sıcaklığının azaldığı net bir şekilde görülmektedir. Sıcaklık, nem, havalanma, pH gibi koşulların değişmesi, çeşitli organizmaların durağan faza geçmesi veya katlanarak çoğalması ile sonuçlandığı (Insam ve De Bertoldi, 2007), bununla birlikte kompostlama materyalindeki 20 °C'nin altındaki sıcaklıkların, kompostlama işlemini önemli ölçüde yavaşlattığı veya hatta durdurduğu bildirilmiştir (Mosher ve Anderson, 1977). Aerobik koşullarda yapılan kompostlamada mikroorganizma faaliyeti için gerekli olan oksijen ancak kompostun uygun şekillerde havalandırılmasıyla sağlanabilmektedir. Kompostlamada nem içeriği mikroorganizmaların metabolik ve fizyolojik aktivitelerini devam ettirmeleri için gerekli çözünmüş besinlerin taşınması için önemli bir çevresel değişken olup, birçok araştırmacı verimli bir kompostlama sürecinde % 50-60 nem içeriğinin ideal olduğunu bildirmiştir (Liang ve ark., 2003). Dolayısıyla bu çalışmada belirli zamanlarda kompost sıcaklığının düşmesinin sebebi, ortam sıcaklığının düşmesi ve buna bağlı olarak mikroorganizma faaliyetinin yavaşlaması olabilir. Bu zamanlarda karışımın nem oranını dengelemek için ilave edilen su ve karıştırma işleminden sonra kompost sıcaklığının yeniden yükselmesi komposttaki havalanma ve nem içeriğinin dengelenmesinin ortam sıcaklığından daha fazla etkin olduğunu ortaya koymuştur. Kompost organizmaları iki grupta (mezofil ve termofil) toplanmaktadır. Kapalı dönen sistemlerde yapılan kompost denemelerinde kompost olgunlaşma süresinin, mezofilik ve termofilik faz süresinin azaldığı (Cekmecelioglu ve ark., 2005) tespit edilmiştir. Başlangıçta 40 ºC'ye kadar mezofilik organizmalar etkili olurken, 45 °C ile 70 °C arasında ise termofilik organizmalar başat hale geçerler (Miller, 1996). Termofilik organizmalar 35-55 °C arasında maksimum gelişime ulaşırken 62 °C ye kadar hızlı ayrışma devam etmekte 65 °C üzerinde ise mikroorganizmaların birçoğunun yok olduğu bildirilmiştir (Insam ve De Bertoldi, 2007). Bu nedenle bu sıcaklığın üstüne çıktığında ayrışma son derece sınırlanmakta olup, sıcaklığın düşürülmesi için kompost havalandırılması ve karıştırılması gereklidir. BPK'nın yapımında böyle bir sorunla karşılaşılmamıştır. Kompostlama başladıktan iki gün sonra mezofilik faz başlamıştır. Yapılan bu kompostta başlangıçtan dört gün sonra ise sıcaklık 50 °C'yi geçmiştir. Yaklaşık bir ay sonra ise kompost sıcaklığı, ortam sıcaklığına ulaşmış ve bu şekilde devam etmiştir (şekil 2). Yapılan BPK'nın termofilik faz sıcaklığı 56.4 °C olarak belirlenmiş olup, uluslararası kriterlere uygun bir kompost yapımı sağlanmıştır. Termofilik fazlarda patojen, yabancı ot tohumları ve sinek larvaları öldürülmektedir, ayrıca yönetmelikler insan patojenlerinin öldürülmesi için sıcaklığın 55 °C olması gerektiğini belirtmektedirler (Rynk, 1992; Keener ve ark., 2000; Tian ve ark., 2012).

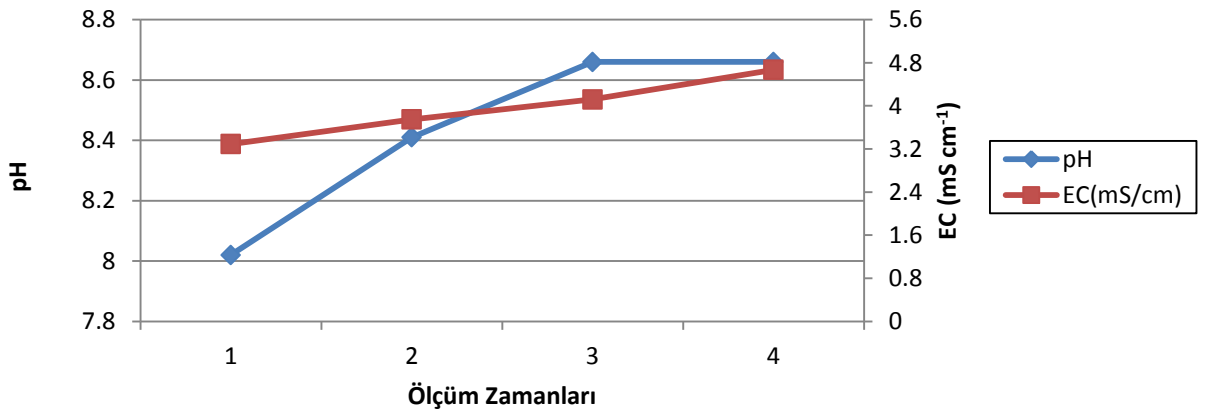


Şekil 2. Kompost – Ortam sıcaklık grafiği

Çizelge 3. BPK'ya ait bazı parametreler

Materyal	TC (%)	TN (%)	NH^+_4 (mg kg^{-1})	NO^-_3 (mg kg^{-1})	C/N	pH	EC (mS cm^{-1})
Kompost	39.93	2.60	380	0	15.31	8.66	4.79

Kompostlama süreci ve sonrasındaki BPK'ya ait bazı özellikler şekil 3 ve Çizelge 3'te verilmektedir. Kompost yapım sürecinde 4 farklı zamanda (yaklaşık 10 gün arayla) örnekleme yapılmış olup bu örneklerde kompost kalite kriterlerinden olan EC ve pH okumaları yapılmıştır. Şekil 3'ten de görüldüğü üzere her iki parametrenin de zamana bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir. Kompostun ilk pH değeri 8.02 ve son pH değeri ise 8.66 olarak belirlenmiştir. Bu iki değer karşılaştırıldığında bu süreç içinde pH'nın yaklaşık % 8 arttığı tespit edilmiştir. İdeal bir kompostun pH'sının nötre yakın değerlerde olması istenir. İyi yönetilen bir kompostlama sürecinde ayrışabilir organik maddenin yaklaşık % 50'si CO_2, H_2O, mineral tuzlara ve enerjiye dönüşmektedir (Insam ve De Bertoldi, 2007).



Şekil 3. Kompostlama sürecindeki EC ve pH değişimleri

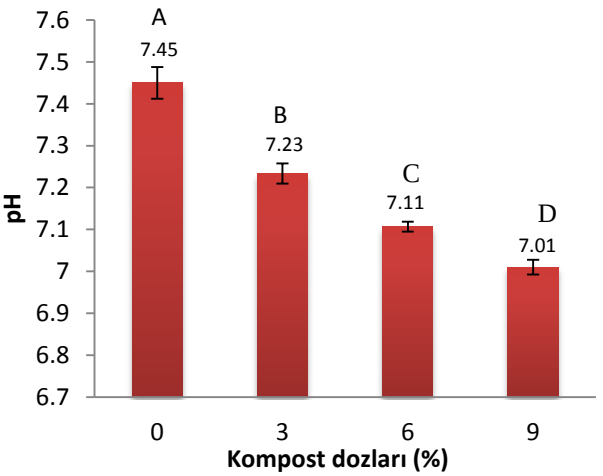
Sánchez-Monedero ve ark. (2001) yaptıkları kompostlama çalışmasında ilk haftalardaki yoğun mikrobiyal aktivite ve OM ayrışması ile organik azotun önce amonyağa sonrasında ise amonyuma dönüşmesinin, pH'daki artışa sebep olduğunu bildirmiştir. Zamana bağlı olarak mikrobiyal aktivitedeki artış bunun paralelinde nem, sıcaklık ve ayrışmaya bağlı ortamdaki amonyak ve bazik elementlerin artışı komposttaki pH'nın artışına neden gösterilebilir (Canet ve ark 2008). Süreçteki pH ve EC artışının nedeni, BA'daki yüksek miktardaki azotun her ne kadar kabın kapak kısmında havalandırma delikleri olsa da, yetersiz havalanmadan dolayı NH_3 gazına dönüşmesi, mikrobiyal aktivite ve neme bağlı olarak çözünebilir tuz konsantrasyonunun ortamdaki artışı olabilir. Erhart ve Burian (1997) tarafından kompostların EC değerlerinin 0.14 ile 12.2 mS cm^{-1} arasında değiştiği bildirilmiştir. Kompostlama sürecindeki ilk EC değeri 3.29, son EC değeri 4.67 ve olgunlaşmadan sonraki değerin ise 4.79 mS cm^{-1} olduğu tespit edilmiştir. Bu değerlerin her ikisi de kompost toprağa karıştırılmadan, direkt bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılacaksa, EU-Ecolabel kriterlerinin üzerindedir (Anonim 2, 2014).

BPK'nın olgunlaşmasından sonra belirlenen bazı özelliklerine ait bazı sonuçlar Çizelge 3'te sunulmuştur. Buna göre BPK'nın TC değeri % 39.93, TN değeri % 2.60, C/N ise 15.31 olarak tespit edilmiştir. C/N oranı kompost olgunlaşmasında önemli bir gösterge olup, kompostlama süreci başlangıcında 25-30 arasında olan C / N değerlerinin olgunlaşmadan sonra 20 ve altındaki değerlerde olmasının kabul edilebilir olduğu (Hirai ve ark., 1983) bununla beraber kapalı dönen sistemlerde 10–15 arasındaki C / N değerlerinin de kompostlamanın tamamlanması için ideal olduğu kabul görmektedir. Kompostun C / N oranının yüksek olması, toprakta bitkiye yarayışlı azotun azalmasına neden olmaktadır (Griffin ve Hutchinson, 2007). İnorganik formdaki azotun ise genellikle NH^+_4 azotu formunda olduğu görülmektedir. Zucconi (1987) olgunlaşmış bir komposttaki maksimum NH^+_4 miktarının 400 mg kg^{-1} olması gerektiğini önermiştir. BPK'nın NH^+_4 değerini 380 mg kg^{-1} olup bu literatür ile uyumludur (Çizelge 3). Bununla birlikte NO_3^- miktarların Paredes ve ark. (2002) tarafından yapılan çalışma ile benzerlik gösterdiği ve değerlerin çok düşük olduğu tespit edilmiştir.

