

Uluslararası Hakemli Dergi
International Peer Reviewed Journal

e-ISSN: 2149-8245



Yıl/Year: 2018

Cilt/Volume: 4

Sayı/Issue: 2

BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT VE DOĞA BİLİMLERİ FAKÜLTESİ
BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY FACULTY OF AGRICULTURE AND NATURAL SCIENCES

ULUSLARARASI TARIM VE YABAN HAYATI BİLİMLERİ DERGİSİ

INTERNATIONAL JOURNAL OF
AGRICULTURE AND WILDLIFE
SCIENCE

BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
ZİRAAT VE DOĞA BİLİMLERİ FAKÜLTESİ

BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY
FACULTY OF AGRICULTURE AND NATURAL SCIENCES

ULUSLARARASI TARIM VE YABAN HAYATI
BİLİMLERİ DERGİSİ

INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURAL AND
WILDLIFE SCIENCES

| | | | | |
|--------|----------|-------|----------|-------------|
| Cilt | 4 | Sayı | 2 | 2018 |
| Volume | | Issue | | |

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

Baş Editör

Editor in Chief

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

Editör Kurulu

Editorial Board

Prof. Dr. Mehmet Erhan GÖRE, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Doç. Dr. Handan ESER, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Doç. Dr. Beyhan KİBAR, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Doç. Dr. Ahmet ÖZTÜRK, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Doç. Dr. Mustafa SÜRMEK, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi
Doç. Dr. Kadir Ersin TEMİZEL, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Doç. Dr. Bahtiyar Buhara YÜCESAN, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi İhsan CANAN, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Yakup Erdal ERTÜRK, Iğdır Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Cihangir KİRAZLI, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin SAUK, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Ferit SÖNMEZ, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Araş. Gör. Mehmet Zahit YEKEN, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Danışma Kurulu

Advisory Board

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

Ürün Bilgisi (Product Information)

Yayıncı
Publisher

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Bolu Abant İzzet Baysal University

Sahibi (BAİBÜZDF Adına)
Owner (On Behalf of BAIBUZDF)

Prof. Dr. Vahdettin ÇİFTÇİ, Dekan (Dean)

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü
Editor-in-Chief

Doç. Dr. Hakan KİBAR

Yardımcı Editör
Associate Editor

Doç. Dr. Bahtiyar Buhara YÜCESAN
Araş. Gör. Mehmet Zahit YEKEN

Yayın Dili
Language

Türkçe, İngilizce
Turkish, English

Yayın Aralığı
Frequency

Yılda iki kez yayınlanır
Published two times a year

Yayın Türü
Type of Publication

Hakemli yaygın süreli yayın
Double-blind peer-reviewed

Dergi ISSN
Journal ISSN

2149-8245 (Online)

Dergi Yönetim Adresi

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

Journal Management Address

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

Telefon: +90 374 2534345

Faks: +90 374 2534346

E-posta: ijawseditor@ibu.edu.tr

Telephone: +90 374 2534345

Fax: +90 374 2534346

E-mail: ijawseditor@ibu.edu.tr

Tarandığı İndeksler

Indexed



İÇİNDEKİLER-CONTENTS

Bahçe Bitkileri/Horticultural Sciences

Organik Kestane Kabağı Yetiştiriciliğinde Farklı Budama Uygulamalarının Verim ve Kalite Üzerine Etkisi

Effect of Different Pruning Practices on Yield and Quality in Organic Winter Squash Cultivation
Harun ÖZER Aysun PEKŞEN 143 - 148

Marulda Bitkisel Özellikler, Bazı Kalite Özellikleri ve Elementler Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi

Determination of the Interrelationships among Plant Properties, Some Quality Properties and Elements in Lettuce
Beyhan KİBAR 149 - 160

Narda (*Punica granatum* L.) Yeni Nesil Dizileme Teknolojisi Kullanılarak SSR Markırlarının Geliştirilmesi

Development of SSR Markers by Using Next Generation Sequencing Technology in Pomegranate (*Punica granatum* L.)
Özhan ŞİMŞEK Dicle DÖNMEZ Burhanettin İMRAK Ahsen IŞIK ÖZGÜVEN Yıldız AKA KAÇAR 161 - 167

Klorofil Floresan Metodu ile Ayrılan Farklı Olgunluk Dönemlerindeki Biber Tohumlarında Canlılık Parametrelerinin Tespiti

Determination of the Viability Parameters in Pepper Seeds Separated by Chlorophyll Fluorescence Method at Different Maturation Periods
Bucu Begüm KENANOĞLU Havva DİNLER 168 - 177

Orta Karadeniz Bölgesi'nden Toplanan Kaldırayak (*Trachystemon orientalis* (L.) G. Don.) Genotiplerinin Morfolojik Karakterizasyonu

Morphological Characterization of Kaldırayak (*Trachystemon orientalis* (L.) G. Don.) Genotypes Collected From Central Black Sea Region
Mehtap ÖZBAKIR ÖZER Beyhan KİBAR 178 - 186

Bitki Koruma/Plant Protection

Determination of Plant Parasitic Nematodes in Potato Growing Areas in Bolu Province

Bolu İli Patates Üretim Alanlarında Bitki Paraziti Nematodların Belirlenmesi
Mustafa İMREN 187 - 192

Determination of Resistance in Winter Wheat Genotypes to the Dryland Root Rots Caused by *Fusarium culmorum* in Turkey

Kışlık Buğday Genotiplerinin Türkiye' de Kök Çürüklüğü Etmeni *Fusarium culmorum*'a Karşı Dayanıklılığının Belirlenmesi
Gül ERGINBAS ORAKCI Alexey MORGOUNOV Abdelfattah Adnan DABABAT 193 - 202

A Survey of Public Opinion about Entomophagy in Erciyes University

Erciyes Üniversitesinde Entomofaji Hakkında Bir Kamuoyu Araştırması
Ebubekir YÜKSEL Ramazan CANHİLAL 203 - 208

Tarımsal Yapılar ve Sulama/Agricultural Structures and Irrigation

Bahçeli Bir Konut Örneğinde Yağmur Suyu Hasadı

Rain Water Harvesting in a Garden House Sample

Melike YALILI KILIÇ Merve Nur ABUŞ 209 - 215

Farklı Nem İçeriklerindeki Siyez Buğdayı Tohumlarının Karbondioksit Değişimleri ve Bazı Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Determination of Carbon Dioxide Changes and Some Mechanical Properties of Siyez Wheat Seeds in Different Moisture Content

Hakan KİBAR 216 - 223

Bursa Bölgesinde Faaliyet Gösteren Üç Adet Broyler İşletmesinin Karbon Ayak İzinin Tahminlenmesi

Estimation of Carbon Footprint of Three Broiler Houses Operated in Bursa Region

İlker KILIÇ Büşra YAYLI Aydın ELEKBEROV 224 - 230

Tarla Bitkileri/Field Crops

Tıbbi Adaçayı (*Salvia officinalis* L.)'nda Uçucu Yağ Oranı ve Kompozisyonu Üzerine Ontogenetik Varyabilitenin Etkisi

Effect of Ontogenetic Variability on Essential Oil Content and Its Components in Sage (*Salvia officinalis* L.)

Nimet KATAR Duran KATAR Doğan AYDIN Murat OLGUN 231 - 236

Tuzlu-Alkali Meralarda Yaygın Olarak Yetişen Çorak Çimi (*Puccinellia distans*) ve Sahil Ayrığı (*Aeluropus littoralis*) Bitkilerinin Farklı Gelişme Dönemlerindeki Besin İçeriklerinin Belirlenmesi

Determination of Nutritional Contents at the Different Development Stages of *Puccinellia distans* and *Aeluropus littoralis* Commonly Growing in Saline-Alkaline Pastures

Süleyman TEMEL 237 - 246

Tuz Stresinin Sorgum×Sudanotu Melezinde Çimlenme ve Fide Gelişim Özelliklerine Etkisi

The Effect of Salt Stress on the Germination and Seedling Growth Parameters in Sorghum×Sudangrass

Ayşe Özge ŞİMŞEK SOYSAL Gürkan DEMİRKOL Özlem ÖNAL AŞÇI Yeliz KAŞKO ARICI Zeki ACAR Nuri YILMAZ 247 - 252

Aydın İlinde Yetiştirilen Bazı Buğday Çeşitlerinin Tane Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi

Determination of Yield and Quality Performance of Some Wheat Varieties in the Aydın Province

Kübra BENLİ Yakup Onur KOCA 253 - 260

Assessment of Mineral Content Variations for Biofortification of the Bean Seed

Fasulye Tohumunun Biyofortifikasyonu için Mineral İçerik Varyasyonlarının Değerlendirilmesi

Mehmet Zahit YEKEN Hacer AKPOLAT Tolga KARAKÖY Vahdettin ÇİFTÇİ 261 - 269

Derleme/Review

Baklagillerde Kök, Nodül Oluşumu ve Azot Fiksasyonu Üzerine Bazı Küresel İklim Değişikliği Parametrelerinin Etkisi

Impact of Some Climate Change Parameters on Root, Nodule Formation and Nitrogen Fixation in Legumes

İlkay YAVAŞ Aydın ÜNAY 270 - 278

Organik Kestane Kabağı Yetiştiriciliğinde Farklı Budama Uygulamalarının Verim ve Kalite Üzerine Etkisi

Harun Özer* Aysun Pekşen

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun

Geliş tarihi (Received): 10.04.2018

Kabul tarihi (Accepted): 28.05.2018

Anahtar kelimeler:

Kestane kabağı, budama, organik yetiştiricilik, verim

Özet. Bu çalışma farklı budama uygulamalarının organik olarak yetiştirilen kestane kabağı genotiplerinin verim ve kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada, üç farklı (61A1, 61A2 ve 61A3) kestane kabağı (*Cucurbita maxima* Duch.) genotipinde üç farklı budama ve kontrol olmak üzere 4 uygulama (1. Kontrol, 2. Meyve vermeyen kolların budanması, 3. Tek kollu yetiştiricilik ve 4. İki kollu yetiştiricilik) incelenmiştir. Farklı genotip ve budama uygulamalarının çiçeklenme ve meyve tutumu başlangıç tarihi, meyve eni, boyu, et rengi (L, kroma ve hue), meyve eti sertliği ve suda çözünabilir kuru madde oranı (SÇKM) ile bitki başına verim ve 100 tane ağırlığı üzerine önemli ($P<0.05$) etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. En yüksek bitki verimi ($24.9 \text{ kg bitki}^{-1}$) 61A2 genotipinde birinci budama uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek meyve eti sertliği (4.5 kg) ve SÇKM (%5.9) değerleri ise 61A3 genotipinde 2. budama uygulamasından elde edilmiştir. Budama uygulamalarının meyve eni ve boyu, L kroma değeri dışında meyve rengi, meyve eti sertliği ve SÇKM üzerine etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Meyve vermeyen kolların budanmasının verimi kontrole göre önemli derecede artırdığı belirlenmiştir.

*Sorumlu yazar
haruno@omu.edu.tr

Effect of Different Pruning Practices on Yield and Quality in Organic Winter Squash Cultivation

Keywords:

Winter squash, pruning, organic cultivation, yield

Abstract. This study was carried out to determine the effects of different pruning practices on yield and quality of organically grown winter squash genotypes. In the study, four practices consisted of three pruning and control (1. Control, 2. Pruning of fruitless branches, 3. Single-branch growing and 4. Two-branches growing) were investigated in 3 different winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.) genotypes (61A1, 61A2 and 61A3). It was determined that genotypes and pruning practices had significant ($P<0.05$) effects on days to flowering and fruit set, fruit width and length, flesh color (L, chroma and hue), fruit flesh firmness, soluble solids content (SSC) and also yield per plant and 100 seed weight. The highest plant yield ($24.9 \text{ kg plant}^{-1}$) were obtained from the first pruning practice in 61A2 genotype. The highest fruit flesh firmness (4.5 kg) and SSC (5.9%) values were also obtained from the second pruning practice in 61A3 genotype. With the exception of fruit width and length, and L chrome, the effects of pruning practices on fruit color, fruit flesh firmness and SSC were not significant. It was determined that the pruning practice of fruitless branches increased plant yield when compared with the control.

GİRİŞ

Kabakların gen merkezi Amerika kıtası kabul edilmektedir. Farklı kabak türlerinin (*Cucurbita pepo*, *C. moschata*, *C. mixta* ve *C. maxima*) bu kıtanın güneybatısı, Meksika ve Güney Amerika'nın kuzeyinde yetiştirildiğine dair arkeolojik bulgular vardır. Anavatanı olmamasına rağmen, Türkiye kışlık kabak türlerinin çeşitliliği yönünden oldukça zengin bir ülkedir (Turgut 2015). Türkiye toplam kabak üretimi 2016 yılı verilerine göre 489.9 ton olup, bunun 138.45 tonu kışlık kabaklara aittir (TUİK 2017). *Cucurbita* cinsi içinde yer alan kabaklar meyve boyu, şekil, dış ve iç meyve rengi bakımından önemli farklılıklar içermektedir. *C. maxima* (kestane kabağı), meyveleri iri (2-150 kg), kabuk rengi gümüşü-turuncu, kabuk yüzeyi dilimli veya düz, meyve kabuğu sert, meyve eti turuncu veya sarı renklidir. Türkiye'de yaygın olarak yetiştirilen kışlık kabak türleri genellikle tatlı yapımında kullanılmaktadır (Turgut 2015).

Besin içeriği bakımından insan beslenmesinde önemli bir yere sahip olan kabağın, %6-10 civarında olan kuru maddesini büyük oranda şekerler oluşturmaktadır. Kabağın külünde %0.03 potasyum, %0.02 kalsiyum, %0.1 magnezyum ve %0.01 fosfor bulunmaktadır. Yağ oranı (%0.4-1) oldukça az olan kabaklarda bol miktarda A (1 000-16 000 mg 100g⁻¹), B (B1; 18-0.16 mg ve B2; 0.2-0.3 mg) ve C vitamini (28-75 mg) bulunmaktadır. Yapılan araştırmalarda kabak çekirdeğinin bağırsak kurdu düşürücü özelliği olup tuzsuz tüketildiğinde çok hızlı ve etkili bir şekilde tenyanın dökülmesine neden olduğu bildirilmektedir. Kabak çekirdeğinin içerdiği karotenoidlerin kalın bağırsak kanseri ve erkeklerde prostat büyüme riskini azalttığı bildirilmektedir. Ayrıca kabaktaki Omega-3 ve Omega-6 içeriğinin beyin fonksiyonlarının düzenlenmesine yardımcı olduğu ve zihinsel gelişimi olumlu yönde etkilediği ifade edilmektedir (Turgut 2015). İnsan beslenmesinde önemli bir yere sahip kabak yetiştiriciliğinde organik tarım tekniklerinin uygulanması insan sağlığına olan faydalarının artmasını sağlayacaktır.

Organik tarımda verimlilik toprak verimliliğiyle ilişkilidir. Ancak organik yetiştiricilikte kültürel işlemlerin tekniğine uygun olarak yapılamaması da önemli ölçüde verim kayıplarına sebep olmaktadır. Terbiye sistemi ve budama uygulamaları verimi, meyve kalitesini ve bitkinin ömrünü doğrudan etkileyen kültürel işlemlerden bir tanesidir. Jarrick (1986), budama ile bitkilerin gelişimi ve veriminin değiştirilebileceğini bildirmiştir. Sebze yetiştiriciliğinde budamadan beklenen faydaları bitkinin ışıktan maksimum derecede yararlanmasını sağlamak, bitki çevresinde hava hareketini sağlamak, hastalık ve

zararlılarla mücadeleyi kolaylaştırmak ve bitkilerin yeşil kalma süresini uzatmak olarak sayabiliriz (Şeniz *et al.*, 2000; Günay 2005; Özer and Sarıbaş 2016). Yapılan çalışmalar budama işleminin bitki gelişimi, verim, kalite ve besin içeriği üzerine etkili olduğunu ortaya koymuştur (Kurtar and Abak 1996; Uygun and Sarı 2000; Şeniz *et al.*, 2000; Özkaraman 2004; Gholipour and Nazamejad 2007; Ambroszczyk *et al.*, 2007; Nikkiah *et al.*, 2009; Poorbaghai *et al.*, 2014; Özer and Sarıbaş 2016). Karpuz üretimini geliştirdiği için budamanın gerekli olduğu ve maksimum verim için kültürel uygulamalardan biri olarak benimsenmesi gerektiği bildirilmiştir (Oga and Umekwe 2016). Bununla birlikte yapılan çalışmalar budama uygulamalarının etkilerinin türe, çeşide ve yetiştiricilik şekline göre değişiklik gösterebildiğini ortaya koymuştur. Kışlık kabak genotiplerinin yetiştirilmesinde uygun budama tekniklerinin belirlenmesi konusundaki çalışmalar sınırlıdır. Bu çalışma, Samsun ekolojik koşullarında farklı budama uygulamalarının organik kestane kabağı yetiştiriciliğinde büyüme ve verim üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL VE METOT

Çalışma 2005 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü uygulama arazisinde (36° 12' doğu, 41° 22' kuzey enlem ve boylamları) yürütülmüştür. Denemenin yürütüldüğü arazinin toprak yapısı killi bünyede olup, pH'sı nötr ve organik maddesi iyi düzeydedir.