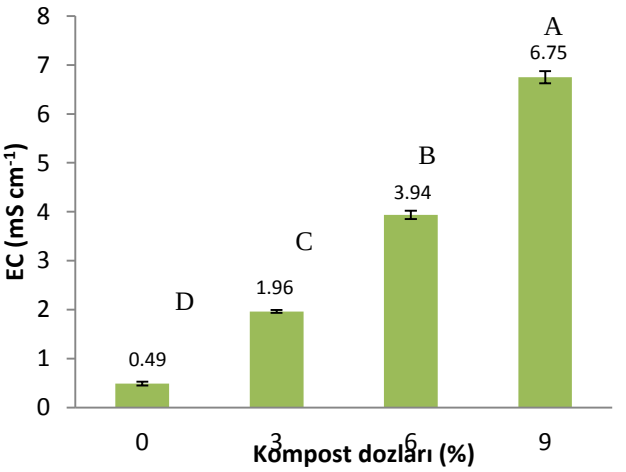
3.2. İnkübasyon denemesi ve BPK'nın toprak özellikleri üzerine etkileri

BPK'nın yapılmasından sonra BPK'nın 2.5 aylık süreçte toprağın pH, EC, AS, TN ve TC gibi özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla inkübasyon denemesi kurulmuştur. BPK kumlu tın bünyeye sahip toprak ile ağırlıkça % 3, % 6, % 9 oranında 3 tekerrürlü olarak karıştırılmış ve belirtilen sürede inkübe edilmiştir. Şekil 4a'da BPK'nın toprak ile farklı oranlarda karıştırıldıktan ve inkübasyon yapıldıktan sonra pH'daki değişimi verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere artan BPK uygulamasıyla pH'daki değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte artan BPK dozuyla ters orantılı olarak pH'nın azaldığı; % 9 BPK uygulamasının pH'yı, kontrol uygulamasına göre % 5.9 azalttığı bulunmuştur.

Toprak pH değerinden daha yüksek pH değerine sahip kompost ve biyokömür uygulaması sonucunda toprağın pH değerinin düştüğü Agegnehu ve ark. (2015) tarafından da belirtilmiştir. Yine pirina uygulamasıyla topraktaki asidik fonksiyonel grupların arttığı bildirilmiştir (Brunetti ve ark., 2005). BPK'nın toprağa uygulaması sonrasında EC değişimi Şekil 4b'de sunulmuştur. Şekilden de anlaşılacağı üzere BPK uygulaması EC değerlerini aşırı şekilde arttırmıştır. Artan dozlara paralel olarak EC değerlerinin yükseldiği ve uygulamalar arasındaki farklılıkların istatistiksel açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir. Kontrol dozunda EC 0.49 mS cm^{-1} ölçülürken, en yüksek doz olan % 9 BPK uygulaması sonrasında EC değeri 6.75 mS cm^{-1} olarak ölçülmüş olup en yüksek BPK uygulama dozunun EC'yi kontrole göre yaklaşık 14 kat arttırdığı belirlenmiştir. Benzer şekilde pirinanın direkt olarak kullanımıyla pH'nın düştüğü, EC'nin ise arttığı farklı çalışmalar yer almaktadır (Aqeel ve ark., 2007; Cucci ve ark., 2008; Kavdır ve Killi, 2008; Camposeo ve Vivaldi, 2011; Killi ve Kavdir, 2013; İlay ve ark., 2013).



Şekil 4a. BPK uygulamasının toprak pH'sı üzerine etkisi

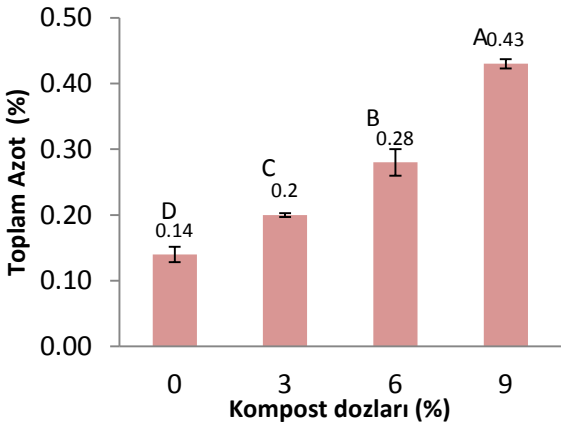


Şekil 4b. BPK uygulamasının toprak EC'si üzerine etkisi

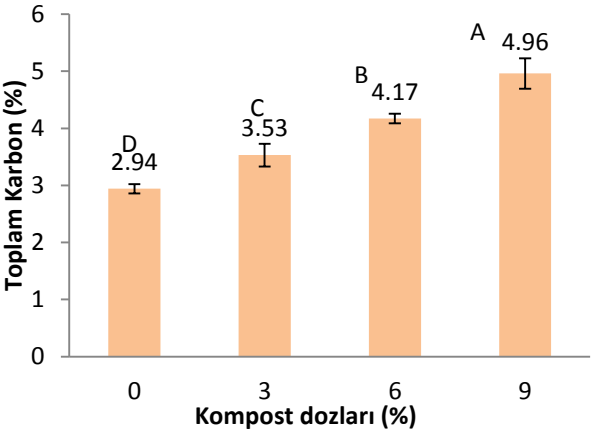
Toprağa BPK uygulamasının TN değerlerini istatistiki olarak önemli düzeyde arttırdığı tespit edilmiş olup BPK uygulama dozları ile toprağın TN içerikleri arasındaki ilişki Şekil 5a'da verilmiştir. Ayrıca, uygulama dozları arasındaki farklar da istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek TN değeri % 9 BPK uygulamasıyla elde edilmiş olup kontrolle kıyaslandığında TN değerini % 207 arttırdığı tespit edilmiştir. TC değerleri açısından da değerlendirildiğinde artan BPK dozuyla beraber toprak karbon içeriğinin de arttığı, kontrolle kıyaslandığında % 9 BPK uygulamasının toprağın TC değerini % 68.7 oranında arttırdığı belirlenmiştir (Şekil 5b). Yine uygulamalar arasındaki TC değerleri arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur. Benzer şekilde pirinanın ham ve pirina kompostunun toprağa karıştırılmasından sonra, toprak TC ve TN değerlerini arttırdığı tespit edilmiştir (Brunetti ve ark., 2005; Kavdır ve Killi, 2008; López-Piñeiro ve ark., 2008; Kavdır ve ark., 2009; İlay ve ark., 2013).

Toprakların C / N oranları incelendiğinde uygulanan dozun artmasına bağlı olarak TN içeriğindeki oransal artışın TC içeriğinin oransal artışından daha fazla olmasından dolayı C/N oranın düştüğü görülmektedir. Kontrol uygulamasında C / N oranı 21 iken en yüksek doz uygulaması sonrasında söz konusu oranın 11.53'e düştüğü belirlenmiş olup, C/N oranının % 45 azaldığı hesaplanmıştır. Ayrıca bu oranın uygulamalar arasında farklı olması istatistiki açıdan önemli bulunmuştur (şekil 6a). Killi ve Kavdır (2013), pirina ve pirina kompostu uyguladıkları toprakların C / N değerlerinin kontrol toprağına göre önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir.

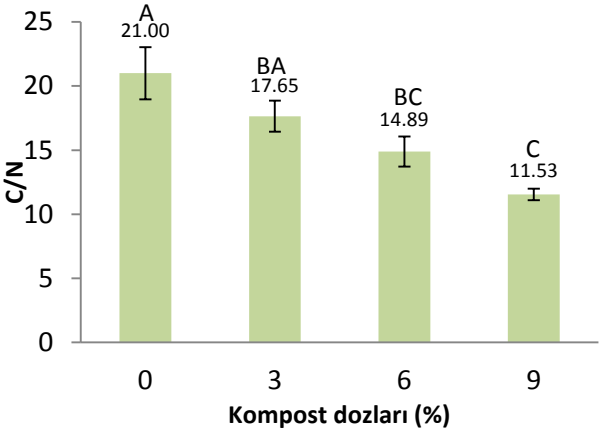
BPK uygulamasıyla toprak AS değerlerinin istatistiki olarak önemli düzeyde artış gösterdiği tespit edilmiştir (şekil 6b). İstatistiki olarak kontrol ile % 3 BPK uygulamasındaki AS değerleri arasında önemli bir fark olmayıp % 6 ve % 9 uygulamalarından farklıdır. En yüksek AS değeri % 9 uygulamasında elde edilmiş olup % 9 BPK uygulaması sonrasındaki AS değerlerinin kontrolden % 68 daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Pirina ve pirina kompostu ile yapılan başka bir çalışmada pirinanın ve kompostunun toprağa uygulanmasıyla AS değerlerin arttığı tespit edilmiştir (Kavdır ve Killi, 2008; Kavdır ve ark., 2009; Killi ve Kavdır, 2013).



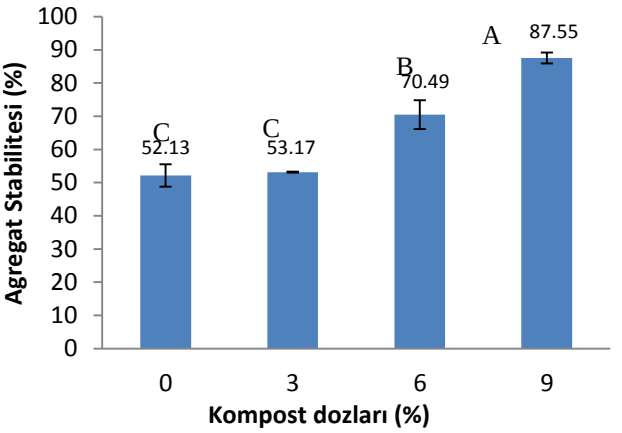
Şekil 5a. BPK uygulamasının toprak TN kapsamı üzerine etkisi



Şekil 5b. BPK uygulamasının toprak TC kapsamı üzerine etkisi



Şekil 6a. BPK uygulamasının toprak C / N değerine etkisi



Şekil 6b. BPK uygulamasının AS üzerine etkisi

4. Sonuç

Bu çalışmada balık atıklarının pH değerinin asidik, pirinanın pH değerinin nötr civarı olması sebebi ile başta nötr pH değerine sahip, diğer uygun kriterlerle birlikte tarımda kullanılabilir bir kompost elde edilmesi amaçlanmıştır. Ancak ortama karıştırılan pirina, talaş ve balık atığı miktarlarının kompostlama süresince pH değerini nötralize edemediği, BPK'nın EC değerinin yüksek olduğu, bunun yanında C / N değerinin ise kriterlere uygun olduğu, elde edilen verilerden anlaşılmıştır. Yine BPK'nın toprağa karıştıldıktan sonra EC ve pH, TC, TN, AS ve C / N değerlerini önemli derecede değiştirdiği tespit edilmiştir ve özellikle EC'deki artışın arzu edilmeyen düzeylerde olduğu görülmektedir. Bu sebeple BPK'nın tuz içeriği yüksek olan topraklara uygulanmaması önerilmektedir. Ayrıca en yüksek kompost dozu olan % 9 uygulamasının, toprak karbonunu % 68.7 arttırması ve dolayısı ile toprak agregat stabilitesinin de % 68 oranında artması nedeni ile stabilitesi düşük olan kaba tekstürlü topraklarda bu kompostun kullanılması uygun olabilir. Elektriksel iletkenlik dışındaki diğer parametreler (pH, TN, TC, C/N ve AS) dikkate alındığında % 9 BPK uygulama dozu daha iyi sonuç verdiği bu çalışma ile ortaya konmuştur.