Çalışmada Trabzon ilinin Araklı ilçesinde yerel halk tarafından yetiştiriciliği yapılan 3 adet kestane kabağı (*Cucurbita maxima* Duch.) genotipi kullanılmıştır. Bu genotipler plaka sistemi ile 61A1, 61A2 ve 61A3 olarak isimlendirilmiştir.

Kestane kabağı genotiplerine ait tohumların ekimi 25 Nisan tarihinde 2:1 oranında yanmış çiftlik gübresi ve bahçe toprağından oluşan harçla doldurulmuş 7 x 7 cm çaplı 28 gözlü viyollere yapılmıştır. Çalışmanın yapıldığı araziye dikim öncesi 3 kg m⁻² hesabıyla çiftlik gübresi verilmiştir. Dikimden sonra ise bitkilere çiftlik gübresinin sulandırılmasıyla hazırlanan sıvı şerbet 30 günde bir damlama sulama sistemi ile birlikte verilmiştir. Damlama sulama sistemi (25 cm'de bir damlatıcı aralığı olan) çift sıra dikime uygun olacak şekilde yerleştirilmiştir. Kabak fideleri (dört yapraklı) arazideki masuralara sıra üzeri 200 cm, sıra arası 100 cm olacak şekilde 26 Mayıs tarihinde dikilmiştir.

Çalışmada yetiştiricilik periyodu boyunca 4 farklı budama uygulaması gerçekleştirilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Kestane kabağı yetiştiriciliğinde uygulanan farklı budama şekilleri.

Table 1. Different pruning patterns applied in winter squash cultivation.

| No | Kodu | Uygulamanın Yapılışı |
|----|----------|--|
| 1. | Kontrol | Budama uygulaması yapılmamıştır. |
| 2. | Budama 1 | Meyvesiz kolların çıkarılması; Meyve vermeyen yan kollar (8 ila 9. yaprağa kadar meyve vermeyen) budanmış ve meyve veren kollar da meyveden sonra 5 yaprak bırakılarak uç alınmıştır. |
| 3. | Budama 2 | Tek gövdeli yetiştiricilik; Ana gövdede 2 metreden sonra uç alınmış, meyve vermeyen yan kollar (8 ila 9. yaprağa kadar meyve vermeyen) budanmış ve meyve veren kollar da meyveden sonra 5 yaprak bırakılarak uç alınmıştır. |
| 4. | Budama 3 | İki gövdeli yetiştiricilik; Ana gövde çıkarılarak iki kollu yetiştiricilik yapılmış, bu kollar üzerinde meyve vermeyen yan kollar (8 ila 9. yaprağa kadar meyve vermeyen) budanmış ve meyve veren kollar da meyveden sonra 5 yaprak bırakılarak uç alınmıştır. |

Bitkilerde ilk erkek ve dişi çiçeklerin açma tarihi ile oluştuğu boğum, ilk meyve tutum tarihi belirlenmiştir. Bitki başına verim değerleri, her bitkiden hasat edilen meyvelerin ağırlıkları (1 g'a duyarlı hassas) terazide tartılarak kg bitki⁻¹ olarak belirlenmiştir. Her bir genotipe ait uygulamada meyve eni ve boyu (cm) saptanmıştır. Ayrıca meyve et rengi değerleri renk ölçüm aleti ile L, kroma ve hue olarak, meyve eti sertliği penetrometre yardımıyla kg olarak ve suda çözünebilir kuru madde el refraktometresi ile % olarak belirlenmiştir. Ayrıca meyve başına tohum verimi (g) ve 1 g'daki tohum sayısı (adet) tespit edilmiştir.

Araştırma, Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 9 bitki olacak şekilde kurulmuştur. Çalışma sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS 17.0 istatistik analiz programı kullanılmıştır. Elde edilen ortalamalar arasındaki farklar Duncan çoklu karşılaştırma testiyle (P<0.05) belirlenmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada kestane kabağı genotiplerinde farklı budama uygulamalarının ilk çiçeklenme (erkek ve dişi), ilk dişi çiçeğin oluştuğu boğum sayısı ve ilk meyve tutumu üzerine önemli (P<0.05) etkileri olduğu belirlenmiştir. Kestane kabağı genotiplerinde farklı budama uygulamalarının erkek çiçeğin oluştuğu boğum sayısı üzerine istatistiki olarak etkisinin ise önemli olmadığı belirlenmiştir. Budamalar ortalaması incelendiğinde kontrol uygulamasının ilk erkek çiçeklerin açma tarihi dışında ilk dişi çiçeklenme ve meyve tutum tarihleri ile erkek çiçeklerin oluştuğu

boğum sayıları bakımından diğer budama uygulamalarına göre istatistiki olarak önemli derecede farklı olduğu belirlenmiştir. İlk çiçeklenme ve oluşan boğum sayıları dikkate alındığında budama uygulamaları ile erkencilik sağlanamamıştır (Çizelge 2).

Kestane kabağı genotiplerinin ilk erkek ve dişi çiçek oluşum tarihlerinin belirlendiği çalışmada erkek çiçeklerin 71-72 günde, dişi çiçeklerin 73-74 günde oluştuğu bildirilmiştir (Balkaya *et al.*, 2011). Bu çalışmada ise ilk erkek çiçekler 25.1-30.0 gün ve dişi çiçekler 34.4-47 günde oluşmuştur (Çizelge 2). Bu durumun çalışmada kullanılan genotiplerin ve ekolojilerin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kestane kabağı genotiplerinde farklı budama uygulamalarının meyve boyu, eni ve et rengi değerleri üzerine istatistiki olarak önemli (P<0.05) etkileri belirlenmiştir. Genotip budama interaksyonu yönünden incelediğimizde meyve eni 22.0-34.5 cm ve meyve boyu ise 24.0-46.0 cm olarak tespit edilmiştir. Meyve et rengi değerleri bakımından en yüksek L (77.2), kroma (99.9) ve hue (5.27) değeri 61A1 genotipinde 2. budama uygulamasından elde edilmiştir. Bunu aralarında istatistiki fark bulunmayan 61A1 genotipinde 3. budama ve 61A2 genotipinde kontrol uygulamasından elde edilen meyvelerin et renkleri izlemiştir.

Çalışmada budama uygulamalarının sadece meyve et renginden L üzerine etki ettiği, meyve eni ve boyu ile meyve et renginde kroma ve hue değerleri üzerine etkisinin önemli olmadığı saptanmıştır. En yüksek L (55.61) değeri 2. budama uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 3).

Kestane kabağı genotiplerinin bazı özelliklerinin incelendiği çalışmada meyve boyu değerlerinin 35.8-38.4 cm, meyve eninin 41.5-46.5 cm değerleri arasında değiştiği bildirilmiştir (Balkaya *et al.*, 2011). Bu çalışmada meyve boyu ve eni değerlerinin daha düşük olması bitkilerin organik yetiştirilmesinden kaynaklanan besin elementi eksikliğinden kaynaklanmış olduğu düşünülmektedir. Balkaya *et al.* (2011) yürüttüğü çalışmada meyve rengi değerlerinden L değerinin 48.95 ile 58.64 arasında değiştiği ifade edilmiştir. Bu çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmekle birlikte 3. budama uygulamasındaki meyvelerin daha parlak olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Yanmaz *et al.* (2016), kestane kabağı genotiplerinin L değerlerinin 56.89-80.84, hue değerlerinin 2.06-12.62 ve kroma değerlerinin 28.82-74.13 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Çalışmada meyve eti sertliği, SÇKM, verim, tohum verimi ve 1 g'daki tohum sayısı yönünden genotipx budama interaksyonu incelendiğinde istatistiki olarak

önemli ($P < 0.05$) farklılıklar belirlenmiştir. En yüksek meyve eti sertliği (4.5 kg) ve SÇKM (%5.9) değerleri 61A3 genotipinde 2. budama uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4). Bu çalışmada elde edilen

meyve eti sertliği değerlerinin Balkaya *et al.* (2011)'nın elde ettiği meyve eti sertliği değerlerinden daha yüksek, buna karşılık SÇKM değerlerinden daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3. Farklı budama uygulamalarının kestane kabağı yetiştiriciliğinde meyve boyu, eni ve rengi üzerine etkisi.

Table 3. Effect of different pruning practices on fruit shape and fruit color in winter squash.

| Genotipler | Uygulamalar | Meyve | | | Meyve et rengi | |
|-----------------------------|-------------|----------|---------|----------|----------------|-------------|
| | | Boy (cm) | En (cm) | L | Kroma | Hue |
| 61A1 | Kontrol | 28.1 b* | 25.5 b* | 54.7 b* | 91.1 ab* | 0.08 (-) c* |
| | Budama 1 | 30.0 b | 26.0 b | 56.5 b | 84.2 ab | 1.85 (+) b |
| | Budama 2 | 24.0 c | 24.0 c | 77.2 a | 99.9 a | 5.27 (-) a |
| | Budama 3 | 26.5 c | 22.0 c | 71.0 a | 98.4 a | 0.73 (-) c |
| 61A2 | Kontrol | 40.8 a | 34.4 a | 63.7 a | 77.0 ab | 0.17 (+) c |
| | Budama 1 | 40.6 a | 33.5 a | 51.3 b | 81.8 ab | 0.61 (+) c |
| | Budama 2 | 46.0 a | 28.6 b | 51.6 b | 75.8 ab | 1.49 (+) b |
| | Budama 3 | 43.5 a | 34.5 a | 45.9 c | 78.6 ab | 0.98 (+) c |
| 61A3 | Kontrol | 31.4 b | 30.8 a | 41.5 c | 71.4 ab | 3.27 (-) ab |
| | Budama 1 | 29.0 b | 25.7 b | 39.6 c | 68.3 b | 1.39 (-) b |
| | Budama 2 | 27.0 b | 25.3 b | 38.0 c | 65.7 b | 0.26 (+) c |
| | Budama 3 | 27.3 b | 24.7 c | 41.9 c | 72.3 ab | 0.13 (-) c |
| Budamalar ortalaması | | | | | | |
| | Kontrol | 30.3 | 33.5 | 53.32 b* | 79.85 | 1.06 (-) |
| | Budama 1 | 28.4 | 33.2 | 49.16 c | 78.11 | 0.35 (-) |
| | Budama 2 | 26.0 | 32.3 | 55.61 a | 80.52 | 1.17 (-) |
| | Budama 3 | 27.1 | 32.4 | 52.96 b | 83.09 | 0.04 (+) |

* $P < 0.05$ düzeyinde önemli.

Çizelge 4. Farklı budama uygulamalarının kestane kabağı yetiştiriciliğinde uygulanan meyve eti sertliği, SÇKM, verim, tohum verimi ve 1 g'daki tohum sayısı üzerine etkisi.

Table 4. Effect of different pruning practices on fruit firmness, SSC, yield, seed yield and number of seeds per 1 g applied in winter squash.

| Genotipler | Uygulamalar | Meyve eti sertlik (kg) | SÇKM (%) | Verim (kg bitki ⁻¹) | Tohum verimi (g meyve ⁻¹) | 1 g'daki tohum sayısı (adet) |
|-----------------------------|-------------|------------------------|----------|---------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| 61A1 | Kontrol | 4.1 ab* | 4.7 ab* | 10.36 e* | 86.07 c* | 2.8 ab* |
| | Budama 1 | 3.9 b | 4.9 ab | 9.44 e | 155.09 ab | 2.1 c |
| | Budama 2 | 4.1 ab | 5.1 ab | 9.23 e | 105.53 b | 3.5 a |
| | Budama 3 | 3.7 b | 3.8 b | 9.92 e | 106.16 b | 1.9 c |
| 61A2 | Kontrol | 3.7 b | 3.2 b | 20.46 c | 113.95 b | 2.3 b |
| | Budama 1 | 3.5 c | 3.3 b | 24.89 a | 116.63 b | 2.2 bc |
| | Budama 2 | 3.4 c | 2.9 c | 18.93 d | 173.00 a | 2.4 b |
| | Budama 3 | 3.6 b | 3.3 b | 23.59 b | 99.29 c | 2.8 ab |
| 61A3 | Kontrol | 4.2 ab | 4.9 ab | 11.82 e | 143.19 ab | 2.5 b |
| | Budama 1 | 4.3 ab | 4.3 ab | 11.04 e | 120.58 ab | 2.3 b |
| | Budama 2 | 4.5 a | 5.9 a | 10.62 e | 140.32 ab | 2.2 bc |
| | Budama 3 | 4.2 ab | 4.9 ab | 10.73 e | 117.19 b | 2.9 ab |
| Budamalar ortalaması | | | | | | |
| | Kontrol | 3.99 | 4.24 | 14.22 b | 114.40 b | 2.56 |
| | Budama 1 | 3.91 | 4.20 | 15.12 a | 130.77 a | 2.16 |
| | Budama 2 | 3.99 | 4.60 | 12.93 c | 139.62 a | 2.71 |
| | Budama 3 | 3.83 | 4.03 | 14.75 b | 107.55 b | 2.57 |

* $P < 0.05$ düzeyinde önemli.

Budama ortalamaları incelendiğinde budamanın sadece verim ve tohum verimi üzerine etkileri önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. En yüksek verim 15.12 kg ile 1. budama uygulamasından, tohum verimi ise aralarında istatistiksel fark bulunmayan sırasıyla 139.62 ve 130.77 g meyve⁻¹ ile 2. ve 1. budama uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4). Çalışmada bitki başına verim değerleri 9.23-24.89 kg bitki⁻¹ arasında bulunmuş olup, bitki başına verim değerlerinin 8.59-26.46 kg bitki⁻¹ arasında değiştiğini bildiren Balkaya *et al.* (2008)'nın bulguları ile benzer olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık budama uygulaması sayesinde dekadaki bitki sayısının artmasından dolayı dekara verim değerleri (6.463-7.562 kg da⁻¹), bazı yerel kestane kabağı tiplerinin verim değerlerinin 1.825-2.418 kg da⁻¹ arasında değiştiğini bildiren Sezer *et al.* (1993)'a göre daha yüksek bulunmuştur. Budama vejetatif gelişmeyi sınırlamakta, nüfuz eden ışık miktarı ve fotosentez etkinliğini artırmasına bağlı olarak ortalama meyve ağırlığını ve erkenci meyve verimini artırmaktadır (Preece and Read 2005). Goda *et al.* (2014) budama uygulamalarının vejetatif gelişme parametrelerini ve meyvenin fiziksel ve kimyasal özelliklerini geliştirdiği ve meyve verimini artırdığını bildirmişlerdir.

En yüksek tohum verimi (173 g) 61A2 genotipinde 2. budama uygulamasından, 1 g'daki tohum sayısı ise 3.5 g ile 61A1 genotipinde 2. budama uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 3). Elde edilen tohum verim değerleri Balkaya *et al.* (2011) tarafından yürütülen çalışmadaki genotiplerin tohum verimi değerleri ile benzerlik göstermiştir.

SONUÇ

Kestane kabağı (*Cucurbita maxima* Duch.) kuvvetli kök yapısı ve özellikle abiyotik stres koşullarına karşı dayanımı yüksek olması nedeniyle toprak üstü aksami hızlı büyüyen bir bitkidir. Bu özelliği sebebiyle dikim mesafeleri uzun tutulmaktadır. Bu durum metre kareye düşen bitki sayısını azalmaktadır. Metre kareye düşen bitki sayısını artırmak ve dolayısıyla verimi artırmak için ıslah çalışmaları yapılabilir. Ancak, budama uygulamalarıyla da dikim mesafesi ayarlanarak verim artışı sağlanabilir. Bu çalışma sonucunda budama ile kontrole göre verim artışı sağlanabileceği belirlenmiştir. Kabakta verim ve kaliteyi artırmak amacıyla daha detaylı budama çalışmalarına ihtiyaç bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

Ambroszczyk AM., Cebula S and Sekara A., 2007. The effect of plant pruning on yield and fruit quality of eggplant (*Solanum melongena* L.) in greenhouse cultivation. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 48(5): 277-285.

- Balkaya A., Kurtar SE., Yanmaz R and Özbakır M., 2008. Karadeniz bölgesinde kışlık kabak türlerinde (Kestane kabağı *Cucurbita maxima* Duchesne ve Balkabağı *Cucurbita moschata* Duchesne) gen kaynaklarının toplanması, karakterizasyonu ve değerlendirilmesi. TÜBİTAK TOVAG Proje 104O144, 1-178.
- Balkaya A., Kurtar ES., Yanmaz R and Özbakır M., 2011. Karadeniz Bölgesi kestane kabağı (*Cucurbita maxima*) popülasyonlarından seleksiyon ıslahı yoluyla geliştirilen çeşit adayları. Türkiye IV. Tohumculuk Kongresi, 14-17 Haziran, Samsun.
- Gholipour A and Nazarnejad H., 2007. The effect of stem pruning and nitrogen levels of on some physico-chemical characteristics of pumpkin seed (*Cucurbita pepo* L.). Pakistan Journal of Biological Sciences, 10(20): 3726-9.
- Goda Y., Helaly AA., Abd El-Rehim AS., Mohamed AA and El-Zeiny OAH., 2014. Effect of pruning on growth, yield and fruit quality of husk tomato (*Physalis pubescens* L.). Journal of American Science, 10(1): 5-10.
- Günay A., 2005. Sebze Yetiştiriciliği, Cilt-II, Meta Basımevi, İzmir.
- Jarrick J., 1986. Training and Pruning. Horticulture Science.
- Kurtar ES and Abak K. 1996. Alçak tünelde kavun yetiştiriciliğinde malçın ve değişik budama şekillerinin erkencilik, verim ve kalite üzerine etkisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 11(2): 101-116.
- Nikkhah BR., Khodadadi M., Piry Pirivatlo S and Hassanpanah D., 2009. The effects of planting methods and head pruning on seed yield and yield components of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* subsp. *pepo* convar. *pepo* var *styriaca*) at low temperature areas. Pakistan Journal of Biological Sciences, 12(6): 538-541.
- Oga IO and Umekwe PN., 2016. Effects of pruning and plant spacing on the growth and yield of watermelon (*Citrullus lanatus* L.) in Unwana-Afikpo. International Journal of Science and Research, 5(4): 110-115.
- Özer H and Sarıbaş HŞ., 2016. Organik patlıcan yetiştiriciliğinde farklı budama sistemlerinin büyüme ve verime etkisi. Bahçe(Özel Sayı), 45(2): 81-85.
- Özkaraman F., 2004. Sera Koşullarında Sıcaklık, Işık ve Farklı Budamaların Kavunda (*Cucumis melon* L.) Büyüme, Gelişme ve Verim Üzerine Kantitatif Etkileri. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Poorbaghai KSA., Pouryoucef M., Jamshidi K and Azimi MR., 2014. Effects of plant density and main stem pruning of head on yield and its components of pumpkin (*Cucurbita pepo* convar. *pepo* var. *styriaca*). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 30(1): 1-9.
- Preece JE and Read PE., 2005. The Biology of Horticulture. 2th Ed., Copyright by John Wiley and Sons, New York, United States.

- Sezer A., Uzun S., Üner A and Odabaş F., 1993. Bazı mahalli kestane kabağı (*Cucurbita maxima* Duch.) tiplerinin Samsun şartlarına adaptasyonu ve başlıca özellikleri üzerinde bir araştırma. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 1: 100-113.
- Şeniz V., Demirel F and Akbudak N., 2000. Serada yetiştirilen hıyar çeşitlerinde uygulanan budama sisteminin verim ve kaliteye etkisi. III. Sebze Tarımı Sempozyumu, 11-13 Eylül, Isparta.
- TÜİK 2017. Bitkisel üretim istatistikleri. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 [6 Kasım, 2017].
- Turgut G., 2015. Çerezlik Kabak Genotiplerinin Erzurum Şartlarında Adaptasyonu, Verim ve Kalitelerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Uygun N and Sarı N., 2000. Sera kavun yetiştiriciliğinde farklı budama yöntemleri ile meyve bağlatma yüksekliğinin bitki gelişimi, verim ve meyve özellikleri üzerine etkileri. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 24: 365-373.
- Yanmaz R., Akan S and Salman A., 2016. Türkiye'den toplanan kestane kabağı (*Cucurbita maxima* Duchesne) genotiplerinde meyve et rengi ile karotenoid miktarı arasındaki ilişkinin belirlenmesi. Bahçe(Özel sayı), 45(2): 55-60.

Marulda Bitkisel Özellikler, Bazı Kalite Özellikleri ve Elementler Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi

Beyhan Kibar*

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bolu

Geliş tarihi (Received): 22.11.2018

Kabul tarihi (Accepted): 14.12.2018

Anahtar kelimeler:

Lactuca sativa L. var. *crispa*, korelasyon, bitkisel özellikler, kalite özellikleri, elementler

Özet. Bu çalışma, farklı oranlarda vermikompost uygulanarak yetiştirilen marulda bitkisel özellikler, bazı kalite özellikleri ve besin elementleri arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla yapılmıştır. Araştırma, 2017 yılı sonbahar yetiştirme döneminde Karabük ili'nde ısıtmasız plastik serada yürütülmüş ve Maritima çeşidi kullanılmıştır. Çalışmada 19 adet bitkisel ve kalite ile ilgili özellik ile 21 adet element incelenmiştir. İncelenen özellikler arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir. İncelenen özelliklere ait minimum ve maksimum değerler, ortalamalar, standart hatalar, standart sapmalar ve varyasyon katsayıları belirlenmiştir. Farklı gübre uygulamalarının kullanıldığı marulda; bitki boyu 16.00-30.00 cm, bitki yaş ağırlığı 133.80-320.90 g, pazarlanabilir yaprak sayısı 18-36, klorofil miktarı 13.10-29.30 spad, azot içeriği %4.29-6.98, fosfor içeriği 2211-3711 mg kg⁻¹ ve potasyum içeriği 17129-25354 mg kg⁻¹ arasında değişiklik göstermiştir. Çalışmada vermikompost uygulamalarının marulda bitki gelişimi, kalite ve bitki besin elementi içeriği üzerine olumlu etkilerinin olduğu saptanmıştır. Korelasyon analizinin sonucunda, yaprak boyu ile yaprak eni arasında ($r = 0.827^{**}$) ve kuru madde oranı ile suda çözünebilir kuru madde miktarı arasında ($r = 0.802^*$) önemli ve oldukça yüksek pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Ayrıca, en önemli verim parametresi olan bitki yaş ağırlığı ile bitki kuru ağırlığı, yaprak boyu, bitki boyu ve yaprak eni arasında önemli ve pozitif korelasyonlar bulunmuştur. Elementler arasındaki ilişkiler incelendiğinde, en yüksek pozitif önemli korelasyon demir ile krom ($r = 0.822^{**}$) arasında tespit edilmiştir. Buna ilave olarak, demir ile mangan, kalsiyum ve alüminyum arasında; sodyum ile magnezyum ve potasyum arasında; nikel ile alüminyum arasında ve mangan ile kalsiyum arasında önemli ve oldukça yüksek pozitif korelasyonlar belirlenmiştir. Sonuç olarak, marul ıslah programlarında yapılacak seleksiyonlarda analiz sonuçlarının dikkate alınması gerektiği söylenebilir.

*Sorumlu yazar

beyhan.kibar@ibu.edu.tr

Determination of the Interrelationships among Plant Properties, Some Quality Properties and Elements in Lettuce

Keywords:

Lactuca sativa L. var. *crispa*, correlation, plant properties, quality properties, elements

Abstract. This study was conducted to determine the interrelationships among plant properties, some quality properties and elements in lettuce grown by applying vermicompost in different proportions. The experiment was carried out in the non-heated plastic greenhouse in Karabük province during the autumn growing season in 2017 and Maritima variety was used in the study. In this study, 19 properties related to plant and quality and 21 elements were examined. The interrelationships among the examined properties were evaluated by correlation analysis. Minimum and maximum values, means, standard errors, standard deviations and variation coefficients belonging to the examined properties were determined. The plant height, plant wet weight, number of marketable leaves, chlorophyll content, nitrogen content, phosphorus content and potassium content in lettuce used different fertilizer applications ranged from 16.00 to 30.00 cm, 133.80 to 320.90 g, 18 to 36, 13.10 to 29.30 spad, 4.29 to 6.98%, 2211 to 3711 mg kg⁻¹ and 17129 to 25354 mg kg⁻¹, respectively. In the study, it was determined that vermicompost applications have positive effects on plant growth, quality and plant nutrient content in lettuce. As a result of the correlation analysis, significant and quite high positive relationships were determined between leaf length and leaf width ($r = 0.827^{**}$), and between dry matter content and water soluble dry matter amount ($r = 0.802^*$). The significant and positive correlations were also found between plant wet weight which is the most important yield parameter and plant dry weight, leaf length, plant height and leaf width. When the relationships among the elements were examined, the highest positive significant correlation was detected between iron and chromium ($r=0.822^{**}$). In addition, significant and quite high positive correlations were determined between iron and manganese, calcium and aluminum; between sodium and magnesium and potassium; between nickel and aluminum; between manganese and calcium. As a result, it can be said that analysis results should be taken into consideration for the selections in lettuce breeding programs.

GİRİŞ

Marul (*Lactuca sativa* L.), *Compositae* (*Asteraceae*) familyasının *Lactuca* cinsine bağlı tek yıllık bir serin iklim sebzesidir. Marul dünyada en çok yaprakları tüketilen sebzeler arasında yer almaktadır (Eşiyok 2012). Dünyada uzun yıllardan beri tarımı yapılan ve severek tüketilen marul, yılın tamamında pazarlarda ve marketlerde bulunabilmektedir (Aybak 2002). Marul form zenginliği en fazla olan sebzeler arasındadır. Ülkemizin hemen hemen her yerinde açıkta veya örtü altında yetiştirilebilmektedir. Yetiştirme süresi 2-3 ay gibi kısa süreli olup, değişik mevsimlere uygun olarak ıslah edilmiş çeşitlerle arka arkaya bütün yıl boyunca üretim yapmak mümkündür. Marul iklim koşullarının elverişli olduğu dönemlerde açık tarla koşullarında yetiştirilebilmektedir. İklim koşullarının elverişli olmadığı kış aylarında örtü altında, yaz aylarında ise yüksek yayla kesimlerinde verim ve kalite bakımından iyi sonuçlar alınmaktadır (Eşiyok 2012). Genellikle taze olarak tüketilen ve insan beslenmesinde önemli bir yere sahip olan marul önemli bir vitamin ve mineral madde kaynağıdır (Günay 2005). Ülkemizde 2017 yılı verilerine göre göbekli marul üretimi 223.449 ton, kıvrıkcık marul üretimi 185.070 ton ve aysberg marul üretimi 81.904 ton olmak üzere toplam marul üretimi 490.423 ton olarak tespit edilmiştir (TÜİK 2018).

Marul organik maddeyi oldukça sevmektedir. Marul organik maddece zengin topraklarda hızlı gelişmekte ve kısa sürede hasat olgunluğuna gelmektedir (Vural ve ark., 2000). Marul gübrelemeye özellikle de azotlu gübrelemeye oldukça hassas bir tür olup gübreleme diğer şartlar eşit olduğunda verim ve kaliteyi etkileyen en önemli faktördür. Bununla birlikte, aşırı ve bilinçsiz kullanılan azotlu kimyasal gübreler bitki bünyesinde insan sağlığına zararlı olan nitrat birikimini artırmaktadır (Şensoy ve ark., 1996). Marul özellikle nitrat birikiminin en fazla olduğu sebze türlerinden biridir. Taze ağırlığında 621-12336 mg kg⁻¹ nitrat bulunabilmektedir (Santamaria 2006). İnorganik gübrelemenin organik gübrelemeye göre marul ve salatalarda üç kat daha fazla nitrat birikimine neden olduğu bildirilmiştir (Özgen ve ark., 2011). Ayrıca, organik gübrelerin kullanımı ile mikroorganizma faaliyetleri artırılarak toprağın fiziksel ve kimyasal yapısı iyileştirilebilmektedir (Özer 2016). Bu nedenle, marul yetiştiriciliğinde kimyasal gübrelerin yanında organik gübrelerin kullanımının yaygınlaştırılması gerekmektedir.

Organik gübreler arasında son yıllarda üretimi ve kullanımı gittikçe artan vermikompost (solucan gübresi) organik atıkların solucanlar tarafından

sindirilmeleri sırasında kompostlaştırılması sonucunda elde edilen yüksek ekonomik değere sahip organik bir üründür (Garg and Gupta 2009; Erşahin 2010). Dolayısıyla vermikompost organik atıkların kullanımına yani onların geri dönüşümüne katkısı olan bir gübre çeşididir (Bellitürk and Görres 2012). Ayrıca, vermikest, kest veya biohumus olarak da adlandırılmaktadır (Edwards and Bohlen 1996; Şimşek Erşahin 2007). Vermikompost; çok yüksek gözeneklilik, havalandırma, drenaj, su tutma kapasitesi ve mikrobiyal aktiviteye sahiptir (Garg and Gupta 2009; Boran 2015). Vermikompost bitki besin elementleri, faydalı toprak mikroorganizmaları, çeşitli enzimler, humus, organik madde ve büyüme hormonları bakımından oldukça zengindir (Edwards and Bohlen 1996; Özkan ve ark., 2016). Vermikompost hem organik hem de konvansiyonel olarak yapılan tarımsal üretimde organik gübre ve toprak düzenleyicisi olarak geniş bir kullanım alanına sahiptir. Genellikle vermikompostun toprağa uygulanması sonucunda bitki gelişiminin ve toprak özelliklerinin önemli oranda ve olumlu yönde etkilendiği bilinmektedir. Vermikompost uygulaması ile birçok sebze türünde bitki gelişimi, verim, kalite ve besin elementi içeriklerinin arttığı belirlenmiştir (Sunaryo 2010; Joshi and Vig 2010; Jadhav et al., 2014; Jahan et al., 2014; Degwale 2016; Durak et al., 2017; Köksal ve ark., 2017; Adiloğlu et al., 2018). Ülkemizde sebze yetiştiriciliğinde vermikompost gübresi kullanımı, son yıllarda giderek popülaritesi artan bir tarımsal faaliyettir ve hızla yaygınlaşmaktadır.

Özellikler arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde korelasyon katsayısı yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle ıslah çalışmalarının ana amacı verimi ve kaliteyi arttırmaktır. Verim; bu özellik üzerinde pozitif veya negatif etkilere sahip birçok bileşen tarafından belirlenen kompleks bir karakterdir. Korelasyon katsayısı analizi, çeşitli özellikler arasındaki karşılıklı ilişkiyi ölçer, verim ve kalitede iyileşme sağlayan uygun seleksiyon kriterlerinin belirlenmesine yardımcı olur. Verim ve kalite üzerinde en büyük etkiye sahip olanlara daha fazla dikkat çekmek için çeşitli bileşenlerin her birinin katkısını incelemek önemlidir (Marjanovic-Jeromela et al., 2007). Islah çalışmalarında başarıya ulaşabilmek için, önce ıslah edilecek karakterler arasındaki karşılıklı ilişkiler, verimle yakından ilişkili olan karakterler ve bunların birbirleri üzerindeki karşılıklı etkileri çok iyi bilinmelidir. Bitkisel özelliklerin verime etkilerinin ne ölçüde ve nasıl olduğunun bilinmesi, ıslah çalışmalarında zamandan ve iş

gücünden tasarruf sağlayacaktır. Bu nedenle, sebze türlerinde önemli özellikler arasındaki karşılıklı ilişkilerin bilinmesi ıslah programlarında büyük önem taşımaktadır.