Teşekkür

Bu çalışmada elde edilen kompost (BPK), TÜBİTAK 2241 A Sanayi Odaklı Lisans Tezi Bitirme Projesi kapsamında (2014/10, Proje başvuru no: 1139B411402234) yapılmış olup verilen desteğe teşekkür ederiz. Yine BPK yapımındaki ve çalışmadaki diğer katkılarından dolayı öğrencilerimiz Yunus Emrah KARAGÖZ, Süleyman ERKAN, Fatma Nazlı PEKER, Mert ERSAN, Yağmur BAYRAK ve Salih YETİŞKİN'e teşekkür ederiz. Projeye destek veren ve pirinayı sağlayan Doç. Dr. Ferhan SAVRAN'a; balık atığını sağlayan Dardanel Önentaş Gıda San. A.Ş.'ye ve Gıda Mühendisi Funda ULUSOY'a teşekkürlerimizi sunarız

Kaynaklar

Agegnehu, G., Bass, A. M., Nelson, P. N., Muirhead, B., Wright, G., Bird, M.I., 2015. Biochar and biochar-compost as soil amendments: effects on peanut yield, soil properties and greenhouse gas emissions in tropical North Queensland, Australia. Agriculture, Ecosystems & Environment, 213, 72-85. doi.org:10.1016/j.agee.2015.07.027

Anonim 1., Dardanel Ton A.Ş. 2017 yılına ait şirket faaliyet raporu. http://manage.dardanel.com.tr/Content/YatirimciIliskileriDokuman/document-2018330135340543.pdf (Erişim Tarihi: 05 Kasım 2018).

Anonim 2., Revision of the eu ecolabel criteria for soil improvers and growing media. http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC97410/si%20gm%20eu%20ecolabel%20technical%20report_june2015.pdf (Erişim tarihi: 05 Kasım 2018).

Aqeel, A.M., Hameed, K.M., Alaudatt, M., 2007. Effect of olive mill by-products on mineral status, growth and productivity of Faba bean. Journal of Agronomy 6,403-408.

Azbar, N., Bayram, A., Filibeli, A., Muezzinoglu, A., Sengul, F., Ozer, A., 2004. A review of wastes management options in olive oil production Critical Reviews on Environmental Science and Technology, 34 (3): 209-247. doi.org:10.1080/10643380490279932.

Bouyoucos, G.J., 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis, Agronomy Journal, Vol. 43, (9): 434-438. doi:10.2134/agronj1951.00021962004300090005x.

Brunetti, G., Plaza, C., Senesi, N., 2005. Olive pomace amendment in Mediterranean conditions: effect on soil and humic acid properties and wheat (*Triticum turgidum L.*) yield. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53, 6730-6737.doi: 10.1021/jf050152j.

Camposeo, S., Vivaldi, G.A., 2011. Short-term effects of de-oiled olive pomace mulching application on a young super high-density olive orchard. Scientia Horticulturae 129 (4): 613-621. doi.org:10.1016/j.scienta.2011.04.034.

Canet, R., Pomares, F., Cabot, B., Chaves, C., Ferrer, E., Ribó, M., Albiach, M.R., 2008. Composting olive mill pomace and other residues from rural southeastern Spain. Waste Management, 28 (12): 2585-2592. doi.org:10.1016/j.wasman.2007.11.015.

Cekmecelioglu, D., Demirci, A., Graves, R. E., Davitt, N.H., 2005. Applicability of optimised in-vessel food waste composting for windrow systems. Biosystems Engineering, 91 (4): 479-486. doi.org:10.1016/j.biosystemseng.2005.04.013.

Cucci, G., Lacolla, G., Caranfa, L., 2008. Improvement of soil properties by application of olive oil waste. Agronomy for Sustainable Development 28, 522-526. doi.org:10.1051/agro:2008027.

Epstein, E., 1997. The science of composting. New York: Routledge.

Erhart, E., Burian, K., 1997. Evaluating quality and suppressiveness of Austrian biowaste composts. Compost Science & Utilization, 5 (3): 15-24. doi.org:10.1080/1065657X.1997.10701881.

Grewelling, T., Peech, M., 1960. Chemical soil test. Cornell University agr. expt. sta. bull. 960 p.

Griffin, T.S., Hutchinson, M., 2007. Compost maturity effects on nitrogen and carbon mineralization and plant growth. Compost Science & Utilization, 15 (4): 228-236. doi.org:10.1080/1065657X.2007.10702338.

Hirai, M.F., Chamyasak, V., Kubota, H., 1983. Standard measurement for compost maturity. BioCycle: Journal of Waste Recycling, 24 (6): 54-6.

Insam, H., De Bertoldi, M., 2007. Microbiology of the composting process. In Waste management series .Vol. 8, pp. 25-48. Elsevier.

İlay, R., 2009. Zeytin katı atığının fasulye ve ayçiçeği bitkilerinin gelişimi üzerine etkilerinin saptanması. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi- FBE.

İlay, R., Kavdir, Y., Sümer, A., 2013. The effect of olive oil solid waste application on soil properties and growth of sunflower (*Helianthus annuus L.*) and bean (*Phaseolus vulgaris L.*). International Biodeterioration & Biodegradation, 85: 254-259. doi.org/10.1016/j.ibiod.2013.07.008.

Kavdır, Y., İlay, R., Smucker, A.J.M., Kavdır, İ., 2009. Soil structure stabilization of olive oil solid waste and compost applied soils. International Soil Tillgage Research Organization 18th Triennial Conference, June 15th-19th 2009, İzmir, Turkey.

Kavdır, Y., Killi, D., 2008. Influence of olive oil solid waste applications on soil pH, electrical conductivity, soil nitrogen transformations, carbon content and aggregate stability. Bioresource Technology 99, 2326-2332. doi.org:10.1016/j.biortech.2007.05.034.

Kavdir, Y., Cetin, C.S., Killi, D., İlay, R., Kavdir, I., 2008. Potential use of olive oil solid waste in

agriculture. Journal of Adnan Menderes University, Agricultural Faculty, Special Issue: 1027-1032.

Keener, H.M., Dick, W.A., Hoitink, H.A.J., 2000. Composting and beneficial utilization of composted by-product materials. Chapter 10. pp.315-341. In: J.F. Power ve ark.(eds.). Beneficial uses of agricultural, industrial and municipal by-products. Soil Science of America. Madison, Wisconsin.

Kemper, W.D., Rosenau, R.C., 1986. Aggregate stability and size distribution. In: Methods of soil analysis. Part 1: Physical and mineralogical methods. Klute A. Ed. (Monograph no.9,2nd edn). ASA, Madison, Wis, America.

Killi, D., Kavdır, Y., 2013. Effects of olive solid waste and olive solid waste compost application on soil properties and growth of *Solanum lycopersicum*. International Biodeterioration & Biodegradation, 82, 157-165. doi.org:10.1016/j.ibiod.2013.03.004.

Kirsten, W.J., 1983. Organic elemental analysis. Academic Press, New York, NY. 1983.

Liang, C., Das, K.C., McClendon, R.W., 2003. The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. Bioresource Technology, 86 (2): 131-137. doi.org:10.1016/S0960-8524(02)00153-0.

Lim, S. L., Lee, L. H., Wu, T.Y., 2016. Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis. Journal of Cleaner Production, 111: 262-278. doi.org:10.1016/j.jclepro.2015.08.083.

López-Piñeiro, A., Albarrán, A., Rato Nunes, J.M., Barreto, C., 2008. Short and medium-term effects of two-phase olive mill waste application on olive grove production and soil properties under semiarid mediterranean conditions. Bioresource Technology 99, 7982-7987. doi.org:10.1016/j.biortech.2008.03.051.

Makan, A., Assobhei, O., Mountadar, M., 2014. Initial air pressure influence on in-vessel composting for the biodegradable fraction of municipal solid waste in Morocco Int. J. Environ. Sci. Technol., 11: pp. 53-58. doi.org:10.1007/s13762-013-0434-6.

Miller, F.C., 1996. Composting of municipal solid waste and its components. A.C Palmisano, M.A Barlaz (Eds.), Microbiology of Solid Waste, CRC Press, Boca Raton, pp. 115-154.

Minale, M., Worku, T., 2014. Anaerobic co-digestion of sanitary wastewater and kitchen solid waste for biogas and fertilizer production under ambient temperature: waste generated from condominium house Int. J. Environ. Sci. Technol., 11: 509-516. doi.org:10.1007/s13762-013-0255-7.

Mosher, D., Anderson, R.K., 1977. Composting sewage sludge by high-rate suction aeration techniques—the process as conducted at Bangor, ME, and some guidelines of general applicability. Interim Report Number SW-614d. US Government Printing Office, Washington, DC.

Mulvaney, R.L., 1996. Nitrogen—inorganic forms. p. 1123–1184. In D.L. Sparks et al. (ed.) Methods of soil analysis. Part 3. 3rd ed. SSSA Book Ser. 5. ASA and SSSA, Madison, WI.

Niaounakis, M., Halvadakis, C.P., 2004. Olive-mill waste management: literature review and patent survey 960-402-123-0, Typothito-George Dardanos Publications, Athens.

Paredes, C., Bernal, M. P., Cegarra, J., Roig, A., 2002. Bio-degradation of olive mill wastewater sludge by its co-composting with agricultural wastes. Bioresource Technology, 85 (1): 1-8. doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00078-0.

Richards L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U.S. Department of Agriculture Handbook No: 60. 94 p.

Rynk, R., 1992. On farm composting handbook. NRAES-54, Cooperative Extension Service, Northeast Regional Agricultural Engineering Services, Ithaca, NY, USA.

Sánchez-Monedero, M.A., Roig, A., Paredes, C., Bernal, M.P., 2001. Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. Bioresource Technology, 78 (3): 301-308. doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00031-1.

Schlichting E., Blume E., 1966. Bodenkundliches Practikum. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.

Smith, H. W., Weldon, M. D., 1941. "A comparison of some methods for the determination of soil organic matter." Soil Science Society of America Journal 5.C : 177-182.

Tian, Y. , Chen, L., Gao, L., Michael Jr., F.C., Keener, H.M., Klingman, M., Dick, W.A., 2012. Composting of waste paint sludge containing melamine resin and the compost's effect on vegetable growth and soil water quality J. Hazard. Mater, 243: pp. 28-36. doi.org:10.1016/j.jhazmat.2012.09.013.

TMECC., 2009. Test Methods for the examination of composting and compost (4.10. Electrical conductivity for compost; 4.11. Electrometric pH determinations for compost). US Composting Council.

TÜİK., 2017. Türkiye İstatistik Kurumu. http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=1073 (Erişim tarihi: 25.10.2018)

Zucconi, F., 1987. Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste. Compost : production, quality and use. Elsevier Applied Science, pp 30–50.

Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi
Anadolu Journal of Agricultural Sciences
http://dergipark.gov.tr/omuanajas

Araştırma/Research

Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci, 34 (2019)
ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769 (Online)
doi: 10.7161/ omuanajas.513084

Çarşamba Ovası'nda işlenen tarım alanlarının bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin incelenmesi

Nalan Kars[a], İmanverdi Ekberli[b*]

[a]*T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstütüsü Müdürlüğü, Samsun*
[b]*Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun*
**Sorumlu yazar/Corresponding author: iman@omu.edu.tr*

Geliş tarihi 15.01.2019 Kabul tarihi 24.04.2019

ÖZET

Bu çalışmada, Çarşamba Ovası'nda geleneksel toprak işleme yöntemleriyle ana ürün olarak mısır bitkisi yetiştirilen tarım topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri araştırılmıştır. Bu amaçla, Samsun ilinde yer alan Çarşamba Ovası'nın 20 köyünde çiftçiler tarafından mısır tarımı yapılan arazilerden toprak örnekleri alınmıştır. Araştırma 2013-2014 yılları arasında aynı arazilerde yürütülmüştür. Toprak örneklerinde bazı fiziksel (tekstür, tarla kapasitesi, solma noktası, hacim ağırlığı) ve kimyasal (organik madde, toprak reaksiyonu, elektriksel iletkenlik, kireç içeriği, toplam azot, değişebilir katyonlar, yarayışlı fosfor ve potasyum, katyon değişim kapasitesi, alınabilir Fe, Cu, Zn, Mn) özellikler belirlenmiştir. Araştırma sonucuna göre, toprakların çoğunluğu killi ve killi tın bünyeye sahip, hacim ağırlığı değerleri genellikle 1.30-1.51 g cm^{-3} (% 52.5'i), % 60'ının tarla kapasitesi değerleri ise % 30-50 arasında saptanmıştır. Toprakların büyük bir çoğunluğu (% 77.5'i) hafif alkalin reaksiyonlu, tuzsuz, az kireç içermekte olup, organik madde miktarları azdan fazlaya değişkenlik göstermiştir. Toprakların azot miktarı düşük (% 65'i), fosfor miktarı az (% 45'i); orta (% 20'i); çok yüksek (% 17.5'i), potasyum düzeyi orta (% 47.5'i), katyon değişim kapasitesi ise yüksek (% 40'i), çok yüksek (% 50'i) olarak saptanmıştır. Toprakların demir miktarı (% 92'i) yüksek, bakır miktarı (% 85'i) çok yüksek, mangan miktarı çok düşük (% 87.5'i), çinko miktarı ise çok düşük (% 72.5'i) düzeyde bulunmuştur. Araştırma topraklarının fiziksel özellikleri (bünye, hacim ağırlığı, tarla kapasitesi) yüksek verim elde edilmesini sınırlandıran faktörler olmamakta, toprakların büyük kısmı azot ve fosfor bakımından zengin olmadığından azotlu ve fosforlu gübreleme yapılması gerekmektedir.

Anahtar Sözcükler:
Çarşamba Ovası
Fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri
Frekans dağılımı
Mısır

Investigation of some physical and chemical soil properties of cultivated fields in Çarşamba Plain

ABSTRACT

In this study, some physical and chemical properties of maize grown agricultural soils in Çarşamba Plain were investigated. For this purpose, soil samples were taken from agricultural land cultivated by farmers from twenty villages of Çarşamba Plain in Samsun. The study was carried out between 2013-2014 in the same fields. In the soil samples, some physical (texture, field capacity, wilting point, bulk density) and chemical properties (organic matter, soil reaction, electrical conductivity, lime content, total nitrogen, exchangeable cations, available phosphorus, cation exchange capacity, available Fe, Cu, Zn and Mn) were determined. According to the results of research, majority of the soils maize crops were grown were determined to have clayey and clayey loam textured, bulk density values generally 1.30-1.51 g cm^{-3} (52.5 %) and field capacity values of 60 % were found as 30 % - 50 %. The great majority of the soils (77.5 %) had slightly alkaline reaction, low lime contents, nonsaline and amounts of organic matter in the soils varied from low to high. The amounts of nitrogen in the soils were low (47.5 %) and potassium were medium (47.5 %). 45 % of phosphorus was defined as low, 20 % as medium and 17.5 % as high. 40% of cation exchange capacity was defined as high and 50 % as very high. Amount of iron in the soils were (92 %) high, amount of copper (85 %) was very high, manganese content was very low (87.5 %) and amount of zinc was very low (72.5 %). The physical properties of the soils (structure, bulk density, field capacity) are not the factors that limit the high efficiency, nitrogen and phosphorus fertilization is required because most of the soils are not rich of nitrogen and

Keywords:
Çarşamba plain
Physical and chemical soil properties
Frequency distribution
Maize

phosphorus.

© OMU ANAJAS 2019

1. Giriş

Tahıl (mısır, buğday, arpa, yulaf vb.) üretimi dünyada olduğu gibi Türkiye nüfusunun beslenmesinde de büyük önem taşımaktadır. Tahıllar beslenme maddelerinin temel kaynağı olup, sadece insanın gıda ihtiyacını karşılamakla kalmaz, hayvan beslenmesinde yem ihtiyacını da karşılamaktadır (Yağbasanlar, 1990; Şahin, 2001). Tahıl, aynı zamanda ülkemizin ekonomi bağımsızlığında diğer tarım ürünleriyle karşılaştırıldığında, daha büyük öneme sahiptir. Mısır (*Zea mays* L.), dünya tahıl ekiliş alanı yönünden buğday ve çeltikten sonra üçüncü sırada yer alan bir bitkidir. FAO'nun verilerine göre; dünya mısır ekiliş alanı 1.84 x 10^8 ha, üretimi yaklaşık 1.04 x 10^9 ton, verimi ise 561.5 kg da^{-1}'dır (Anonymous, 2014). Ülkemizde ise mısırın ekiliş alanı 6.8 x 10^5 ha, üretimi 6.4 x 10^6 ton, verimi ise 941 kg da^{-1}'dır. Karadeniz bölgesinde en önemli tarımsal potansiyele sahip olan Çarşamba Ovası'nda, mısır bitkisinin ekiliş alanı 4038 ha, üretimi 27021 ton, verimi 750 kg da^{-1}'dır (TÜİK, 2016).

Toprak verimliliğinin arttırılması, sürdürebilirliği, korunması gibi süreçlerin devamlılığı, toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin belirlenmesi ve bu özelliklerin yapılacak fiziksel, kültürel ve bitkisel uygulamalarla iyileştirilmesiyle mümkün olabilmektedir (Tümsavaş, 2002). Bu nedenle, araştırmacılar tarafından mısır ve diğer bitkilerin yetiştirildiği tarım topraklarının verimlilik düzeylerini belirlemek ve artırmak amacıyla yürütülen çalışmalarda, toprakların fiziksel, kimyasal özellikleri incelenmiş, uygun sınıflandırmalar yapılmıştır (Tümsavaş, 2003; Ekberli ve ark., 2005; Ekberli ve Kerimova, 2005; Tümsavaş ve Aksoy, 2009; Turan ve ark., 2010; Özyazıcı ve ark., 2013b; Soba ve ark., 2015; Hossain ve ark., 2015; Dengiz ve Ekberli, 2017; Ekberli ve Dengiz, 2017; Martin ve ark., 2017; Lipiec ve Usowicz, 2018). Tarım alanlarında çeşitli toprak işlemleri toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerine önemli düzeyde etki yapmaktadır (Moraes ve Benez, 1996; Turgut, 2000; Gülser ve ark., 2010; Özdemir ve ark., 2014; Gülser, 2016; Gülser ve ark., 2016). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının verimlilik durumlarını incelenmesine ait yapılan bir araştırmada, toprakların büyük kısmının ağır bünyeli, hafif alkali, tuzsuz, kireçli ve düşük organik maddeye sahip olduğu; bitki besin elementi sonuçlarına göre ise toprakların toplam N, alınabilir K ve alınabilir Zn ve Cu bakımından yeterli olduğu, diğer taraftan alınabilir P, Fe ve Mn ile çözünebilir B bakımından yetersiz olduğu belirlenmiştir (Soba ve ark., 2015). Tümsavaş ve Aksoy (2009), Bursa İli Kahverengi Orman Büyük Toprak Grubu topraklarının verimlilik durumunu belirlemek amacıyla yaptıkları bir araştırmada, araştırma alanını temsil edebilecek şekilde 28 adet toprak örneği alarak, bu örneklerin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemişlerdir. Alüviyal büyük toprak grubu tarım topaklarının verimlilik durumlarının belirlenmesi ve potansiyel beslenme sorunlarının saptanması amacıyla 30 adet toprak örneğinin alındığı bir araştırmada, toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Çoğunlukla orta bünyeli, hafif alkali reaksiyonlu, az ve orta düzeyde kireç içeren toprakların % 43.39'unda organik madde, % 46.66'sında azot, % 10'unda fosfor ve % 20'sinde kükürt, % 43.34'ünde çinko ve % 90'ında mangan bakımından yetersiz olduğu bildirilmiştir (Turan ve ark., 2010). Ateş ve Turan (2015) tarafından, Bingöl ili Merkez ilçesindeki tarım topraklarının bazı toprak özellikleri ve verimlilik düzeylerini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, tarım topraklarının; genelde killi-tın bünyeli ve nötr veya nötre yakın reaksiyonlu olduğu, tuzluluk problemi bulunmayan toprakların kireç içeriğinin az kireçli ile orta kireçli arasında değiştiği, organik madde miktarının ise düşük düzeyde olduğu, toprakların büyük çoğunluğunun alınabilir fosfor bakımından yetersiz, alınabilir potasyum bakımından ise yeterli olduğu saptanmıştır. Çanakkale ili Lapseki ilçesi tarım topraklarında yürütülen bir başka çalışmada da; bölge topraklarının yüksek miktarda kireç içerdiği; alkalin reaksiyonlu olan toprakların, organik madde ve alınabilir P içeriklerinin az, potasyum bakımından zengin düzeyde olduğu; incelenen toprak örneklerinin % 70'inde alınabilir Zn ve Fe içeriklerinin, % 55'inde ise Mn içeriğinin az, % 95'inde de alınabilir Cu miktarının yeterli seviyede olduğu bildirilmiştir (Demirer ve ark., 2003). Genel olarak, tahıl bitkileri yetiştirilen toprakların fiziksel-kimyasal özelliklerinin optimum düzeyde olmasına yönelik tarımsal yöntemlerin belirlenmesinde, fiziksel-kimyasal özelliklerin degerlendirilmesi gerekir (Schoenholtz ve ark., 2000; Dordas, 2006; Özyazıcı ve ark., 2013a; Kamau ve ark., 2019).

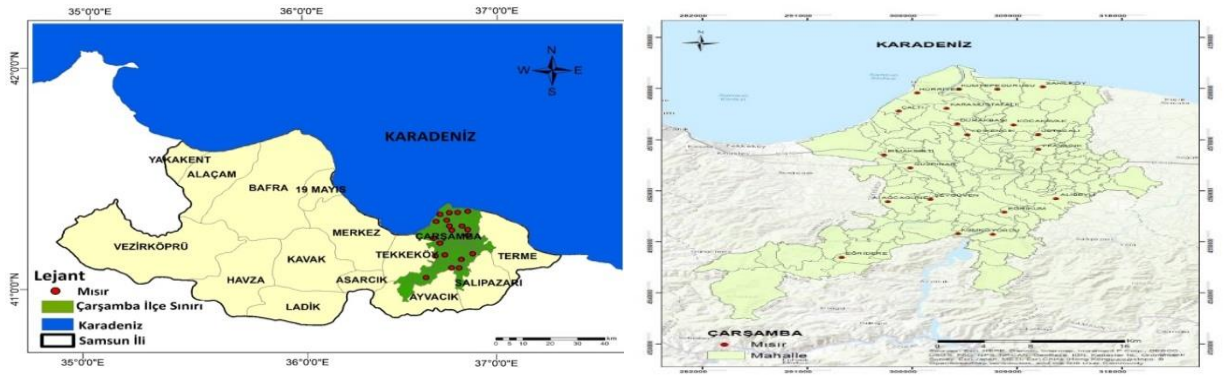
Bu araştırmanın amacı, Çarşamba Ovası'nda geleneksel toprak işleme yöntemleriyle ana ürün olarak mısır yetiştiriciliği yapılan tarım topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelenmesidir.