Tüm bitkilerde olduğu gibi marulda da verim ve kalite yalnızca kullanılan çeşide, ekolojik faktörlere, kültürel uygulamalara bağlı değil; aynı zamanda verim ve kaliteyi oluşturan unsurların birbirleriyle olan etkileşimlerine de bağlıdır. Marulda verim ve çeşitli özellikler arasındaki karşılıklı ilişkiler, daha önce birçok araştırmacı tarafından korelasyon analizi kullanılarak incelenmiştir (Çakmak 2011; Öztürk 2011; Hınıslı 2014; Smolen *et al.*, 2015; Thakur *et al.*, 2016; Hossain and Ryu 2017). Verim ve verime katkıda bulunan özellikler doğada kantitatif olup, çevresel ve diğer faktörlerden güçlü bir şekilde etkilenmektedir. Bu nedenle, elde edilen sonuçlar çevresel koşullara, deneme materyallerine ve denemelerin özelliklerine göre farklılık gösterebilmektedir.

Bu çalışmada, Karabük koşullarında farklı oranlarda vermikompost uygulanarak yetiştirilen marulda bitkisel özellikler, bazı kalite özellikleri ve besin elementleri arasındaki ilişkilerin korelasyon analizi ile belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Araştırma, 2017 yılı sonbahar yetiştirme döneminde Karabük ili'nde ısıtmasız plastik serada yürütülmüştür. Araştırmada bitkisel materyal olarak Maritima kıvrıkcık marul (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*) çeşidi kullanılmıştır. Denemede toprak materyali olarak Karabük'te çiftçi bahçesinden alınan arazi toprağı kullanılmıştır. Denemede kullanılan vermikompost gübresi özel bir firmadan temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan toprak ve vermikompostun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri deneme öncesinde yapılan analizler ile belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan toprak killi-tınlı bir tekstüre sahip olup, pH'sı 7.4, kireç oranı %13.16, elektriksel iletkenliği (EC) 0.67 dS m⁻¹, organik madde oranı %2.73 ve tuz miktarı %0.027 olup tuzluluk sorunu yoktur. Ayrıca toprağın azot miktarı %0.16, fosfor miktarı 7.7 mg kg⁻¹, potasyum miktarı 385 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan vermikompost gübresinin ise pH'sı 6.9, elektriksel iletkenliği (EC) 3.7 dS m⁻¹, organik madde oranı %20, azot miktarı %1.2, fosfor miktarı %1.09 ve potasyum miktarı %6.51 olarak tespit edilmiştir.

Fide yetiştiriciliği plastik serada torf ve perlit karışımı (3:1) ile doldurulmuş viyollerde yapılmıştır. Tohum ekiminden yaklaşık 30-35 gün sonra fideler dikime hazır hale gelmiştir. Çalışmada plastik saksılar (26 x 24 x 17 cm boyutlarında) kullanılmıştır. Her bir

saksı toprak, vermikompost veya mineral gübrenin farklı dozları ile hazırlanan yetiştirme ortamı ile 5 kg olacak şekilde doldurulmuştur. Ortamlar ağırlık esasına göre (w/w) yüzde oranlar şeklinde düzenlenmiş olup toplam 6 farklı uygulama ele alınmıştır. Çalışmada ele alınan uygulamalar Çizelge 1'de gösterilmektedir.

Çizelge 1. Çalışmada ele alınan uygulamalar ve içerikleri.

Table 1. The applications used in the study and their contents.

| Uygulama | İçerik (w/w) |
|----------|---|
| 1 | %100 Toprak + %0 Vermikompost (Kontrol) |
| 2 | %97.5 Toprak + %2.5 Vermikompost |
| 3 | %95 Toprak + %5 Vermikompost |
| 4 | %90 Toprak + %10 Vermikompost |
| 5 | %80 Toprak + %20 Vermikompost |
| 6 | %100 Toprak + Ticari Gübre |

Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her tekerrürde 5 saksı bulundurulmuş olup her uygulamada 15 saksı olmak üzere toplam 90 saksı (6 x 3 x 5) kullanılmış ve 90 bitki yetiştirilmiştir. Çalışmada 6 no'lu uygulamada ticari gübre olarak amonyum sülfat, triple süper fosfat ve potasyum sülfat gübrelere 15 kg N da⁻¹, 10 kg P₂O₅ da⁻¹ ve 15 kg K₂O da⁻¹ hesabıyla uygulanmıştır. Kullanılan fosforlu ve potasyumlu gübrelere ile azotlu gübrenin yarısı dikimle birlikte, azotlu gübrenin diğer yarısı ise dikimden 2 hafta sonra verilmiştir. Kontrol uygulamasına herhangi bir gübre ilavesi yapılmamıştır. Fideler 4-5 yapraklı dönemde saksılara dikilmiştir. Fide dikiminden hemen sonra can suyu verilmiştir. Fide dikiminden itibaren; hava sıcaklığı ve yetiştirme ortamındaki su durumu dikkate alınarak, ihtiyaç duyulduğunda sulama yapılmıştır. Hasada kadar gerekli tüm kültürel işlemler düzenli olarak uygulanmıştır (Vural *ve ark.*, 2000). Deneme süresince herhangi bir bitki koruma ürünü kullanılmamıştır. Hasat büyüklüğüne ulaşan bitkilerde dikimden 53 gün sonra hasat gerçekleştirilmiştir. Bitkiler topraktan sökülerek hasat edilmiştir. Bitkiler ölçüm ve tartım işlemleri için Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi Bahçe Bitkileri laboratuvarına getirilmiştir. Çalışmada bitki boyu (cm), bitki eni (cm), bitki yaş ağırlığı (g bitki⁻¹), bitki kuru ağırlığı (g bitki⁻¹), kök uzunluğu (cm), kök boğazı çapı (mm), kök yaş ağırlığı (g bitki⁻¹), kök kuru ağırlığı (g bitki⁻¹), yaprak boyu (cm), yaprak eni (cm), pazarlanabilir yaprak sayısı (adet bitki⁻¹), kuru madde oranı (%), pH, suda çözünabilir kuru madde miktarı (SÇKM) (%), klorofil miktarı (SPAD), nitrat miktarı (mg kg⁻¹), yaprak rengi (L*, C* ve h*) ve element (Al, As, B,

Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, N, Na, Ni, P, Pb, S, Se, Sn ve Zn) içerikleri (mg kg⁻¹ veya %) belirlenmiştir. Çalışmada bitki boyu, bitki eni, kök uzunluğu, yaprak boyu ve yaprak eni cetvel yardımıyla ölçülerek; bitki yaş ağırlığı, bitki kuru ağırlığı, kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı hassas terazide tartılarak; kök boğazı çapı dijital kumpasla ölçülerek; kuru madde oranı Kılıç ve ark. (1991)'e göre; yapraklardan elde edilen suların pH'ları pH metre ile; suda çözünebilir kuru madde miktarı el refraktometresi ile; pazarlanabilir yaprak sayısı yenilebilir özellikte olan pazarlanabilir yapraklar sayılarak; yaprak rengi renk ölçer cihazı ile; klorofil miktarı klorofil ölçer ile; nitrat ve P miktarı UV-Visible Spektrofotometre ile; N ve S içeriği Elemental Analizör CHNS-O kullanılarak; diğer element içerikleri İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektroskopisi (ICP-MS) ile belirlenmiştir.

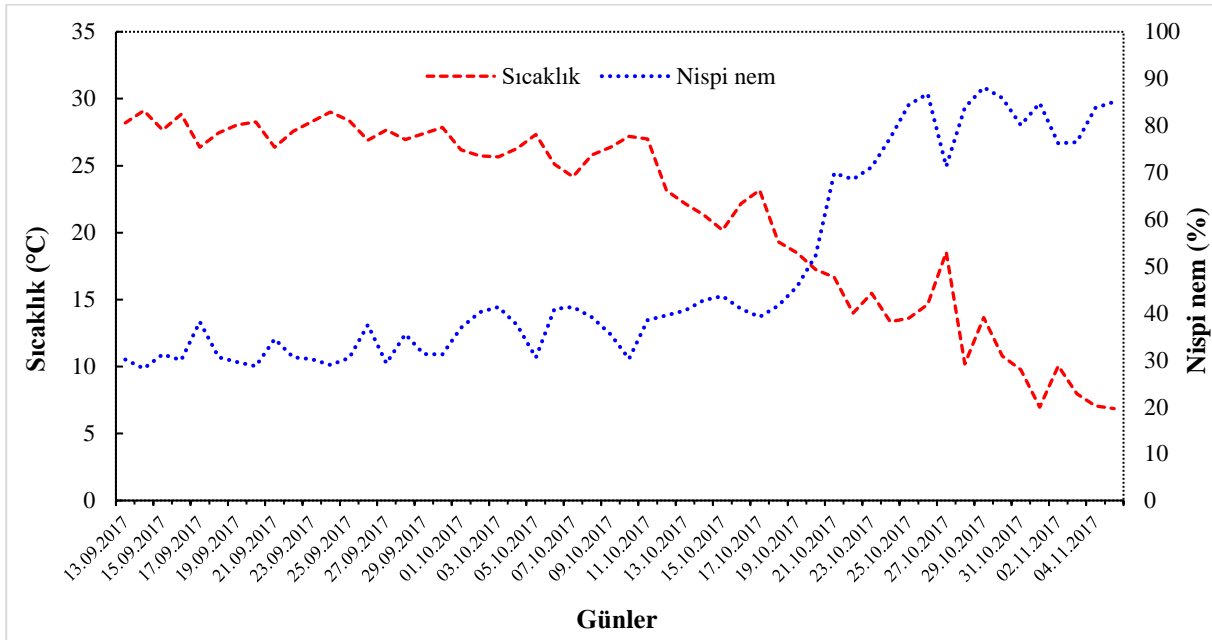
Deneme süresince sera içi sıcaklık ve nispi nem değerleri sıcaklık ve nem kayıt cihazı (ONSET HOBO Data Logger) kullanılarak kaydedilmiştir (Şekil 1).

Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışmada incelenen özellikler arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla elde edilen veriler korelasyon analizine tabi tutulmuş ve Pearson korelasyon katsayıları (r) saptanmıştır. Korelasyon analizi için SPSS (Version 23.0) istatistik programı kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Farklı gübre uygulamalarının kullanıldığı marulda bitkisel özellikler ve bazı kalite özelliklerine ait minimum ve maksimum değerler, ortalamalar, standart hatalar, standart sapmalar ve varyasyon katsayıları Çizelge 2'de verilmektedir. Çalışmada bitki boyu 16.0-30.0 cm, bitki eni 20.5-36.5 cm, bitki yaş ağırlığı 133.80-320.90 g, yaprak boyu 13.4-19.7 cm, yaprak eni 14.5-21.8 cm, pazarlanabilir yaprak sayısı 18-36, klorofil miktarı 13.10-29.30 spad ve nitrat miktarı 674-3824 mg kg⁻¹ arasında değişiklik göstermiştir. Ortalama değerler bitki boyu için 20.24 cm, bitki eni için 28.11 cm, bitki yaş ağırlığı için 203.94 g, yaprak boyu için 17.19 cm, yaprak eni için 18.06 cm, pazarlanabilir yaprak sayısı için 23.68, klorofil miktarı için 21.97 spad ve nitrat miktarı için 2024.74 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur. En düşük varyasyon katsayısı pH'da (%1.30) belirlenirken, en yüksek varyasyon katsayısı nitrat miktarında (%42.73) tespit edilmiştir. Çalışmada bitki boyu, bitki yaş ve kuru ağırlığı, pazarlanabilir yaprak sayısı ve klorofil içeriği bakımından vermikompost uygulamalarından kontrol uygulamasına göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Farklı bitki özellikleri ile kalite özellikleri için farklı vermikompost uygulamaları ön plana çıkmıştır. Marulda bitkisel özellikler ve kalite özellikleri ile ilgili benzer bulgular Çakmak (2011), Çağlar (2014), Hınıslı (2014) ve Topaklı Solak (2016) tarafından bildirilmiştir.



Şekil 1. Deneme süresince sera içerisinde ölçülen sıcaklık ve nispi nem değerleri.

Figure 1. Temperature and relative humidity values measured in the greenhouse during the treatment.

Çizelge 2. Marulda bitkisel özellikler ve bazı kalite özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler.

Table 2. Descriptive statistics belonging to plant properties and some quality properties in lettuce.

| Özellikler | Minimum ve maksimum değerler | Ortalama± Standart hata | Standart sapma | Kareler ortalaması | Varyasyon katsayısı (%) |
|--|------------------------------|-------------------------|----------------|---------------------|-------------------------|
| Bitki boyu (cm) | 16.00-30.00 | 20.24±0.32 | 2.72 | 13.92* | 13.44 |
| Bitki eni (cm) | 20.50-36.50 | 28.11±0.35 | 2.97 | 23.99* | 10.57 |
| Bitki yaş ağırlığı (g bitki ⁻¹) | 133.80-320.90 | 203.94±4.88 | 41.44 | 3623.30* | 20.32 |
| Bitki kuru ağırlığı (g bitki ⁻¹) | 8.17-25.35 | 15.26±0.42 | 3.57 | 49.75** | 23.39 |
| Kök uzunluğu (cm) | 9.50-17.00 | 11.55±0.16 | 1.34 | 3.77** | 11.56 |
| Kök boğazı çapı (mm) | 9.29-24.07 | 15.56±0.55 | 4.63 | 20.49* | 29.77 |
| Kök yaş ağırlığı (g bitki ⁻¹) | 9.00-32.65 | 17.50±0.53 | 4.53 | 25.21 ^{öd} | 25.87 |
| Kök kuru ağırlığı (g bitki ⁻¹) | 3.05-10.30 | 4.60±0.19 | 1.58 | 9.16** | 34.31 |
| Yaprak boyu (cm) | 13.40-19.70 | 17.19±0.18 | 1.53 | 2.86 ^{öd} | 8.90 |
| Yaprak eni (cm) | 14.50-21.80 | 18.06±0.18 | 1.49 | 0.95 ^{öd} | 8.28 |
| Pazarlanabilir yaprak sayısı (adet bitki ⁻¹) | 18.00-36.00 | 23.68±0.42 | 3.60 | 22.11 ^{öd} | 15.21 |
| Kuru madde oranı (%) | 5.47-10.79 | 7.40±0.14 | 1.20 | 5.38** | 16.20 |
| pH | 5.85-6.25 | 6.02±0.01 | 0.08 | 0.01 ^{öd} | 1.30 |
| SÇKM (%) | 2.00-4.10 | 2.82±0.06 | 0.50 | 0.95** | 17.73 |
| Klorofil miktarı (SPAD) | 13.10-29.30 | 21.97±0.37 | 3.10 | 31.41** | 14.11 |
| Nitrat miktarı (mg kg ⁻¹) | 674.00-3824.00 | 2024.74±101.97 | 865.23 | 4898976.11** | 42.73 |
| L* | 39.22-60.83 | 52.92±0.54 | 4.55 | 6.54 ^{öd} | 8.60 |
| C* | 21.52-37.08 | 30.53±0.43 | 3.61 | 15.95 ^{öd} | 11.83 |
| h* | 79.71-116.38 | 112.33±0.68 | 5.74 | 22.01 ^{öd} | 5.11 |

*: P<0.05 düzeyinde önemli, **: P<0.01 düzeyinde önemli, öd: önemli değil.