2. Materyal ve Yöntem

Çarşamba Ovası, Samsun ilinin doğusunda Canik dağları ile Karadeniz arasında Yeşilırmak'ın oluşturduğu delta ovasıdır. Ova 0-50 m kotları arasında, 103766 hektarlık alanı kapsamaktadır. Çarşamba Ovası doğu–batı istikametinde 65 km, güney–kuzey istikametinde ise 35 km uzunluğa sahiptir. Ova taban arazilerinin genel eğimleri güney–kuzey istikametinde olup ortalama % 0.1'dir. Bu eğim, deniz kenarına yaklaştıkça % 0-0.02'ye kadar düşmektedir. Yamaç arazilerde ise eğim, % 2-40 arasında değişmektedir (Anonim, 1984; Anonim, 2012). Ova, bitki örtüsü yönünden çok zengin olup, 58.921 hektar tarım arazisine sahiptir. Ova toprakları alüvyal ve kısmen de

kolüvyal (kestane rengi topraklar, gri-kestane podzolik topraklar, kahverengi orman toprakları) karakterdedir. Ovada yıllık toplam yağış miktarı 985.9 mm olup, yıllık sıcaklık ortalaması ise 15-17 °C'dir.

Araştırma 2013-2014 yıllarında Samsun ili Çarşamba Ovası'nı temsil eden 20 köyde çiftçiler tarafından geleneksel toprak işleme yöntemleri ile mısır tarımı yapılan arazilerde gerçekleştirilmiştir. Toprak örneklerinin alındığı lokasyonlar Şekil 1'de gösterilmiştir. Toprak tekstürü hidrometre yöntemiyle (Demiralay, 1993); hacim ağırlığı Demiralay (1993)'a göre;toprak reaksiyonu (pH) 1:1 oranında hazırlanan toprak-su süspansiyonunda ve cam elektrotlu pH metre ile belirlenmiştir (Bayraklı, 1987). Elektriksel iletkenlik (EC) 1:1 oranında hazırlanan toprak-su süspansiyonunda elektriksel kondaktivite aleti ile (Richards, 1954); kireç ($CaCO_3$) Scheibler kalsimetresiyle volümetrik olarak; organik madde Walkley-Black'e göre organik karbonun oksidasyonuyla; azot içeriği ise Kjeldahl yaş yakma yöntemine göre belirlenmiştir (Kacar, 1994).



Şekil 1. Toprak örneklerinin alındığı lokasyonlar

Yarayışlı P içeriği, mavi renk yöntemine göre (Olsen ve ark., 1954); değişebilir K ve Na, toprak örneğinin 1 N amonyum asetat (pH=7.0) çözeltisi ile ekstrakte edilmesiyle, Ca ve Mg 0.01M EDTA ile titre edilerek (Sağlam, 1997); katyon değişim kapasitesi, Bower yöntemine göre (United States Salinity Laboratory Staff, 1954); alınabilir Fe, Cu, Mn ve Zn içerikleri (0.005 M DTPA + 0.01 M CaCI2 +0.1 M TEA, pH=7.3) ise Lindsay ve Norvell (1978) tarafından bildirildiği şekli ile belirlenmiştir. Tarla kapasitesi (TK) ve solma noktası (SN) değeri, basınçlı tabla aletinde 1/3 atm ve 15 atm basınç altında toprak örneklerinin hidrolik denge durumuna gelmesinden sonra ağırlık esasına göre (Black, 1965); bitkiye yarayışlı su miktarı (BYS), tarla kapasitesi ve solma noktası arasındaki farktan belirlenmiştir. Toprak analiz sonuçlarına ait tanımlayıcı istatistikler SPSS 17.0 paket programında hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Mısır tarımı yapılan toprakların fiziksel özelliklerinin değişimi

Geleneksel toprak işleme ile mısır bitkisi yetiştirilen toprakların bazı fiziksel özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1'den görüldüğü gibi; toprakların kil miktarı % 3.54–64.70 arasında değişmekte olup, ortalama değeri ise % 40.70'dir. Standart sapma 15.97; varyasyon katsayısı % 39.23; çarpıklık katsayısı ise -0.447 olarak saptanmıştır.

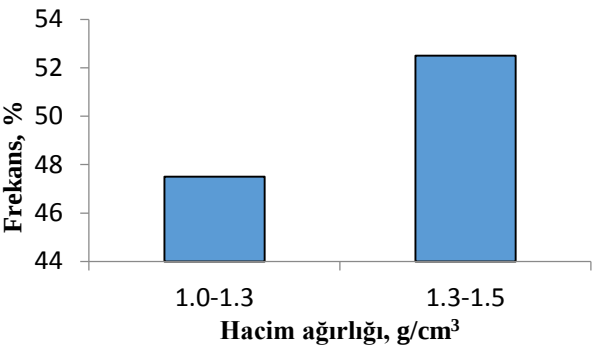
. Çizelge 1. Mısır bitkisi yetiştirilen toprakların bazı fizik sel özelliklerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler (n=40)

Özellikler	En düşük	En yüksek	Ortalama	St. Sapma	VK, %	Çarpıklık
Kil, %	3.54	64.70	40.70	15.97	39.23	-0.447
Silt, %	1.30	49.75	34.20	10.14	2.96	-1.057
Kum, %	8.77	95.17	25.09	16.98	67.67	2.769
Db, g cm^{-3}	1.02	1.51	1.27	0.12	9.44	0.186
TK, %	9.38	50.68	33.02	9.49	28.74	-0.594
SN, %	2.79	28.24	16.03	6.29	39.23	-0.159
BYS, %	6.59	23.34	16.99	4.04	23.77	-0.896

Toprakların silt miktarı % 1.30-49.75 arasında değişmekte, ortalama miktarı % 34.20'dir. Standart sapma, varyasyon katsayısı ve çarpıklık katsayısı parametreleri sırasıyla 10.14; % 2.96; -1.057 olarak bulunmuştur. Toprakların kum miktarı % 8.77-95.17 arasında değişmekte olup, ortalama miktarı %25.09 olarak bulunmuştur. Standart sapma, varyasyon katsayısı, çarpıklık sırasıyla 16.98; % 67.67; 2.769 olarak belirlenmiştir. Mısır yetiştirilen toprakların bünyesi killi tın, killi, tınlı, kumlu, siltli kil ve siltli killi tın olarak saptanmıştır. Toprakların en düşük hacim ağırlığı 1.02 g cm^{-3}, en yüksek hacim ağırlığı ise 1.51 g cm^{-3} olup, ortalama değeri 1.27 g cm^{-3} olarak belirlenmiştir. Standart sapma 0.12; varyasyon katsayısı %9.44; çarpıklık katsayısı ise 0.186 olarak saptanmıştır. Toprakların tarla kapasitesi % 9.38-50.68 arasında değişmekte olup, ortalama değeri % 33.02'dir. Standart sapma, varyasyon katsayısı, çarpıklık ölçütü sırasıyla 9.49; % 28.74; -0.594 olarak belirlenmiştir. Toprakların solma noktası % 2.79-28.24 arasında değişmekte, olup, ortalama olarak % 16.03 bulunmuştur. Standart sapma 6.29; varyasyon katsayısı % 39.23; çarpıklık ölçütü ise -0.159 olarak saptanmıştır.

Toprakların bitkiye yarayışlı su miktarı % 6.59-23.34 arasında değişmekte, ortalama ise % 16.99'dur. İstatistiksel göstericiler sırasıyla 4.04; % 23.77; -0.896 olarak belirlenmiştir.

Toprakların kil içeriği ile hacim ağırlığı arasında önemli negatif (-0.424*) ilişkiler belirlenmiştir. Hacim ağırlığı ve kum miktarı arasında önemli pozitif (0.447*); kum içeriği ve BYS arasında ise önemli negatif (-0.410*) ilişki bulunmuştur. Toprakların TK değeri ile SN'sı ve BYS değerleri arasında çok önemli pozitif (sırasıyla 0.949** ve 0.871**) ilişkiler saptanmıştır. Ayrıca toprakların SN değeri BYS değeri ile çok önemli pozitif (0.671**) ilişki göstermiştir. Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistiklerden görüldüğü gibi, elde edilen değerler geçerllik sınırları dahilinde olmaktadır. Toprakların hacim ağırlığı, kil ve tarla kapasitesi değerlerine ait frekans dağılımları Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 2. Toprakların hacim ağırlığı dağılımı (n=40)

Şekil 2'de görüldüğü gibi, mısır yetiştirilen toprakların hacim ağırlığı değerlerinin % 47.5'i 1.0-1.3 g cm^{-3}; % 52.5'i ise 1.3-1.5 g cm^{-3} aralığında değişmektedir. Hacim ağırlığı; toprak nemi, prozite, hidrolik iletkenlik gibi toprak özellikleriyle ilişkili olup, toprak kalitesinin bir ölçütü olmaktadır (Dam ve ark., 2005). Hacim ağırlığının 1.5-1.6 g cm^{-3} degerlerinden yüksek olması durumunda, bitki kök büyümesinin engellenebileceği bildirilmiştir (Raper ve ark., 1993).

Çizelge 2. Mısır bitkisi yetiştirilen toprakların bazı kimyasal özelliklerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler (n=40)

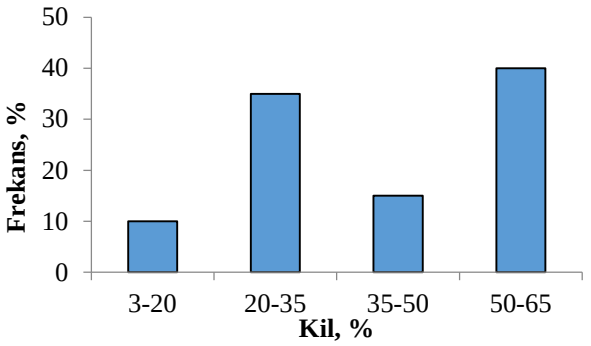
Özellikler	En düşük	En yüksek	Ortalama	St. Sapma	VK,	Çarpıklık
pH, (1:1)	5.32	7.97	7.55	0.66	8.74	-2.737
EC, dS m^{-1} (1:1)	0.21	0.68	0.49	0.11	22.44	-0.652
$CaCO_3$, %	0.47	7.04	2.62	1.60	0.61	1.530
OM, %	0.81	4.16	2.05	0.75	36.58	1.250
N, %	0.06	0.21	0.13	0.03	23.07	0.353
P, ppm	0.02	75.09	17.14	20.87	121.7	1.532
K, cmol kg^{-1}	0.23	1.99	0.59	0.40	67.79	2.045
Ca+Mg, cmol kg^{-1}	6.86	76.98	38.79	14.45	37.25	0.503
Na, cmol kg^{-1}	0.32	2.33	1.13	0.77	68.14	0.365
KDK, cmol kg^{-1}	7.79	79.35	40.52	14.73	36.35	0.505
Fe, ppm	9.58	69.12	29.97	14.48	48.31	1.106
Mn, ppm	5.68	158.45	20.98	36.20	172.5	3.327
Cu, ppm	0.69	7.36	4.57	1.36	29.75	-0.577
Zn, ppm	0.31	4.50	0.83	0.88	106.0	3.327

pH: Toprak reaksiyonu; EC: Elektriksel iletkenlik; CaCO3: Kireç; OM: Organik madde; N: Azot; P: Fosfor; K: Potasyum; Ca+Mg: Kalsiyum+Magnezyum; Na: Sodyum; KDK: Katyon değişim kapasitesi; Fe: Demir; Mn: Mangan; Cu: Bakır; Zn: Çinko; VK: Varyasyon katsayısı.