Farklı gübre uygulamalarının kullanıldığı marulda elementlere ait minimum ve maksimum değerler, ortalamalar, standart hatalar, standart sapmalar ve varyasyon katsayıları Çizelge 3'te verilmektedir. Çalışmada azot içeriği %4.29-6.98, fosfor içeriği 2211-3711 mg kg⁻¹, potasyum içeriği 17129-25354 mg kg⁻¹, kalsiyum içeriği 3684-5456 mg kg⁻¹, magnezyum içeriği 6525-13589 mg kg⁻¹, demir içeriği 580.12-1025.26 mg kg⁻¹, mangan içeriği 50.84-86.58 mg kg⁻¹ ve çinko içeriği 41.15-122.12 mg kg⁻¹ arasında değişiklik göstermiştir. Ortalama değerler azot içeriği için %5.99, fosfor içeriği için 2775.43 mg kg⁻¹, potasyum içeriği için 21215.48 mg kg⁻¹, kalsiyum içeriği için 4387.11 mg kg⁻¹, magnezyum içeriği için 9374.57 mg kg⁻¹, demir içeriği için 793.93 mg kg⁻¹, mangan içeriği için 65.45 mg kg⁻¹ ve çinko içeriği için 67.20 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur. En düşük varyasyon katsayısı potasyum miktarında (%10.97) belirlenirken, en yüksek varyasyon katsayısı kalay miktarında (%39.03) tespit edilmiştir. Genel olarak vermikompost uygulamalarının marulda bitki azot, fosfor, potasyum, magnezyum, kalsiyum, sodyum, demir ve bakır

içeriğini kontrole göre artırdığı belirlenmiştir. Farklı elementler için farklı vermikompost uygulamaları ön plana çıkmıştır. Marulda element içerikleri ile ilgili benzer bulgular Kesimci (2013), Hınıslı (2014), Kul (2014) ve Alas (2016) tarafından bildirilmiştir.

Çalışmada incelenen bitkisel özellikler ve bazı kalite özellikleri arasındaki ilişkiler yapılan korelasyon analizi ile ortaya konulmuş ve belirlenen korelasyon katsayıları ile istatistiki olarak önem düzeyleri Çizelge 4'te verilmiştir. Korelasyon katsayısı (r) -1 ile +1 arasında değer almaktadır. Korelasyon katsayısı +1'e yaklaştıkça iki değişken arasında aynı yöndeki (pozitif) ilişki artar, dolayısıyla değişkenlerden biri artarken diğeri de artar. Korelasyon katsayısı -1'e yaklaştıkça iki değişken arasında ters yöndeki (negatif) ilişki artar, değişkenlerden biri artarken diğeri azalır. Korelasyon katsayısı 0'a yaklaştıkça iki değişken arasındaki ilişki azalır.

Korelasyon analizinin sonuçlarına göre; bazı özellikler arasında kuvvetli ilişki belirlenirken, birçok özellik arasında ilişkinin bulunmadığı tespit edilmiştir. En önemli verim parametresi olan bitki yaş ağırlığı ile

Çizelge 3. Marulda elementlere ait tanımlayıcı istatistikler.

Table 3. Descriptive statistics belonging to elements in lettuce.

| Elementler | Minimum ve maksimum değerler | Ortalama± Standart hata | Standart sapma | Kareler ortalaması | Varyasyon katsayısı (%) |
|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------|-----------------------|-------------------------|
| Alüminyum (Al) (mg kg ⁻¹) | 145.56-519.14 | 354.66±14.41 | 105.86 | 34914.79** | 29.85 |
| Arsenik (As) (mg kg ⁻¹) | 0.29-0.62 | 0.43±0.01 | 0.09 | 0.02* | 19.64 |
| Bor (B) (mg kg ⁻¹) | 44.96-85.23 | 60.22±1.25 | 9.21 | 33.78 ^{öd} | 15.30 |
| Kalsiyum (Ca) (mg kg ⁻¹) | 3684.00-5456.00 | 4387.11±78.15 | 574.29 | 737688.62* | 13.09 |
| Kadmiyum (Cd) (mg kg ⁻¹) | 0.32-0.75 | 0.56±0.01 | 0.11 | 0.03** | 19.01 |
| Kobalt (Co) (mg kg ⁻¹) | 0.18-0.39 | 0.29±0.01 | 0.06 | 0.01** | 19.70 |
| Krom (Cr) (mg kg ⁻¹) | 1.09-2.96 | 2.07±0.06 | 0.44 | 0.38** | 21.36 |
| Bakır (Cu) (mg kg ⁻¹) | 13.45-28.45 | 18.67±0.48 | 3.56 | 54.22** | 19.07 |
| Demir (Fe) (mg kg ⁻¹) | 580.12-1025.26 | 793.93±16.77 | 123.22 | 24897.69* | 15.52 |
| Potasyum (K) (mg kg ⁻¹) | 17129.00-25354.00 | 21215.48±316.62 | 2326.69 | 22673467.59** | 10.97 |
| Magnezyum (Mg) (mg kg ⁻¹) | 6525.00-13589.00 | 9374.57±222.83 | 1637.45 | 16183100.51** | 17.47 |
| Mangan (Mn) (mg kg ⁻¹) | 50.84-86.58 | 65.45±1.17 | 8.56 | 136.50* | 13.08 |
| Azot (N) (%) | 4.29-6.98 | 5.99±0.13 | 0.94 | 9.26** | 15.69 |
| Sodyum (Na) (mg kg ⁻¹) | 828.00-3112.00 | 1930.94±102.18 | 750.85 | 2859523.68** | 38.89 |
| Nikel (Ni) (mg kg ⁻¹) | 1.02-5.53 | 3.41±0.18 | 1.29 | 4.28** | 37.85 |
| Fosfor (P) (mg kg ⁻¹) | 2211.00-3711.00 | 2775.43±70.87 | 520.77 | 2827005.13** | 18.76 |
| Kurşun (Pb) (mg kg ⁻¹) | 1.21-3.12 | 2.17±0.07 | 0.49 | 0.45* | 22.57 |
| Kükürt (S) (%) | 3.24-6.95 | 4.40±0.16 | 1.20 | 14.89** | 27.36 |
| Selenyum (Se) (mg kg ⁻¹) | 0.13-0.39 | 0.24±0.01 | 0.06 | 0.01 ^{öd} | 26.84 |
| Kalay (Sn) (mg kg ⁻¹) | 0.59-1.74 | 0.92±0.05 | 0.36 | 0.20 ^{öd} | 39.03 |
| Çinko (Zn) (mg kg ⁻¹) | 41.15-122.12 | 67.20±3.15 | 23.11 | 1064.09 ^{öd} | 34.40 |

*: P<0.05 düzeyinde önemli, **: P<0.01 düzeyinde önemli, öd: önemli değil.

bitki kuru ağırlığı ($r = 0.677^{**}$), yaprak boyu ($r = 0.669^{**}$), bitki boyu ($r = 0.668^{**}$), yaprak eni ($r = 0.646^{**}$), bitki eni ($r = 0.463^{**}$), pazarlanabilir yaprak sayısı ($r = 0.339^{**}$), kök yaş ağırlığı ($r = 0.292^*$) ve kök boğazı çapı ($r = 0.291^*$) arasında önemli ve pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Dolayısıyla bu özelliklerdeki herhangi bir olumlu artış marulda bitki yaş ağırlığını artırmaktadır. Bununla birlikte, bitki yaş ağırlığı ile suda çözünebilir kuru madde miktarı ($r = -0.330^{**}$) ve kuru madde oranı ($r = -0.273^*$) arasında önemli ve negatif korelasyonlar bulunmuş; bitki yaş ağırlığı artarken suda çözünebilir kuru madde miktarı ve kuru madde oranı azalmıştır. Bitki boyu ile bitki yaş ağırlığı ($r = 0.668^{**}$), yaprak boyu ($r = 0.534^{**}$), yaprak eni ($r = 0.475^{**}$), bitki kuru ağırlığı ($r = 0.321^{**}$), kök boğazı çapı ($r = 0.310^{**}$), bitki eni ($r = 0.282^*$), klorofil miktarı ($r = 0.243^*$) ve pazarlanabilir yaprak sayısı ($r = 0.237^*$) arasında da önemli ve pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Bitki boyu ile yalnızca suda çözünebilir kuru madde miktarı ($r = -0.317^{**}$) arasında önemli ve negatif

korelasyon gözlenmiştir. Bitki eni ile bitki yaş ağırlığı ($r = 0.463^{**}$), bitki kuru ağırlığı ($r = 0.420^{**}$), yaprak boyu ($r = 0.389^{**}$), yaprak eni ($r = 0.369^{**}$) ve bitki boyu ($r = 0.282^*$) arasında önemli ve pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Bitki eni incelenen diğer özellikler ile önemli ve negatif ilişki göstermemiştir. Bitki kuru ağırlığı ile bitki yaş ağırlığı ($r = 0.677^{**}$), yaprak eni ($r = 0.445^{**}$), yaprak boyu ($r = 0.444^{**}$), bitki eni ($r = 0.420^{**}$), pH ($r = 0.376^{**}$), nitrat miktarı ($r = 0.322^{**}$) ve bitki boyu ($r = 0.321^{**}$) arasında önemli ve pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Diğer taraftan, bitki kuru ağırlığı ile kök uzunluğu arasında önemli ve negatif ilişki ($r = -0.298^*$) gözlenmiştir.

Kök uzunluğu yalnızca kök kuru ağırlığı ile ($r = 0.257^*$) önemli ve pozitif ilişki göstermiş olup, kuru madde oranı ($r = -0.370^{**}$) ve bitki kuru ağırlığı ($r = -0.298^*$) ile önemli ve negatif korelasyonlar sergilemiştir. Kök boğazı çapı ile yaprak eni ($r = 0.384^{**}$), yaprak boyu ($r = 0.344^{**}$), bitki boyu ($r = 0.310^{**}$) ve bitki yaş ağırlığı ($r = 0.291^*$) arasında da

Çizelge 4. Çalışmada incelenen bitkisel özellikler ve bazı kalite özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları.*Table 4. Correlation coefficients among plant properties and some quality properties examined in the study.*

| Özellikler | BB | BE | BYA | BKA | KU | KBÇ | KYA | KKA | YB | YE | PYS | KMO | pH | SÇKM | KM | NM | L* | C* | h* |
|-------------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|--------|---------|----------|---------|--------|
| BB | 1.000 | 0.282* | 0.668** | 0.321** | -0.071 | 0.310** | 0.046 | 0.030 | 0.534** | 0.475** | 0.237* | -0.195 | 0.081 | -0.317** | 0.243* | -0.035 | -0.049 | -0.006 | 0.032 |
| BE | | 1.000 | 0.463** | 0.420** | -0.138 | 0.096 | -0.108 | 0.208 | 0.389** | 0.369** | -0.002 | -0.044 | 0.194 | 0.086 | -0.101 | 0.144 | -0.097 | -0.179 | -0.056 |
| BYA | | | 1.000 | 0.677** | -0.037 | 0.291* | 0.292* | 0.215 | 0.669** | 0.646** | 0.339** | -0.273* | 0.147 | -0.330** | -0.057 | -0.047 | -0.073 | -0.225 | 0.014 |
| BKA | | | | 1.000 | -0.298* | 0.098 | 0.145 | 0.080 | 0.444** | 0.445** | 0.147 | 0.171 | 0.376** | 0.150 | 0.053 | 0.322** | -0.148 | -0.188 | -0.014 |
| KU | | | | | 1.000 | 0.005 | 0.228 | 0.257* | -0.130 | -0.001 | 0.007 | -0.370** | -0.232 | -0.229 | -0.195 | -0.204 | -0.095 | -0.024 | 0.073 |
| KBÇ | | | | | | 1.000 | 0.142 | 0.123 | 0.344** | 0.384** | 0.157 | -0.199 | 0.115 | -0.137 | -0.052 | -0.280* | -0.108 | -0.095 | -0.083 |
| KYA | | | | | | | 1.000 | 0.448** | 0.075 | 0.106 | 0.370** | -0.280* | -0.235* | -0.335** | -0.150 | 0.017 | 0.168 | -0.072 | 0.203 |
| KKA | | | | | | | | 1.000 | 0.157 | 0.218 | 0.164 | -0.109 | -0.029 | 0.014 | -0.208 | -0.126 | -0.037 | -0.083 | 0.016 |
| YB | | | | | | | | | 1.000 | 0.827** | 0.091 | -0.092 | 0.233* | -0.221 | 0.122 | -0.121 | -0.152 | -0.147 | 0.038 |
| YE | | | | | | | | | | 1.000 | 0.047 | -0.109 | 0.172 | -0.185 | 0.144 | -0.077 | -0.137 | -0.204 | -0.137 |
| PYS | | | | | | | | | | | 1.000 | -0.236* | -0.038 | -0.300* | -0.065 | 0.162 | 0.058 | -0.191 | 0.136 |
| KMO | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.290* | 0.802** | 0.181 | 0.180 | -0.246* | -0.060 | -0.039 |
| pH | | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.307** | 0.059 | 0.191 | -0.159 | -0.193 | 0.159 |
| SÇKM | | | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.069 | 0.203 | -0.265* | -0.054 | -0.029 |
| KM | | | | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.279* | -0.345** | -0.035 | -0.107 |
| NM | | | | | | | | | | | | | | | | 1.000 | -0.085 | -0.006 | 0.048 |
| L* | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.547** | 0.224 |
| C* | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.087 |
| h* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.000 |

*: P<0.05 düzeyinde önemli, **: P<0.01 düzeyinde önemli, BB: Bitki boyu, BE: Bitki eni, BYA: Bitki yaş ağırlığı, BKA: Bitki kuru ağırlığı, KU: Kök uzunluğu, KBÇ: Kök boğazı çapı, KYA: Kök yaş ağırlığı, KKA: Kök kuru ağırlığı, YB: Yaprak boyu, YE: Yaprak eni, PYS: Pazarlanabilir yaprak sayısı, KMO: Kuru madde oranı, SÇKM: Suda çözünebilir kuru madde miktarı, KM: Klorofil miktarı, NM: Nitrat miktarı, L*, C* ve h*: renk değerleri.

önemli ve pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Buna karşılık, kök boğazı çapı ile nitrat miktarı arasında önemli ve negatif ilişki ($r = -0.280^*$) gözlenmiştir. Kök yaş ağırlığı ile kök kuru ağırlığı ($r = 0.448^{**}$), pazarlanabilir yaprak sayısı ($r = 0.370^{**}$) ve bitki yaş ağırlığı ($r = 0.292^*$) arasında önemli ve pozitif; kök yaş ağırlığı ile suda çözünebilir kuru madde miktarı ($r = -0.335^{**}$), kuru madde oranı ($r = -0.280^*$) ve pH ($r = -0.235^*$) arasında ise önemli ve negatif korelasyonlar belirlenmiştir. Kök kuru ağırlığı ile yalnızca kök yaş ağırlığı ve kök uzunluğu arasında önemli ve pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Kök kuru ağırlığının incelenen diğer özellikler ile ilişkisi zayıf (önemsiz) bulunmuştur.

Çalışmada incelenen özellikler arasında en yüksek pozitif önemli korelasyon, yaprak boyu ile yaprak eni arasında ($r = 0.827^{**}$) belirlenmiştir. Ayrıca, yaprak boyu ile bitki boyu, bitki eni, bitki yaş ağırlığı, bitki kuru ağırlığı, kök boğazı çapı ve pH arasında da önemli ve pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Yaprak boyuna benzer şekilde, yaprak eni ile bitki boyu, bitki eni, bitki yaş ağırlığı, bitki kuru ağırlığı, kök boğazı çapı ve yaprak boyu arasında da önemli ve pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Yaprak boyu ve yaprak eni incelenen diğer özellikler ile önemli ve negatif ilişki göstermemiştir. Pazarlanabilir yaprak sayısı ile bitki boyu, bitki yaş ağırlığı ve kök yaş ağırlığı arasında önemli ve pozitif ilişkiler saptanırken, pazarlanabilir yaprak sayısı ile suda çözünebilir kuru madde miktarı ($r = -0.300^*$) ve kuru madde oranı ($r = -0.236^*$) arasında ise önemli ve negatif korelasyonlar gözlenmiştir.