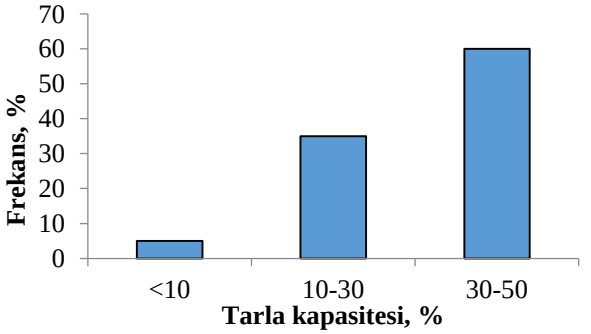
Toprakların çoğunluğu killi ve killi tın bünyeye sahip olup, genel olarak topraklarda kil miktarı fazla olmamaktadır (Şekil 3).

Ekberli ve ark. (2005), iklim faktörlerinin ve farklı azot dozlarının mısır bitkisinin verim ve azot kapsamına etkisini araştırdıkları bir çalışmada; 7 farklı lokasyonda toprakların kil miktarının % 7.98 ile % 63.01 arasında değiştiğini ve toprakların çoğunluğunun kil bünyeye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Genel olarak, mısır bitkisi en iyi gelişimi ve yüksek verimi, organik madde ve bitki besin maddelerince zengin, drenajı ve havalanması iyi olan derin işlenmiş, sıcak, tın bünyeli topraklarda göstermektedir (Emeklier, 1997).

Şekil 4'te görüldüğü gibi, mısır yetiştirilen toprakların % 5'inde tarla kapasitesi % 10'dan küçük; % 35'inde % 10 ile % 30; % 60'ın da ise % 30 ile % 50 arasında değişmiştir.



Şekil 3. Mısır bitkisi yetiştirilen topraklarda kil miktarının dağılımı (n=40)



Şekil 4. Mısır bitkisi yetiştirilen topraklarda tarla kapasitesinin dağılımı (n=40)

Tarla kapasitesi değerleri yüksek verim elde edilmesine imkan veren sınırlar dahilinde olmaktadır (Yıldırım ve Kodal, 1995; Biber ve Tekin, 2006). Sağlam (2013), çok değişkenli istatistiksel yöntemler ile toprak özelliklerinin gruplandırılması üzerine yaptığı bir çalışmada, toprakların tarla kapasitelerinin % 30.25 ile % 43.41 arasında değiştiğini ve ortalama tarla kapasitesinin ise % 35.90 olduğunu belirtmiştir. Braunworth ve Mack (1989), su eksikliğinin mısır verimi ve kalitesine etkisini araştırarak, kullanılabilir su tutma kapasitesinin % 50'si tüketilmeden yapılan sulama koşullarında, verim değerinin birbirine yakın olduğunu belirlemişlerdir.

3.2. Mısır tarımı yapılan toprakların kimyasal özelliklerinin değişimi

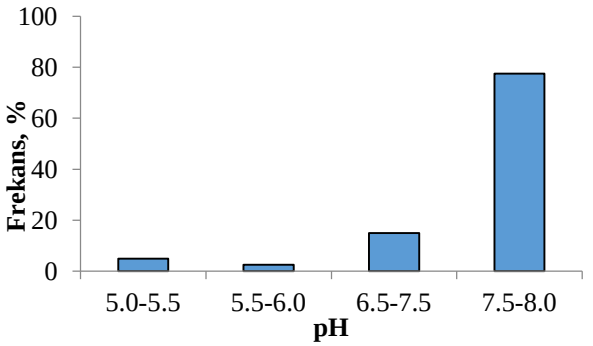
Geleneksel yöntemler ile mısır bitkisi yetiştirilen toprakların bazı kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2'den görüldüğü gibi, araştırma toprakları çoğunlukla nötr ve hafif alkalin reaksiyona sahip olup, ortalama pH değeri 7.55 olmaktadır. Standart sapma 0.66; varyasyon katsayısı % 8.74; çarpıklık katsayısı ise -2.737 olarak saptanmıştır. Araştırma toprakları çoğunlukla tuzsuz olup, ortalama EC miktarı 0.49 dS m^{-1}'dir. Standart sapma, varyasyon katsayısı, çarpıklık parametreleri sırasıyla 0.11; % 22.44; -0.652 olarak belirlenmiştir. Topraklar kireç içeriği bakımından çoğunlukla az kireçli olup, ortalama değeri % 2.62'dir. Uygun istatistiksel parametreler ise sırasıyla 1.60; % 0.61; 1.530 olarak bulunmuştur. Toprakların organik madde miktarı genellikle düşük (% 1.0-2.0) ve orta (% 2.0-3.0) düzeyde değişmekte, ortalama miktarı ise % 2.05'dir. Standart sapma 0.75; varyasyon katsayısı % 36.58; çarpıklık ise -1.250 olarak saptanmıştır. Topraklar azot bakımından çoğunlukla düşük düzeyde olup, ortalama azot miktarı % 0.13 bulunmuştur. Standart sapma, varyasyon katsayısı, çarpıklık katsayısı sırasıyla 0.03; % 23.07; 0.353 olarak belirlenmiştir. Toprakların fosfor miktarı en düşük 0.02 ppm, en yüksek ise 75.09 ppm olarak saptanmıştır. Ortalama fosfor miktarı 17.14 ppm olup, toprakların fosfor kapsamı çoğunlukla az ve orta düzeydedir. İstatistiksel göstericiler sırasıyla 20.87; % 121.76; 1.532 olarak belirlenmiştir. Topraklar potasyum bakımından genellikle orta düzeyde olup, ortalama potasyum değeri 0.59 cmol kg^{-1}'dır. Standart sapma 0.40; varyasyon katsayısı % 67.79; çarpıklık katsayısı ise 2.045 olarak saptanmıştır. Topraklarda Ca+Mg miktarı 6.86-76.98 cmol kg^{-1} arasında değişmekte olup, ortalama değer 38.79 cmol kg^{-1}'dır. Standart sapma, varyasyon katsayısı, çarpıklık katsayısı ise sırasıyla 14.45; % 37.25; 0.503 olarak belirlenmiştir. Toprakların sodyum kapsamı orta, yüksek ve çok yüksek seviye arasında değişmekte olup, ortalama 1.13 cmol kg^{-1}'dır. Standart sapma, varyasyon katsayısı ve çarpıklık sırasıyla 0.77; % 68.14; 0.365 olarak bulunmuştur. Topraklardaki KDK seviyesi çoğunlukla yüksek ve çok yüksek arasında olup, ortalama KDK değeri 40.52cmol kg^{-1}'dır. Standart sapma 14.73; varyasyon katsayısı % 36.35; çarpıklık katsayısı ise 0.505 olarak saptanmıştır. Toprakların demir kapsamı çoğunlukla orta ve yüksek arasında değişmekte olup, ortalama demir miktarı 29.97 ppm'dir. İstatistiksel parametreler sırasıyla 14.48; % 48.31; 1.106 olarak bulunmuştur. Toprakların mangan kapsamları genellikle düşük olup, ortalama 20.98 ppm' dir. Standart sapma, varyasyon ve çarpıklık katsayısı sırasıyla 36.20; % 172.54; 3.327 olarak

belirlenmiştir. Toprakların bakır miktarı çok yüksek düzeyde olup, ortalama miktarı 4.57 ppm'dir. Standart sapma 1.36; varyasyon katsayısı % 29.75; çarpıklık katsayısı ise -0.577 olarak saptanmıştır. Toprakların çinko kapsamı çoğunlukla çok düşük ve orta düzeyde değişmekte, ortalama çinko kapsamı 0.83 ppm'dir. İstatistiksel göstericiler sırasıyla 0.88; % 106.02; 3.327 olarak bulunmuştur. Düzensiz tarımsal uygulamalar (gübreleme, sulama vb.), toprakların farklı fiziko-kimyasal özellikleri, bazı toprak özelliklerinin (P, Mn, Zn) geniş aralıkta değişimine, dolayısıyla değerlerin homojen olmayan dağılımına ve varyasyon katsayılarının yüksek olmasına sebep olabilir.

Toprakların pH değeriyle Fe ve Mn değerleri arasında çok önemli negatif (sırasıyla -0.660** ve -0.958**) ilişkiler belirlenmiştir. Toprakların EC değeriyle OM, N, K, Ca+Mg, KDK ve Cu arasındaki korelasyon ilişkiler, sırasıyla 0.438*; 0.476*; 0.395*; 0.412*; 0.425* ve 0.651** olarak saptanmıştır. Topraklardaki $CaCO_3$ kapsamıyla Na miktarı arasında çok önemli pozitif (0.533**), Cu miktarıyla ise önemli pozitif (0.464*) ilişkiler elde edilmiştir. Toprakların OM miktarı; N, K, Ca+Mg, Na, KDK ve Cu miktarları ile çok önemli, P miktarı ile önemli pozitif ilişkiler göstermiştir. Topraklardaki N içeriği; K ve Cu içerikleriyle çok önemli, Zn içeriği ile önemli pozitif ilişkiler vermiştir. Toprakların P miktarı ile K ve Zn miktarları arasında çok önemli pozitif ilişkiler saptanmıştır. Toprakların K miktarıyla; Fe miktarı arasında önemli negatif, Cu miktarı ile önemli pozitif, Zn miktarıyla ise çok önemli pozitif ilişkiler bulunmuştur. Toprakların KDK kapsamı ile Cu arasında önemli pozitif ilişki belirlenmiştir. Fe içeriği Mn içeriğiyle çok önemli pozitif ilişki göstermiştir.

Toprakların pH, EC, OM, N, P, K ve KDK miktarlarına ait frekans dağılımları Şekil 5-11'de gösterilmiştir. Şekil 5'ten görüldüğü gibi, araştırma topraklarının % 5'i kuvvetli asit, % 2.5'i orta ve hafif asitli, % 15'i nötr, % 77.5'i ise hafif alkalin reaksiyonludur.



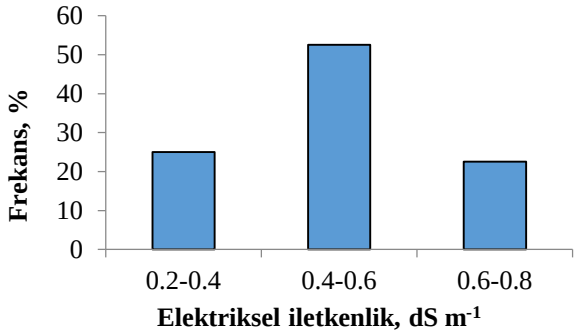
Şekil 5. Mısır bitkisi yetiştirilen topraklarda pH değerlerinin dağılımı (n=40)

Soba ve ark. (2015) tarafından, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının verimlilik durumlarının değerlendirildiği bir çalışmada; çiftlik topraklarının % 10.8'inde pH değerleri 8.5-8.7; % 89.2'sinde ise 7.5-8.5 arasında bulunmuştur.

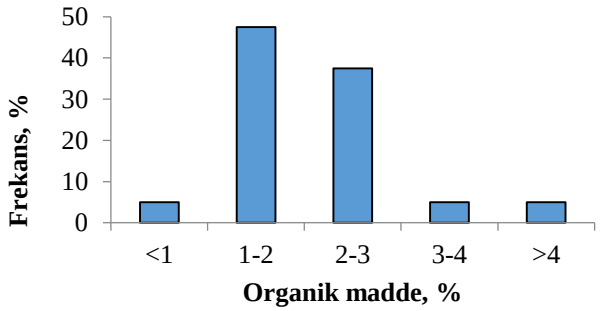
Araştırma topraklarının elektriksel iletkenlik değerlerinin % 25'i 0.2-0.4 dS m^{-1} ; % 52.5'i 0.4-0.6 dS m^{-1} ve % 22.5'i ise 0.6-0.8 dS m^{-1} arasında olduğu belirlenmiştir (Şekil 6).

Topraklarda tuzluluğun önemli bir göstergesi olan EC değerlerinden görüldüğü gibi, araştırma topraklarında tuzluluk problemi olmamaktadır. Tümsavaş (2002), Bursa ili kolüvyal büyük toprak grubunun verimlilik durumunu belirlediği bir çalışmasında; araştırma topraklarının elektriksel iletkenlik değerlerinin 0.26 dS m^{-1} ile 1.62 dS m^{-1} arasında değiştiğini, toprakların tuzluluk yönünden herhangi bir sorunu bulunmadığını bildirmiştir.

Organik madde miktarı, mısır bitkisi yetiştirilen toprakların % 5'inde çok az (< % 1); % 47.5'inde az (% 1-2); % 37.5'inde orta (% 2-3); % 5'inde iyi (% 3-4); % 5'inde ise yüksek (> % 4) olarak belirlenmiştir (Şekil 7). Şekilde görüldüğü gibi, mısır bitkisi yetiştirilen topraklar, organik madde bakımından zengin değildir.



Şekil 6. Mısır bitkisi yetiştirilen topraklarda elektriksel iletkenlik degerlerinin dağılımı (n=40)

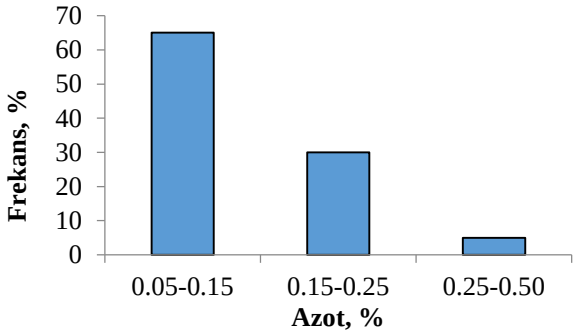


Şekil 7. Mısır bitkisi yetiştirilen topraklarda organik madde miktarının dağılımı (n=40)

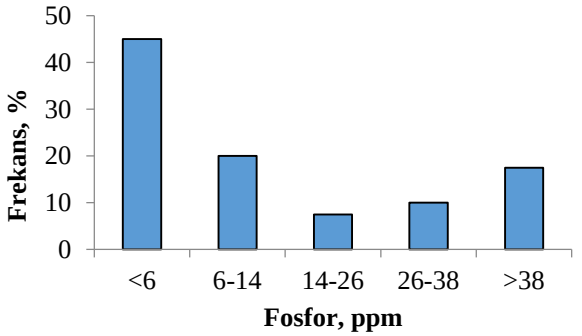
Ateş ve Turan (2015), Bingöl ili tarım topraklarının bazı özellikleri ve verimlilik düzeylerini araştırdıkları bir çalışmada, tarım topraklarının organik madde kapsamlarının % 0.03 ile % 7.34 arasında değiştiğini ve toprakların büyük çoğunluğunun çok az, az ve orta düzeyde organik madde içerdiğini saptamışlardır.

Şekil 8'de görüldüğü gibi, mısır bitkisi yetiştirilen araştırma topraklarının % 65'inde azot miktarı düşük (% 0.05-0.15), % 30'unda orta (% 0.15-0.25) ve % 5'inde ise fazla (% 0.25-0.50) düzeydedir.. Dolayısıyla, mısır bitkisi yetiştirilen araştırma topraklarının azot kapsamı, çoğunlukla düşük düzeyde yer almaktadır. Tarım yapılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelemek ve bitki besleme ile ilgili sorunlarını belirlemek amacıyla yürütülmüş bir çalışmada, toprakların toplam azot kapsamının % 0.048 ile % 0.488 arasında değiştiği, toplam azot kapsamının incelenen toprak örneklerinin % 3.85'inde az, % 23.08'inde yeterli, % 57.69'unda fazla ve %15.38'inde ise çok fazla düzeyde olduğu belirlenmiştir (Özyazıcı ve ark., 2013b).

Geleneksel toprak işleme yapılan tarlalarda az (< 6 ppm), orta (6-14 ppm), iyi (14-26 ppm), yüksek (26-38 ppm) ve çok yüksek (> 38 ppm) fosfor miktarları, araştırma alanının sırasıyla % 45; % 20; %7.5; % 10 ve % 17.5 kısmını oluşturmaktadır (Şekil 9). Araştırma toprakları fosfor bakımından yeterli düzeyde değildir.



Şekil 8. Mısır bitkisi yetiştirilen topraklarda azot miktarının dağılımı (n=40)

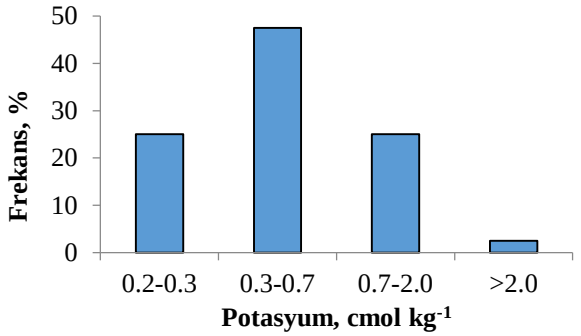


Şekil 9. Mısır bitkisi yetiştirilen topraklarda fosfor miktarının dağılımı (n=40)

Zengin ve Şeker (2003), Konya iline bağlı Beyşehir ilçesi tarım topraklarının verimlilik durumlarını belirlemek amacı ile yaptıkları bir çalışmada; toplam 48 örneğin yarayışlı fosfor içeriklerinin 3.50 ppm ile 126.14 ppm arasında değiştiğini ve ortalama 24.48 ppm olduğunu saptamışlardır. Ayrıca araştırmacılar, toprakların fosfor içeriğinin yüksek düzeyde olduğunu bildirmişlerdir.

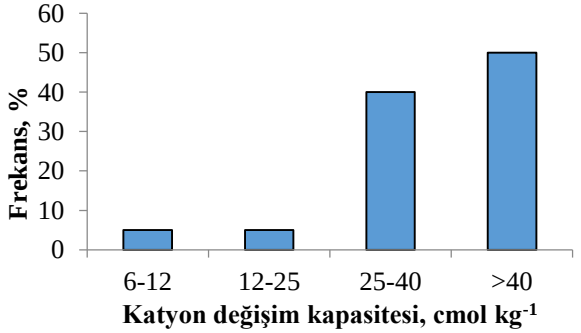
Şekil 10'da görüldüğü gibi, araştırma topraklarının % 25'inde potasyum miktarı düşük (0.2-0.3 cmol kg^{-1}); % 47.5'inde orta (0.3-0.7 cmol kg^{-1}); %25'inde yüksek (0.7-2.0 cmol kg^{-1}); % 2.5'inde ise çok yüksek (> 2 cmol kg^{-1}) olarak belirlenmişir. Ortalama potasyum miktarı 0.59 cmol kg^{-1} olup (Çizelge 2), genel olarak araştırma topraklarında potasyum kapsamı orta düzeydedir.

Bursa ili alüvyal tarım topaklarının verimlilik durumlarının ortaya konması ve potansiyel beslenme sorunlarını saptamak amacıyla, yürütülen bir araştırmada değerlendirilen 30 adet toprak örneğinde, toprakların % 6.67'sinin az, % 70'nin yeterli ve % 23.33'nün fazla seviyede potasyum içerdiği ve bu sonuçlara göre tarım topraklarının potasyum yönünden yeterli oldukları belirlenmiştir (Turan ve ark., 2010).



Şekil 10. Mısır bitkisi yetiştirilen topraklarda potasyum miktarının dağılımı (n=40)

Geleneksel işleme yapılan topraklarda ortalama KDK değeri 40.52 cmol kg^{-1} (Çizelge 2) olup; düşük (6-12 cmol kg^{-1}), orta (12-25 cmol kg^{-1}), yüksek (25-40 cmol kg^{-1}), çok yüksek (> 40 cmol kg^{-1}) düzeyde KDK miktarları mısır bitkisi yetiştirilen çalışma alanının sırasıyla % 5; % 5; % 40 ve % 50'sini oluşturmaktadır (Şekil 11). Genel olarak, araştırma topraklarında KDK miktarı yüksektir.