Çizelge 4'te görüldüğü gibi, kuru madde oranı ve suda çözünebilir kuru madde miktarı arasında oldukça yüksek pozitif ilişki ($r = 0.802^{**}$) belirlenmiştir. Bu iki parametre arasındaki yüksek korelatif ilişki suda çözünebilir kuru madde miktarını etkileyen faktörün ağırlıklı olarak kuru madde oranı olduğunu göstermektedir. Ayrıca, kuru madde oranı ve pH arasında ($r = 0.290^*$) da önemli ve pozitif ilişki belirlenmiştir. Bununla birlikte, kuru madde oranı ile bitki yaş ağırlığı, kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı, pazarlanabilir yaprak sayısı ve L^* değeri arasında önemli ve negatif korelasyonlar gözlenmiştir. pH ile bitki kuru ağırlığı, yaprak boyu, kuru madde oranı ve suda çözünebilir kuru madde miktarı arasında önemli ve pozitif korelasyonlar gözlenmiştir. pH ile yalnızca kök yaş ağırlığı arasında önemli ve negatif ilişki gözlenmiştir. Suda çözünebilir kuru madde miktarı ile kuru madde oranı ve pH arasında önemli ve pozitif; suda çözünebilir kuru madde miktarı ile bitki boyu, bitki yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı, pazarlanabilir yaprak sayısı ve L^* değeri arasında önemli ve negatif ilişkiler saptanmıştır. Klorofil miktarı ile bitki boyu ve nitrat

miktarı arasında önemli ve pozitif ilişkiler belirlenirken, klorofil miktarı ile L^* değeri arasında önemli ve negatif bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Nitrat miktarı ile bitki kuru ağırlığı ve klorofil miktarı arasında önemli ve pozitif ilişkiler saptanırken, nitrat miktarı ile kök boğazı çapı arasında önemli düzeyde negatif ilişki gözlenmiştir. İncelenen renk özellikleri arasında, L^* değeri yalnızca C^* değeri ile önemli ve pozitif korelasyona ($r = 0.547^{**}$) sahip bulunmuştur. L^* değeri ile klorofil miktarı ($r = -0.345^{**}$), suda çözünebilir kuru madde miktarı ($r = -0.265^*$) ve kuru madde oranı ($r = -0.246^*$) arasında önemli ve negatif korelasyonlar gözlenmiştir. Kök uzunluğu ile kök boğazı çapı ve pazarlanabilir yaprak sayısı arasındaki ilişkiler; C^* değeri ile bitki boyu ve nitrat miktarı arasındaki ilişkilerin yok denecek kadar düşük düzeyde olduğu görülmektedir (Çizelge 4).

Çakmak (2011) kıvırcık yapraklı salatada yaptığı çalışmada toplam baş ağırlığı ile pazarlanabilir baş ağırlığı ve verim arasında; toplam yaprak sayısı ile pazarlanabilir yaprak sayısı arasında; pazarlanabilir baş ağırlığı ile pazarlanabilir yaprak sayısı ve verim arasında; pazarlanabilir yaprak sayısı ile verim arasında pozitif ve önemli ilişkilerin olduğunu bildirmiştir. Öztürk (2011) tarafından kıvırcık yapraklı salatada yapılan çalışmada baş çapı ile bitki ağırlığı, pazarlanabilir baş ağırlığı ve pazarlanabilir verim arasında pozitif bir korelasyon belirlenirken, baş çapı ile toplam yaprak sayısı, pazarlanabilir yaprak sayısı, pH ve SÇKM arasında negatif bir ilişki bulunmuştur. Bitki ağırlığı ile baş çapı, pazarlanabilir baş ağırlığı ve pazarlanabilir verim arasında pozitif korelasyon bulunmuştur. Diğer taraftan, bitki ağırlığı ile toplam yaprak sayısı, pH ve SÇKM arasında negatif bir korelasyon tespit edilmiştir. Toplam yaprak sayısı ile pH ve SÇKM arasında pozitif bir korelasyon bulunurken, toplam yaprak sayısı ile baş çapı, bitki ağırlığı, pazarlanabilir baş ağırlığı ve pazarlanabilir verim arasında negatif bir ilişki belirlenmiştir. Pazarlanabilir baş ağırlığı ile bitki boyu, baş çapı, bitki ağırlığı ve pazarlanabilir verim arasında pozitif bir korelasyon bulunurken, pazarlanabilir baş ağırlığı ile pH ve SÇKM arasında negatif bir korelasyon oluşmuştur. Ayrıca çalışmada pH ve SÇKM arasında pozitif bir korelasyon belirlenmiştir. Pazarlanabilir yaprak sayısı ile SÇKM arasında negatif bir ilişki bulunmuştur. Hossain and Ryu (2017) yaptığı çalışmada marulda verim ile bitki boyu ve yaprak sayısı arasında pozitif ve önemli korelasyonların olduğunu bildirmiştir.

Araştırmada incelenen elementler arasındaki korelasyon katsayıları ile istatistiki olarak önem düzeyleri Çizelge 5'de sunulmuştur. Çizelge 5

Çizelge 5. Çalışmada incelenen elementler arasındaki korelasyon katsayıları.

Table 5. Correlation coefficients among the elements examined in the study.

| Elementler | Al | As | B | Ca | Cd | Co | Cr | Cu | Fe | K | Mg | Mn | N | Na | Ni | P | Pb | S | Se | Sn | Zn |
|------------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|--------|----------|----------|---------|---------|----------|
| Al | 1.000 | 0.096 | 0.227 | 0.498** | 0.193 | 0.504** | 0.652** | 0.003 | 0.725** | 0.232 | 0.110 | 0.521** | -0.261 | 0.025 | 0.761** | 0.340* | -0.170 | 0.311* | 0.386** | -0.045 | -0.276* |
| As | | 1.000 | 0.500** | 0.685** | 0.412** | 0.436** | 0.197 | -0.226 | 0.358** | 0.350** | 0.441** | 0.544** | -0.076 | 0.349** | 0.067 | -0.083 | 0.512** | -0.018 | -0.169 | -0.217 | -0.273* |
| B | | | 1.000 | 0.473** | 0.449** | 0.449** | 0.318* | -0.451** | 0.421** | 0.298* | -0.040 | 0.521** | 0.031 | -0.029 | 0.133 | 0.147 | 0.528** | 0.111 | 0.332* | -0.301* | -0.625** |
| Ca | | | | 1.000 | 0.292* | 0.559** | 0.576** | -0.179 | 0.766** | 0.494** | 0.604** | 0.765** | -0.149 | 0.509** | 0.412** | -0.148 | 0.436** | -0.096 | 0.100 | -0.296* | -0.256 |
| Cd | | | | | 1.000 | 0.580** | 0.151 | -0.691** | 0.327* | -0.326* | -0.334* | 0.365** | -0.369** | -0.319* | 0.408** | -0.014 | 0.688** | 0.459** | 0.205 | -0.013 | -0.363** |
| Co | | | | | | 1.000 | 0.504** | -0.462** | 0.639** | -0.009 | 0.067 | 0.647** | -0.427** | -0.045 | 0.476** | -0.184 | 0.342* | 0.397** | 0.212 | -0.198 | -0.368** |
| Cr | | | | | | | 1.000 | 0.052 | 0.822** | 0.350** | 0.441** | 0.590** | -0.074 | 0.337* | 0.451** | 0.208 | -0.046 | 0.221 | 0.410** | 0.075 | -0.154 |
| Cu | | | | | | | | 1.000 | -0.172 | 0.442** | 0.436** | -0.186 | 0.431** | 0.543** | -0.321* | 0.226 | -0.633** | -0.436** | -0.285* | 0.291* | 0.392** |
| Fe | | | | | | | | | 1.000 | 0.328* | 0.337* | 0.767** | -0.166 | 0.235 | 0.514** | 0.041 | 0.191 | 0.152 | 0.392** | -0.202 | -0.433** |
| K | | | | | | | | | | 1.000 | 0.567** | 0.470** | 0.457** | 0.755** | -0.183 | 0.099 | 0.020 | -0.361** | -0.132 | -0.065 | -0.089 |
| Mg | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.292* | 0.055 | 0.791** | -0.075 | -0.082 | -0.134 | -0.378** | -0.224 | 0.003 | 0.253 |
| Mn | | | | | | | | | | | | 1.000 | -0.064 | 0.274* | 0.351** | -0.038 | 0.319* | 0.196 | 0.276* | -0.220 | -0.424** |
| N | | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.349** | -0.330* | 0.232 | -0.110 | -0.444** | -0.340* | -0.183 | -0.047 |
| Na | | | | | | | | | | | | | | 1.000 | -0.211 | -0.214 | 0.077 | -0.508** | -0.334* | 0.109 | 0.330* |
| Ni | | | | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.214 | 0.060 | 0.461** | 0.353** | -0.004 | -0.093 |
| P | | | | | | | | | | | | | | | | 1.000 | -0.302* | 0.370** | 0.130 | 0.213 | -0.267 |
| Pb | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.099 | 0.037 | -0.101 | -0.265 |
| S | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.358** | 0.280* | -0.172 |
| Se | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.104 | -0.233 |
| Sn | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.569** |
| Zn | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.000 |

*: P<0.05 düzeyinde önemli, **: P<0.01 düzeyinde önemli.

incelendiğinde, bazı elementlerin birbirleri ile yüksek korelasyon içerisinde olduğu görülmektedir. Özellikle demir ile krom ($r = 0.822^{**}$), mangan ($r = 0.767^{**}$), kalsiyum ($r = 0.766^{**}$), alüminyum ($r = 0.725^{**}$) ve kobalt arasında ($r = 0.639^{**}$); kalsiyum ile demir ($r = 0.766^{**}$), mangan ($r = 0.765^{**}$) ve arsenik ($r = 0.685^{**}$) arasında; sodyum ile magnezyum ($r = 0.791^{**}$) ve potasyum ($r = 0.755^{**}$) arasında; mangan ile demir ($r = 0.767^{**}$), kalsiyum ($r = 0.765^{**}$) ve kobalt ($r = 0.647^{**}$) arasında; nikel ile alüminyum ($r = 0.761^{**}$) arasında; kurşun ile kadmiyum arasında ($r = 0.688^{**}$) oldukça yüksek pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Çalışmada incelenen elementler arasında en yüksek pozitif önemli korelasyon, demir ile krom arasında ($r = 0.822^{**}$) belirlenmiştir. Ayrıca, bu bahsedilen önemli pozitif korelasyonlara ilave olarak kalsiyum ile alüminyum, bor, kadmiyum, kobalt, krom, potasyum, magnezyum, sodyum, nikel ve kurşun arasında; demir ile arsenik, bor, kadmiyum, potasyum, magnezyum, nikel ve selenyum arasında; potasyum ile arsenik, bor, kalsiyum, krom, bakır, demir, magnezyum, mangan ve azot arasında; magnezyum ile arsenik, kalsiyum, krom, bakır, demir, potasyum ve mangan arasında; mangan ile alüminyum, arsenik, bor, kadmiyum, krom, potasyum, magnezyum, sodyum, nikel, kurşun ve selenyum arasında; azot ile bakır, potasyum ve sodyum arasında; sodyum ile arsenik, kalsiyum, krom, bakır, mangan, azot ve çinko arasında; fosfor ile alüminyum ve kükürt arasında; kükürt ile alüminyum, kadmiyum, kobalt, nikel, fosfor, selenyum ve kalay arasında; selenyum ile alüminyum, bor, krom, demir, mangan, nikel ve kükürt arasında; çinko ile bakır, sodyum ve kalay arasında; alüminyum ile kalsiyum, kobalt, mangan, fosfor, kükürt ve selenyum arasında; arsenik ile bor, kadmiyum, kobalt, demir, potasyum, magnezyum, mangan, sodyum ve kurşun arasında; bor ile arsenik, kalsiyum, kadmiyum, kobalt, krom, demir, potasyum, mangan, kurşun ve selenyum arasında; kadmiyum ile arsenik, bor, kalsiyum, kobalt, demir, mangan, nikel ve kükürt arasında; kobalt ile alüminyum, arsenik, bor, kalsiyum, kadmiyum, krom, nikel, kurşun ve kükürt arasında; krom ile bor, kalsiyum, kobalt, potasyum, magnezyum, mangan, sodyum, nikel ve selenyum arasında; bakır ile potasyum, magnezyum, azot, sodyum, kalay ve çinko arasında da önemli ve pozitif korelasyonlar belirlenmiştir. Buna karşılık; bakır ile bor, kadmiyum, kobalt, nikel, kurşun, kükürt ve selenyum arasında; çinko ile alüminyum, arsenik, bor, kadmiyum, kobalt, demir ve mangan arasında; azot ile kadmiyum, kobalt, nikel, kükürt ve selenyum arasında; fosfor ile kurşun arasında; kadmiyum ile bakır, potasyum, magnezyum, azot ve çinko arasında; kükürt ile bakır, potasyum,

magnezyum, azot ve sodyum arasında; kalay ile bor ve kalsiyum arasında; selenyum ile bakır, azot ve sodyum arasında önemli ve negatif ilişkiler saptanmıştır. Elementler arasındaki en yüksek negatif önemli korelasyon, bakır ile kadmiyum arasında ($r = -0.691^{**}$) tespit edilmiştir. Belirlenen korelasyon katsayılarından bitki besin elementlerinin birbirleriyle etkileşimde buldukları anlaşılmaktadır. Fosforun alüminyum, kükürt ve kurşun dışındaki diğer elementlerle ilişkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir. Bakır ve çinko diğer elementler ile en fazla negatif ilişki gösteren elementler olmuştur. Kalay ile magnezyum ve nikel; bakır ile alüminyum; potasyum ile kobalt arasındaki ilişkilerin yok denecek kadar düşük düzeyde olduğu saptanmıştır (Çizelge 5).

Hınıslı (2014) tarafından kıvrıcık marulda yapılan çalışmada vermikompost uygulaması ile bitkideki çinko, kalsiyum, bakır, magnezyum ve azot içeriği arasında pozitif korelasyonlar belirlenmiştir. Buna karşılık vermikompost uygulaması ile bitkideki potasyum, fosfor, demir, mangan ve bor içeriği arasında negatif ilişkiler gözlenmiştir. Smolen *et al.* (2015) tarafından marulda yapılan çalışmada selenyum ile magnezyum ve demir arasında pozitif ve önemli ilişkiler saptanırken, selenyum ile fosfor ve sodyum arasında negatif ve önemli korelasyonlar gözlenmiştir. Araştırmacı ayrıca iyot ile fosfor ve sodyum arasında pozitif ve önemli korelasyonların olduğunu bildirmiştir. Thakur *et al.* (2016) marulda yaptıkları çalışmada verim ile baş ağırlığı arasında oldukça yüksek pozitif ve önemli bir korelasyonun olduğunu, demir ve kalsiyum arasında ise negatif ve önemli bir korelasyonun olduğunu bildirmişlerdir. Eryüksel (2016) tarafından yapılan çalışmada maydanozda N, P, K, Zn, elementleriyle vermikompost arasında pozitif yönde; Ca, B ve Mn elementleriyle vermikompost arasında ise negatif yönde ilişki olduğu belirlenmiştir. Semizotunda ise K, P, Zn ve N elementleriyle vermikompost arasında pozitif yönde; Ca, B, Mn, Fe ve Mg elementleri ile vermikompost arasında negatif yönde ilişki bulunmuştur.

SONUÇ

Bu çalışmada; marulda bitkisel özellikler, bazı kalite özellikleri ve besin elementleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. İncelenen bazı özellikler ve elementler arasında yüksek korelasyonlar gözlenmiştir. Çalışma sonucunda en önemli verim parametresi olan bitki yaş ağırlığı üzerinde bitki kuru ağırlığı, yaprak boyu, bitki boyu ve yaprak eninin oldukça önemli ve pozitif etkilere sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, yaprak boyu ile yaprak eni arasında; kuru madde oranı ve suda çözünebilir kuru madde miktarı arasında da önemli ve

oldukça yüksek pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Elementler arasındaki ilişkiler incelendiğinde ise özellikle demir ile krom, mangan, kalsiyum ve alüminyum arasında; sodyum ile magnezyum ve potasyum arasında; nikel ile alüminyum arasında ve mangan ile kalsiyum arasında oldukça yüksek pozitif korelasyonlar belirlenmiştir. Buna karşılık bakır ile kadmiyum arasında oldukça yüksek negatif önemli korelasyon tespit edilmiştir. Marulun önemli özelliklerinin korelasyon analizi, ıslah programlarında marul ıslahçıların uygun seleksiyon kriterlerini belirlemelerine yardımcı olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (Proje No: 2017.10.05.1194) tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Adiloğlu S., Eryılmaz Açıkgöz F., Solmaz Y., Çaktü E and Adiloğlu A., 2018. Effect of vermicompost on the growth and yield of lettuce plant (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*). International Journal of Plant & Soil Science, 21(1): 1-5.
- Alas E., 2016. Bitki antifiriz ve farklı yetiştirme sistemlerinin marul yetiştiriciliğinde verim, bazı kalite özellikleri ve besin maddesi içeriğine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Aybak HÇ., 2002. Salata/Marul Yetiştiriciliği. Hasad Yayıncılık, İstanbul.
- Bellitürk K and Görres JH., 2012. Balancing vermicomposting benefits with conservation of soil and ecosystems at risk of earthworm invasions. VIII. International Soil Science Congress on Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management, May 15-17, Çeşme, İzmir.
- Boran D., 2015. Farklı ıslah teknikleri uygulanmış solucan gübresinin kalite parametrelerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çağlar S., 2014. Fındık züruf kompostu ve çay kompostu karışımlarının kıvrık marulda (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*) verim ve kaliteye etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Çakmak P., 2011. Farklı dikim zamanları ve organik gübrelerin topraksız tarım koşullarında kıvrık yapraklı salata (*Lactuca sativa* var. *crispa*) yetiştiriciliğinde verim ve kalite özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Degwale A., 2016. Effect of vermicompost on growth, yield and quality of garlic (*Allium sativum* L.) in Enebe Sar Midir District, Northwestern Ethiopia. Journal of Natural Sciences Research, 6(3): 51-63.
- Durak A., Altuntaş Ö., Kutsal İK., Işık R and Karaat FE., 2017.