Şekil 11. Mısır bitkisi yetiştirilen topraklarda katyon değişim kapasitesi değeri dağılımı (n=40)

Karaduman ve Çimrin (2016), tarım topraklarının besin elementi durumları ve bunların bazı toprak

özellikleri ile ilişkilerini belirledikleri bir çalışmada, 53 noktadan alınan toplam 106 örnekte katyon değişim kapasitesinin 14 cmol kg^{-1} ile 44 cmol kg^{-1} arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

4. Sonuç

Çarşamba Ovası'nın geleneksel toprak işleme ile mısır bitkisi yetiştirilen tarım topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiş; bu özelliklerin frekans dağılımları analiz edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; mısır bitkisi yetiştirilen tarım arazileri çoğunluğu killi ve killi tınlı bünyeye sahiptir. Toprakların hacim ağırlığı değerleri 1.02-1.51 aralığında belirlenmiştir. Mısır yetiştirilen toprakların % 60'ında tarla kapasitesi % 30 ile % 50 arasında değişmektedir. Toprakların solma noktası ve bitkiye yarayışlı su miktarının ortalama değerleri sırasıyla % 16.03; % 16.99 olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla, toprakların bünyesi, hacim ağırlığı, tarla kapasitesi gibi fiziksel özellikleri, genel olarak araştırma topraklarından yüksek verim elde edilmesini sınırlandıran faktörler olmamaktadır. Geleneksel toprak işleme ile mısır bitkisi yetiştirilen toprakların % 77.5'inin hafif alkali reaksiyonlu ve topraklarda tuzluluk probleminin olmaması, araştırma topraklarınnın birçok kültür bitkisinin yetiştirilmesi için uygun olduğunu göstermektedir. Toprakların büyük bir kısmı az kireçli olup; organik madde miktarı ise % 47.5'inde çok az ve az, % 42.5'inde ise orta ve iyi düzeyde belirlenmiştir. Azot miktarı araştırma topraklarının % 65'inde düşük, % 35'inde ise orta ve fazla düzeyde saptanmıştır. Toprakların çok büyük kısmı fosfor bakımından zengin olmadığından fosforlu gübrelemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Araştırma topraklarının potasyum kapsamı çoğunlukla orta düzeydedir. Toprakların katyon değişim kapasitesi genellikle yüksek ve çok yüksektir. Araştırma topraklarının % 92'sinde demir yüksek, % 85'inde bakır çok yüksek, % 87.5'inde mangan çok düşük, % 72.5'inde ise çinko çok düşük düzeyde saptanmıştır. Özellikle toprakların çoğunluğunda görülen bakır fazlalığı bitkilerde potansiyel bir potasyum noksanlığı tehlikesi yaratabilmektedir. Ayrıca araştırma topraklarının çoğunluğunda görülen mangan noksanlığı ovada tarımsal üretimi sınırlayıcı bir faktör olarak ortaya çıkabilir. Bu araştırma sonuçları ova topraklarında yetiştirilen mısır bitkisinin besin elementi durumunu tam olarak ortaya koyamayacağından, bitkilerin en yüksek verim düzeyine uygun besin elementi isteklerinin detaylı olarak araştırılması ve besin elementlerine ait saptanan noksanlık belirtilerinin giderilmesi için çeşitli tarımsal işlemlerin ve uygun gübreleme programlarının yapılması gerekmektedir.

Kaynaklar

Anonim, 1984. Samsun ili verimlilik envanteri ve gübre ihtiyacı raporu. Yayın No:23, Genel Yayın No:760, Ankara.

Anonim, 2012. Samsun ili tarım mastır planı. T.C. Samsun İl Özel İdaresi.

Anonymous, 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/statistics (Erişim Tarihi: 20.04.2017).

Ateş, K., Turan, V., 2015. Bingöl ili merkez ilçesi tarım topraklarının bazı özellikleri ve verimlilik düzeyleri. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 2: 108-113.

Bayraklı, F., 1987. Toprak ve bitki analizleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, No:17, Samsun.

Biber, Ç., Kara T., 2006. Mısır bitkisinin bitki su tüketimi ve kısıtlı sulama uygulamaları. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(1): 140-146.

Black, C.A., 1965. Methods of soil analysis Part I-Physical and mineralogical methods, Soil Science Society of America, No: 9, USA.

Braunworth, W.S., Mack, H.J., 1989. The possible use of crop water stres index as an indicator of evapotranspiration deficits and yield reduction in sweet corn. Journal of the American Society for Horticultural Science, 114(4): 542-546.

Dam, R.F., Mehdi, B.B., Burgess, M.S.E., Madramootoo, C.A., Mehuys, G.R., Callum, I.R., 2005. Soil bulk density and crop yield under eleven consecutive years of corn with different tillage and residue practices in a sandy loam soil in central Canada. Soil & Tillage Research, 84: 41-53.

Demiralay, İ., 1993. Toprak fiziksel analizleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:143, Erzurum.

Demirer, T., Kaleli, Ş., Öztokat Kuzucu, C., 2003. A study to determine fertility status in the Çanakkale-Lapseki agricultural areas, Turkey. Journal of Arid Environments, 54: 485-493.

Dengiz, O., Ekberli, İ., 2017. Bazı vertisol alt grup topraklarının fizikokimyasal ve ısısal özelliklerinin incelenmesi. Akademik Ziraat Dergisi, 6 (1): 45-52.

Dordas, C., 2006. Foliar boron application improves seed set, seed yield, and seed quality of alfalfa. Agronomy Journal, 98: 907-913.

Ekberli, İ., Dengiz, O., 2017. Bazalt ana materyali ve farklı topografik pozisyon üzerinde oluşmuş toprakların bazı topografik özellikler ve fiziksel-kimyasal özellikleri arasındaki doğrusal regresyon modellerinin belirlenmesi. Toprak Su Dergisi, 6(1): 15-27.

Ekberli, İ., Horuz, A., Korkmaz, A., 2005. İklim faktörleri ve farklı azot dozlarının mısır bitkisinde verim ve azot kapsamına etkisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20(1): 12-17.

Ekberli, İ., Kerimova, E., 2005. Azerbaycan'ın Şirvan Bölgesi'nde sulanan killi Bir toprağın bazı fiziksel-

kimyasal parametrelerinin değişimi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20(3): 54-59.

Emeklier, H.Y., 1997. Erkenci hibrid mısır çesitlerinin verim ve fenotipik özellikleri üzerine arastırmalar. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No:1493, Bilimsel araştırma ve incelemeler, 817, Ankara.

Gülser, C., 2016. Changes in soil physical properties with hazelnut husk and tobacco waste applications. VII International Scientific Agriculture Symposium," Agrosym 2016", 6-9 October, Jahorina, Bosnia and Herzegovina. Proceedings, pp. 2032-2036.

Gülser, C., Demir, Z., İç, S., 2010. Changes in some soil properties at different incubation periods after tobacco waste application. Journal of Envıronmental Biology, 31(5): 671-674.

Gülser, C., Ekberli, İ., Candemir, F., Demir, Z., 2016. Spatial variability of soil physical properties in a cultivated field. Eurasian Journal of Soil Science, 5(3): 192-200.

Hossain, M.F., Chen, W., Zhang, Yu., 2015. Bulk density of mineral and organic soils in the Canada's arctic and sub-arctic. Information Processing in Agriculture, 2: 183-190.

Kacar. B., 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III, Toprak analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No:3, Ankara.

Kamau, J.W., Biber-Freudenberger, L., Lamers, J.P.A., Stellmacher, T., Borgemeister, C., 2019. Soil fertility and biodiversity on organic and conventional smallholder farms in Kenya. Applied Soil Ecology, 134: 85-97.

Karaduman, A., Çimrin, K.M., 2016. Gaziantep yöresi tarım topraklarının besin elementi durumları ve bunların bazı toprak özellikleri ile ilişkileri. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi, 19(2): 117-129.

Lindsay, L., Norvell, W.A., 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of American Proceeding 42: 421-428.

Lipiec, J., Usowicz, B., 2018. Spatial relationships among cereal yields and selected soil physical and chemical properties. Science of the Total Environment 633: 1579-1590.

Martin, M.A., Reyes, M., Taguas, F.J., 2017. Estimating soil bulk density with information metrics of soil texture. Geoderma, 287: 66-70.

Moraes, M.H., Benez, S.H., 1996. Effects of different soil tillage systems on some physical properties of terra roxa estruturada and on grain yield of corn for one year of tillage. Engenharia Agricola, 16(2): 31-41.

Olsen, S.R., Cole, V., Watanabe, F.S., Dean, L.A., 1954. Estimation of available phosphorous in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular, 9398: 1-19.

Özdemir, Ö., Gülser, C., Ekberli, İ., Kop, Ö.T., 2014. Asit toprakta düzenleyici uygulamalarının bazı toprak özellikleri ve verime etkileri. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 2(1): 27- 32.

Özyazıcı, M.A., Aydoğan, M., Bayraklı, B., Dengiz, O., 2013a. Doğu Karadeniz Bölgesi kırmızı-sarı podzolik toprakların temel karakteristik özellikleri ve verimlilik durumu. Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 28(1): 24-32.

Özyazıcı, M.A., Dengiz, O., Sağlam, M., 2013b. Artvin ilinde yonca (*Medicago sativa L*.) tarımı yapılan toprakların verimlilik durumu ve potansiyel beslenme problemlerinin ortaya konulması. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 14(2): 225-238.

Raper, R.L., Reeves, D.W., Burt, E.C., Torbert, H.A., 1993. Conservation tillage and traffic effects on soil condition. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 37: 763-768.

Richards, L.A., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. United States Department of Agriculture. Handbook, 60: 105-106.

Sağlam, M.T., 1997. Toprak ve suyun kimyasal analiz yöntemleri. Tekirdağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 189.

Sağlam, M., 2013. Çok değişkenli istatistiksel yöntemler ile toprak özelliklerinin gruplandırılması. Soil-Water Journal, 2(1):7-14.

Schoenholtz, S.H., Van Miegroet, H., Burger, J.A., 2000. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. Forest Ecology and Management, 138: 335-356.

Soba, M. R., Türkmen, F., Taşkın, M. B., Akça, M. O. ve Öztürk, H. S., 2015. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının verimlilik durumlarını incelenmesi. Toprak Su Dergisi, 4(1): 7-17.

Şahin, S., 2001. Türkiye'de mısır ekim alanlarının dağılışı ve mısır üretimi. Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 21(1): 73-90.

Turan, M.A., Katkat, A.V., Özsoy, G., Taban, S., 2010. Bursa ili alüviyal tarım topraklarının verimlilik durumları ve potansiyel beslenme sorunlarının belirlenmesi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 24(1): 115-130.

Turgut, İ., 2000. Bursa koşullarında yetiştirilen şeker mısırında (*Zea mays saccharata sturt*.) bitki sıklığının ve azot dozlarının taze koçan verimi ile verim ögeleri üzerine etkisi. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 24: 341-347.

TÜİK, 2016. Türkiye İstatistik Kurumu Temel İstatistikler. http://www.tuik.gov.tr. (Erişim Tarihi: 20.01.2017).

Tümsavaş, Z., 2002. Bursa ili kolüvyal büyük toprak grubu topraklarının verimlilik durumunun belirlenmesi. Anadolu, Journal of Agean Agricultural Research Institute, 12(1): 131-144.

Tümsavaş, Z., 2003. Bursa İli Vertisol büyük toprak grubu topraklarının verimlilik durumlarının toprak analizleriyle belirlenmesi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 17(2): 9-21.

Tümsavaş, Z., Aksoy, E., 2009. Kahverengi orman büyük toprak grubu topraklarının verimlilik durumlarının belirlenmesi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 23(1): 93-104.

United States Salinity Laboratory Staff, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, Agriculture. Handbook No:60, USDA.

Yağbasanlar, T., 1990. Melez buğdayın önemi ve verim potansiyeli. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 5: 15-24, Adana.

Yıldırım, Y., Kodal, S., 1995. Ankara koşullarından mısır verimine etkileri. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara.

Zengin, M., Şeker, C., 2003. Buğday bitkisinin besin elementi kapsamı ile toprak özellikleri arasındaki regresyon ilişkiler. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(31): 31-35.