The effects of vermicompost on yield and some growth parameters of lettuce. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 5(12): 1566-1570.

- Edwards CA and Bohlen PJ., 1996. Biology and Ecology of Earthworms. 3rd. Ed. Chapman and Hall, New York.
- Erşahin S., 2010. Vermikompost ürünleri organik üretime ne sunabilir. Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu, 28 Haziran-1 Temmuz, Erzurum.
- Eryüksel S., 2016. Farklı oranlarda vermicompost uygulamasının bazı sebzelerin besin elementi içerikleri üzerine olan etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Eşiyok D., 2012. Kışlık ve Yazlık Sebze Yetiştiriciliği. Meta Basım, Bornova/İzmir.
- Garg VK and Gupta R., 2009. Vermicomposting of agro-industrial processing waste. Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilisation (Eds. Nigam PSN and Pandey A), Springer, Netherlands, pp. 431-456.
- Günay A., 2005. Sebze Yetiştiriciliği, Cilt II. İzmir.
- Hınıslı N., 2014. Vermikompost gübresinin kıvrık bitkisinin gelişmesi üzerine etkisinin belirlenmesi ve diğer bazı organik kaynaklı gübrelerle karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Hossain MB and Ryu KS., 2017. Effects of organic and inorganic fertilizers on lettuce (*Lactuca sativa* L.) and soil properties. SAARC Journal of Agriculture, 15(2): 93-102.
- Jadhav PB., Patel DJ., Kireeti A., Patil NB., Dekhane SS., Harad NB and Jadhav KP., 2014. Effect of different levels of vermicompost on growth and yield of radish cv. local variety. International Journal of Information Research and Review, 1(2): 29-31.
- Jahan FN., Shahjalal ATM., Paul AK., Mehraj H and Jamal Uddin AFM., 2014. Efficacy of vermicompost and conventional compost on growth and yield of cauliflower. Bangladesh Research Publications Journal, 10(1): 33-38.
- Joshi R and Vig AP., 2010. Effect of vermicompost on growth, yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). African Journal of Basic & Applied Sciences, 2(3-4): 117-123.
- Kesimci E., 2013. Sera koşullarında bitki büyümesini artırıcı rizobakterlerin marulda verim, verim unsurları ve besin elementi içeriklerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Kılıç O., Çapur U ve Görtay Ş., 1991. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi Uygulama Kılavuzu. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları.
- Köksal SB., Aksu G ve Altay H., 2017. Vermikompostun bazı toprak özellikleri ve pazı bitkisinde verim üzerine etkisi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 5(2): 123-128.

- Kul R., 2014. Balık gübresi, mineral gübre ve kombinasyonlarının marulda (*Lactuca sativa* L.) bitki gelişimi ve besin elementi içeriği üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Marjanovic-Jeromela A., Marjanovic R., Mijic A., Zdunic Z., Ivanovska S and Jankulovska M., 2007. Correlation and path analysis of quantitative traits in winter rapeseed (*B. Napus* L.). *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 73: 13-18.
- Özer H., 2016. Organik domates yetiştiriciliği. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 2(1): 43-53.
- Özgen Ş., Şekerci Ş ve Karabıyık T., 2011. Organik ve inorganik gübrelemenin marul ve salataların nitrat birikimi üzerine etkisi. VI. Türkiye Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 4-8 Ekim, Şanlıurfa.
- Özkan N., Dağlıoğlu M., Ünser E ve Müftüoğlu N.M., 2016. Vermikompostun ıspanak (*Spinacia oleracea* L.) verimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkisi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(1): 1-5.
- Öztürk B., 2011. Farklı dikim zamanlarında kıvrıkcık yapraklı salata (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*)'nın organik ve konvansiyonel yetiştiriciliğinin verim, kalite ve toprak özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Santamaria P., 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(1): 10-17.
- Smolen S., Skoczylas L., Rakoczy R., Ledwozyw-Smolen I., Kopec A., Piatkowska E., Biezanowska-Kopec R., Pysz M., Koronowicz A., Kapusta-Duch J and Sady W., 2015. Mineral composition of field-grown lettuce (*Lactuca sativa* L.) depending on the diversified fertilization with iodine and selenium compounds. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 14(6): 97-114.
- Sunaryo Y., 2010. Effect of Vermicompost and Bokashi on Nutrient Content of Mustard Green and Lettuce. *International Seminar on Horticulture to Support Food Security 2010 Bandar 22-23 June, Lampung - Indonesia*.
- Şensoy S., Abak K ve Daşgan HY., 1996. Eşdeğer Miktarda Mineral ve Organik Gübre Uygulamalarının Marulda Nitrat Birikimi, Verim ve Kaliteye Etkileri. GAP I. Sebze Tarımı Sempozyumu, 7-10 Mayıs, Şanlıurfa.
- Şimşek Erşahin Y., 2007. Vermikompost ürünlerinin eldesi ve tarımsal üretimde kullanım alternatifleri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2): 99-107.
- Thakur M., Kumar R and Kumar S., 2016. Studies on genetic variability, correlation and path analysis in lettuce (*Lactuca sativa* L.) under protected conditions. *Journal of Applied and Natural Science*, 8(4): 1924-1930.
- Topaklı Solak F., 2016. Çanakkale şartlarında tarla ve tünel altında kıvrıkcık salata (*Lactuca sativa* var. *crispa*) yetiştirme olanakları. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- TÜİK 2018. Bitkisel Üretim İstatistikleri. <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>. [Erişim: 10 Eylül 2018].
- Vural H., Eşiyok D ve Duman İ., 2000. Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bornova-İzmir.

Narda (*Punica granatum* L.) Yeni Nesil Dizileme Teknolojisi Kullanılarak SSR Markırlarının Geliştirilmesi

Özhan Şimşek^{1*} Dicle Dönmez² Burhanettin İmrak³ Ahsen Işık Özgüven⁴ Yıldız Aka Kaçar¹

¹Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Adana

²Çukurova Üniversitesi, Biyoteknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi, Adana

³Çukurova Üniversitesi, Pozantı Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi, Adana

⁴Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Lefkoşa, Kuzey Kıbrıs

Geliş tarihi (Received): 12.10.2018

Kabul tarihi (Accepted): 19.11.2018

Anahtar kelimeler:

Mikrosatellit, gen, primer, DNA

Özet. Nar çok yıllık, çalı formunda, çok kuvvetli kök sistemine sahip bir subtropik iklim bitkisi olarak bilinmektedir. Mikrosatellitler yüksek organizmalara ait kromozomlar üzerinde ardışık olarak tekrarlanmakta olan 1-6 bp nükleotid gruplarından oluşmaktadır. Son yıllarda geliştirilen ve günümüzde en önemli teknolojilerden biri olarak karşımıza çıkan yeni nesil DNA dizileme teknolojileri yüksek doğrulukla, ultra hızlı dizileme yapabilmektedir. RNA dizileme gen ifadesinin kantitatif analizi için en güçlü ve yeni teknolojilerden biridir. Bu çalışmada yeni nesil dizileme teknolojileri kullanılarak narda mikrosatellit bölgelerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla RNA-seq çalışmaları yürütülmüştür. RNA-seq analizlerinde 'Hicaznar' ve '33N26' çeşitleri kullanılmıştır. Biyoinformatik çalışmalar sonucunda DNA üzerinde mikrosatellit bölgelerin tanımlanması sağlanmıştır. Çalışma sonunda yaklaşık 19,000 mikrosatellit belirlenmiştir. Bu bölgeler arasından rastgele seçilen 20 SSR (Basit Dizi Tekrarları) primeri çifti 40 farklı nar genotipinde test edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda 20 SSR primer çiftinden de başarılı bir şekilde amplifikasyon sağlandığı, bunlardan 5 tanesinin polimorfik sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

*Sorumlu yazar

ozhan12@gmail.com

Development of SSR Markers by Using Next Generation Sequencing Technology in Pomegranate (*Punica granatum* L.)

Keywords:

Microsatellite, gene, primer, DNA

Abstract. Pomegranate is known as a subtropical climate plant with very strong root system, in perennial, bushy form. Microsatellites are composed of 1-6 bp nucleotide groups which are repeated on successive chromosomes of high organisms. New generation DNA sequencing technologies developed in recent years and emerging as one of the most important technologies today can perform highly accurate, ultra-fast sequencing. RNA sequencing is one of the most powerful and new technologies for the quantitative analysis of gene expression. In the present study, it is aimed to identify microsatellite regions in pomegranate by using new generation sequencing technologies. RNA-seq studies have been carried out for this purpose. The 'Hicaznar' and '33N26' varieties were used in RNA-seq analyzes. As a result of the bioinformatics studies, identification of microsatellite regions on DNA has been achieved. Approximately 19,000 microsatellites were determined at the end of the study. 20 SSR primer pairs randomly selected from these regions were tested in 40 different pomegranate genotypes. As a result of the analysis, 20 SSR primer pairs were successfully amplified and 5 of them provided polymorphic results.

GİRİŞ

Tropik ve subtropik iklim meyvesi olarak bilinmekle birlikte sıcak ve ılıman iklim bölgelerinde de sınırlı bir şekilde yetişebilen narın dünyada ve ülkemizdeki üretim ve tüketimi her geçen gün artmaktadır. Nar meyveleri özellikle demir, potasyum ve C vitamini içeriği bakımından zengindir. Dünyanın birçok bölgesinde farklı kültürlerde şifalı bitki olarak tedavi amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca nar, çoğaltımı ve bakımı kolay, hastalık ve zararlılara karşı oldukça dayanıklı, erken verime yatan, birim alandan yüksek verim alınan, her yıl düzenli ürün veren, iç ve dış pazarlarda iyi fiyatla satılan, uzun bir raf ömrü olan, taşımaya ve depolamaya uygun önemli bir meyve türüdür (Silva *et al.*, 2013). Bilinen en eski meyve türlerinden biri olan nar, toprak ve iklim koşulları yönünden çok fazla seçici olmaması ve -10 °C'deki düşük sıcaklıklara dayanabilmesinden dolayı geniş bir yayılım alanı göstermektedir (Onur 1982; Yılmaz 2007; Dalka 2010). Narın anavatanları Güney Kafkasya, İran, Afganistan, Güney Asya, Batı Asya, Anadolu ve Akdeniz arasındaki bölgeleri kapsamaktadır. Narın ayrıca, Avrupa ve Afrika'nın Akdeniz sahil bölgelerinde, Çin, Hindistan, Arabistan, Şili, Arjantin, Kaliforniya, Arizona ve Kuzey Meksika'da da yetiştiriciliği yapılmaktadır (Özbek 1977; Dokuzoğuz ve Mendilcioğlu 1978; Onur 1983). Nar ülkemiz için önemli bir meyve türü olarak bilinmektedir. Dünya çapında küçük ölçekte üretimi gerçekleştirilen nar meyvesinin üretimi ve ihracatında ülkemiz ilk sıralarda yer almaktadır. Ülkemiz nar üretimi için oldukça elverişli koşullara sahiptir. Son yıllarda, Türkiye'deki mevcut nar üretim ve ihracat potansiyelinin artırılması için yeni çeşitlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar önemi ön plana çıkmıştır. Son yıllarda klasik ıslah çalışmaları ile beraber biyoteknoloji çalışmalarının da birçok bitki türünde yürütülen ıslah çalışmalarına adapte edildiği gözlenmektedir. Özellikle moleküler tekniklerin ıslah süreçlerine adapte edilmesi ile sürecin kısaltılması ve erken dönemde bazı özellikler açısından seleksiyon yapılabilmesi mümkün olmaktadır (Şimşek *et al.*, 2017). Son dönemlerde hızla gelişme gösteren moleküler tekniklerin bitki ıslahında kullanımı ile birçok anlamda fayda sağlanabilmektedir. Sözü geçen bu moleküler teknikler arasında kullanım sıklığı oldukça yüksek olan SSR markırları göze çarpmaktadır. Mikrosatellitler yüksek organizmalara ait kromozomlar üzerinde ardışık olarak tekrarlanmakta olan 1-6 bp nükleotid gruplarından oluşmaktadır. SSR tekniğinde genomda tekrarlanan baz dizilerinin bulunduğu bölgeler çoğaltılır. Tekrar sayılarına göre polimorfizm oluşur ve farklı sayıdaki tekrarları temsil eden her bant, farklı bir

2 alleli gösterir. Tekrarlanan DNA'ların sağındaki ve solundaki zincirler o dizine özgüdür, yani spesifiktir. Bu dizinler SSR primerlerini dizayn etmek için kullanılarak belli bir lokus PCR ile klonlanıp çoğaltılır. SSR bir kodominant markır sistemidir. Yani heterozigot alleller homozigotlardan ayırt edilebilir ve PCR kullanımı ile allellerin jel üzerine seperasyonunun yapılmasıyla genom üzerinde belli bölgelerdeki genetik bilgilere ulaşmak mümkündür. Son yıllarda geliştirilen ve günümüzde en önemli teknolojilerden biri olarak karşımıza çıkan yeni nesil DNA dizileme teknolojileri yüksek doğrulukla, ultra hızlı dizileme yapabilmeleri sayesinde transkriptom analizi, ploidi seviyesinin belirlenmesi, moleküler markır geliştirme ve mRNA profilinin belirlenmesi gibi birçok çalışmada kullanılabilmektedir (Dönmez *et al.*, 2015). RNA dizileme gen ifadesinin kantitatif analizi için en güçlü yeni teknolojilerden biridir. Tipik bir RNA dizileme deneyinde cDNA sentezi ve sonrasında RNA karışımlarından oluşan DNA fragmentlerinin oluşturulması sağlanır. Bir veya iki uca eklenen dizi adaptörleri daha sonra her cDNA fragmentine ilave edilir ve kısa bir dizi yüksek verimli dizileme teknolojisi kullanılarak dizileme gerçekleştirilir. (Wang *et al.*, 2009). Mikrosatellit markırları bitki genetik çalışmalarında en çok bilgi sağlayan DNA tabanlı markır sistemleridir. Fakat SSR markırlarının klasik yöntemler ile geliştirilmesi zordur ve daha yüksek maliyet gerektirmektedir. Yeni nesil dizileme metodlarının en büyük avantajı genom boyunca yayılan ve gen tabanlı olan mikrosatellit lokuslarını içeren çok geniş sekans dataları sunmasıdır. Bu çalışmada, günümüzde moleküler biyoloji alanında son derece önemli hale gelmiş olan yeni nesil dizileme teknolojileri kullanılarak narda mikrosatellit bölgelerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla RNA-seq olarak bilinen RNA'nın sekanslanmasına dayalı yeni teknoloji ile çalışmalar yürütülmüş ve elde edilen diziler ile gerçekleştirilen biyoinformatik çalışmalar sonucunda DNA üzerinde tekrar eden ve mikrosatellit olarak adlandırılan bölgelerin tanımlanması sağlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Bitkisel Materyal

SSR markırlarının geliştirilmesi amacıyla iki farklı nar çeşidinde RNA sekanslama analizleri gerçekleştirilmiştir. RNA-seq analizleri için Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü nar genetik koleksiyonunda yer alan 'Hicaznar' ve '33N26' çeşitleri kullanılmıştır.

RNA İzolasyonu ve RNA'nın Kalite-Miktar Tayini

RNA-seq analizlerinin gerçekleştirilmesi için ilk olarak 'Hicaznar' ve '33N26' nar çeşitlerine ait örneklerden RNA izolasyonu gerçekleştirilmiştir. RNA izolasyonunda nar için özel olarak geliştirilmiş Zarei *et al.* (2012)'nin bildirdiği yöntem izlenmiştir. İzole edilen RNA'nın saflığı ve konsantrasyonu Nanodrop spektrofotometre ile ölçülmüştür. RNA sağlamlığı 28S ve 18S ribozomal RNA alt birimlerinin varlığı ile değerlendirilmiştir. Alt birimlerin varlığı %1 formaldehit ve etidium bromid agaroz jel elektroforezi ile 312 nm dalga boyundaki görüntüleme ile tespit edilmiştir.

RNA-seq Analizleri ve SSR Bölgelerinin Belirlenmesi

Toplam RNA ekstraksiyonunu takiben örnekler DNase I uygulaması yapılmıştır. Ardından oligo(dT)'ler kullanılarak mRNA izolasyonu gerçekleştirilmiştir. İzole edilen mRNA'lar fragmentasyon bufferi ile karıştırılıp fragmente edilmiştir. mRNA fragmentleri template olarak kullanılarak cDNA sentezi gerçekleştirilmiştir. Kısa fragmanlar EB solüsyonu ile saflaştırılmış, ayrıştırılmış ve tek adenin nükleotidi eklenmiştir. Daha sonra kısa fragmanlar adaptörlere bağlanmıştır. PCR amplifikasyonu için uygun fragmentler seçilmiştir. Daha sonra oluşturulan bu kütüphaneler Illumina HiSeq 4000 cihazı kullanılarak sekanslanmıştır.

Sekanslama sonrasında ham okumalar elde edilmiştir. İlk olarak bilinmeyen baz sıraları (N), adaptör kirliliğinden kaynaklı sıralar ve düşük kaliteli okumalar filtrelenmiş ve net okumalar elde edilmiştir. RNA-seq analizleri BGI bünyesinde gerçekleştirilmiştir.

RNA-seq sonucunda elde edilen tüm transkriptom boyunca mikrosatellit bölgeleri belirlenmiştir. SSR bölgeleri MlcroSATellite programı (MISA) (<http://pgrc.ipk-gatersleben.de/misa/>) kullanılarak belirlenmiştir. Belirlenen tekrar bölgelerinin hangi oranlarda di-, tri-, tetra-, penta-, hexanükleotidler içerdiği ve tekrar sayıları tespit edilmiştir. Ortaya çıkarılan tekrar bölgelerine dayalı SSR primerleri tasarlanmıştır.

SSR Primerlerinin Test Edilmesi

RNA-seq analizleri sonucunda elde edilen SSR markırlarından rastgele 20 tanesi, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bünyesinde bulunan 40 adet nar genotipi kullanılarak test edilmiştir. Nar genotiplerinden MiniPrep CTAB yöntemi (Edwards *et al.*, 1991) kullanılarak DNA izolasyonları gerçekleştirilmiştir. DNA'ların kalitesi ve miktarları spektrofotometre ile (NanoDrop ND 100) ölçümler yapılarak belirlenmiştir.

SSR analizlerinde RNA-seq sonuçlarından geliştirilen 20 primer çifti kullanılmıştır. Primerlere ait sekans bilgileri Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Primerlere ait sekans bilgileri.

Table 1. Sequence information of primers.

| No | Forward Primer | No | Reverse Primer |
|-----|---------------------------|-----|--------------------------|
| 1F | GTTCCATCTTTGTACGAGTCTCA | 1R | ATGCAAACAAAACACCTGAAGAT |
| 2F | AGTCCATCTTTGTACGAGTCTCA | 2R | ATGCAAACAAAACACCTGAAGAT |
| 3F | TCCATCTTTGTACGAGTCTCATT | 3R | ATGCAAACAAAACACCTGAAGAT |
| 4F | GTTCCATCTTTGTACGAGTCTCATT | 4R | ATGCAAACAAAACACCTGAAGAT |
| 5F | TCCATCTTTGTACGAGTCTCATT | 5R | ATGCAAACAAAACACCTGAAGAT |
| 6F | GGTCTGATTGGTTATGATCAGG | 6R | GTGAGTTGGGTGAGAGAAGAGG |
| 7F | GGAGGGTCTGATTTGGTTATGAT | 7R | GTGAGTTGGGTGAGAGAAGAGG |
| 8F | AGATTTCTGAGAACCTGAGGAGG | 8R | GTGAGAGAAGAGGCCAAACAGAG |
| 9F | TTAAATTCTTCTTCTGCAACA | 9R | TTCAGTTGACCTTCACTCACTCA |
| 10F | CTTCTGCAACAATCATTCTTC | 10R | TTCAGTTGACCTTCACTCACTCA |
| 11F | ATTTTCACCCTTTTCACTTCGT | 11R | TTCAGTTGACCTTCACTCACTCA |
| 12F | TTAAATTCTTCTTCTGCAACA | 12R | TCAATTCAGTTGACCTTCACTCA |
| 13F | TTAAATTCTTCTTCTGCAACA | 13R | TGATGATTAAGGGTGTCAAGGAC |
| 14F | TGGATAGTCCAATGCCAGAGTAT | 14R | TCGGTTGGGTGTATGAGAATATC |
| 15F | TGGATAGTCCAATGCCAGAGTAT | 15R | TTCTTCTCAAGGAAAAGGAAAG |
| 16F | TGGATAGTCCAATGCCAGAGTAT | 16R | TCTTCTCAAGGAAAAGGAAAGT |
| 17F | CATGCTGGATATTAGTTCGAGA | 17R | TCGGTTGGGTGTATGAGAATATC |
| 18F | CATGCTGGATATTAGTTCGAGA | 18R | GTTCCGGTTGGGTGTATGAGAATA |
| 19F | ATAAGCATCACAAAATTCACGG | 19R | CCCCTCTTCTTTTGAACCTA |
| 20F | ATAAGCATCACAAAATTCACGG | 20R | TTCCCCTCTTCTTTTGAAC |

SSR- PCR Koşulları

Bitkisel materyallerden izole edilen DNA'lar seyreltilerek sentetik olarak hazırlanmış SSR primerleri ve tüm reaksiyon komponentleri eklenerek "Thermal cycler" içerisine yerleştirilmiştir. PCR reaksiyonu toplam 20 µl (25 ng DNA, 2X PCR master mix, 2.5 mM MgCl₂, 2 µmol primer (ileri+geri), 0.8 ünite Taq DNA polimeraz, 5µl ddH₂O) olacak şekilde hazırlanmıştır. PCR amplifikasyonu; ilk denatürasyon aşaması 3 dk. 95 °C, daha sonra 1 dk 95 °C, 1 dk 55 °C, 1 dk. 72 °C (35 döngü) ve 5 dk 72 °C son polimerizasyon olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Li-Cor için Poliakrilamide Jel Hazırlığı ve Elektroforez Koşulları

Laboratuvar çalışması sonucunda elde edilen PCR ürünlerini koşmak amacıyla %6.5 poliakrilamide jel hazırlanmıştır. Jel polimerizasyonu tamamlandıktan sonra aparat Li-Cor Elektroforez cihazına yerleştirilmiştir. Cihazda, 1000 V, 35 mA, 25 W 45°C'de yaklaşık 30 dk. ön ısıtma yapılmıştır. Ardından eşit miktarda formamide yükleme bufferi eklenmiş ve PCR'da 95 °C de 4 dk denatüre edilen örneklerden 1 µl jel'e pipet yardımıyla yüklenmiştir. Daha sonra 1500 V, 35 mA, 50 W 48 °C koşullarında 1.5 saat koşturulmuştur.

Sonuçların Değerlendirilmesi

SSR analizleri sonucunda elde edilen DNA bant profilleri karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Nar genotiplerinden her primer çifti için elde edilen toplam DNA bant profilleri ve polimorfik DNA bant profilleri sayılarak polimorfizm oranları hesaplanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada kullanılan 'Hicaznar' ve '33N26' çeşitlerine ait örneklerden elde edilen RNA'lar Illumina HiSeq 4000 cihazı kullanılarak sekanslanmıştır. RNA dizilemesi gerçekleştirilen örneklerde 45.24 Mb uzunluğunda toplam ham okuma yapılmıştır. Örneklerden toplam 45 milyon baz uzunluğunda temiz okuma elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan tüm örneklerde %99'un üzerinde temiz okuma tespit edilmiştir. RNA-seq analizlerinde elde edilen okuma verilerine ait bilgiler Çizelge 2'de sunulmuştur.

Okumalar filtrelendikten sonra, temiz okumalar ile *de novo* analizlerini gerçekleştirmek için Trinity programı kullanılmıştır. Transkriptlerin kalite ölçütleri Çizelge 3'te gösterilmiştir. Örneklerde 48 binin üzerinde transkript elde edilmiştir.

Mikrosatellit Bölgelerinin Belirlenmesi

RNA-seq analizleri sonucunda iki farklı nar çeşidinde gerçekleştirilen *de novo* analizleri ile genom üzerinde tekrar eden bölgeler tespit edilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda tekrar bölgeleri içerdiği tekrar motiflerine göre sınıflandırılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen SSR tekrar sayıları ve motifleri Şekil 1'de sunulmuştur.

RNA-seq analizleri sonucunda nar bitkisi için tekrar sayıları ve motifleri belirlenmiştir. Yapılan tespitler sonucunda en yüksek tekrar motifinin 11.758 ile dinükleotid olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Şekil 1'den de görüleceği gibi 38-11758 arasında değişen sayıda farklı tekrar motifleri ortaya çıkarılmıştır.

Çizelge 2. RNA-seq analizlerinde elde edilen okuma verilerine ait bilgiler.

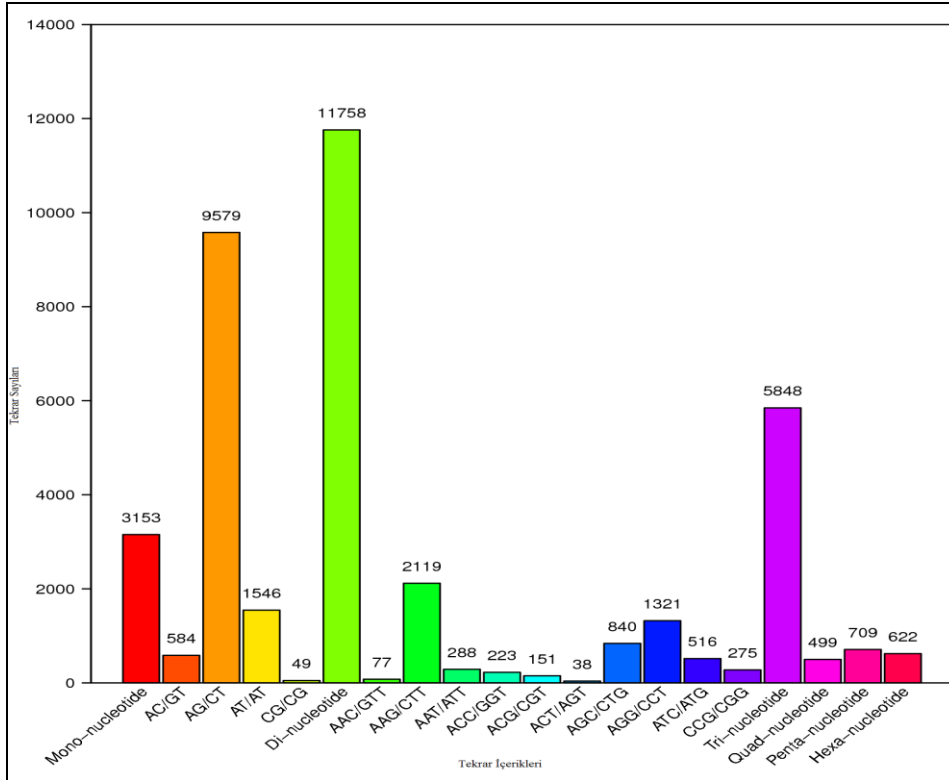
Table 2. Reading data information obtained from RNA-seq analysis.

| Örnek | Toplam Ham Okuma (Mb) | Toplam Temiz Okuma (Mb) | Toplam Temiz Baz Sayısı (Gb) | Temiz Okuma Q20 (%) | Temiz Okuma Q30 (%) | Temiz Okuma Oranı (%) |
|----------|-----------------------|-------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| 33N26 | 45.24 | 45.14 | 4.51 | 97.23 | 93.13 | 99.78 |
| Hicaznar | 45.24 | 45.14 | 4.51 | 97.65 | 93.9 | 99.78 |

Çizelge 3. Transkriptlerin kalite ölçütleri.

Table 3. Quality criteria of transcripts.

| Örnek | Toplam Sayı | Toplam Uzunluk | Ortalama Uzunluk | N50 | N70 | N90 | GC (%) |
|----------|-------------|----------------|------------------|-------|-------|-----|--------|
| 33N26 | 48.996 | 53.228.009 | 1.086 | 1.812 | 1.252 | 471 | 46.84 |
| Hicaznar | 54.011 | 60.085.573 | 1.112 | 1.869 | 1.288 | 486 | 46.55 |



Şekil 1. RNA-seq analizleri sonucunda tespit edilen tekrar sayıları ve tekrar motifleri.

Figure 1. Repetition numbers and repetition patterns determined by RNA-seq analysis.

RNA-seq analizleri sonucunda tasarlanan primerlerden rastgele seçilen 20 tanesi ile SSR analizleri gerçekleştirilmiştir. SSR analizlerinde, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'ne ait nar parselinden seçilen 40 nar genotipi kullanılmıştır. SSR analizleri sonucunda nar çeşitlerine ait DNA bant profilleri incelenmiştir. SSR analizlerinde kullanılan 20 primer çiftinin tamamından başarıyla amplifikasyon sağlanmıştır. Bu primerlerden 5 tanesi polimorfik sonuçlar vermiştir. SSR primerlerinden elde edilen DNA bant profili bilgileri Çizelge 4.'te sunulmuştur.

Ülkemiz için oldukça yüksek bir potansiyele sahip olan nar bitkisinde kısıtlı sayıda SSR markırı bulunmaktadır. Bu çalışma ile nar için yeni nesil dizileme teknolojileri kullanılarak birçok SSR markırı geliştirilmiştir. Çalışma kapsamında yalnızca di-nükleotid tekrarı içeren toplam 11758 mikrosatellit bölgesi tespit edilmiştir. Di-nükleotid tekrarlarından başka 7678 mikrosatellit bölgesinin varlığı belirlenmiştir.

Çizelge 4. SSR primerlerinden elde edilen DNA bant profili bilgileri.

Table 4. Information of DNA band profiles obtained from SSR primers.

| Primer No | Toplam bant sayısı | Polimorfik bant sayısı | Polimorfizm oranı |
|-----------|--------------------|------------------------|-------------------|
| 1 | 3 | 2 | 66.66 |
| 2 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 4 | 3 | 75 |
| 4 | 3 | 2 | 66.66 |
| 5 | 1 | 0 | 0 |
| 6 | 1 | 0 | 0 |
| 7 | 1 | 0 | 0 |
| 8 | 1 | 0 | 0 |
| 9 | 1 | 0 | 0 |
| 10 | 1 | 0 | 0 |
| 11 | 1 | 0 | 0 |
| 12 | 1 | 0 | 0 |
| 13 | 1 | 0 | 0 |
| 14 | 1 | 0 | 0 |
| 15 | 1 | 0 | 0 |
| 16 | 1 | 0 | 0 |
| 17 | 2 | 2 | 100 |
| 18 | 2 | 2 | 100 |
| 19 | 2 | 0 | 0 |
| 20 | 1 | 0 | 0 |

Yeni nesil dizileme teknolojileri yaygınlaşmadan önce klasik yöntemlerle SSR primerlerinin tasarlanması çalışmaları yürütülmüştür. Ancak, bu klasik yöntemlerde geliştirilen markır sayıları kısıtlı kalmıştır. Pirseyedi *et al.* (2010), narda SSR markırları geliştirerek moleküler karakterizasyon çalışmaları gerçekleştirmişlerdir. SSR markırları geliştirme stratejisi olarak 2'li ve 3'lü nükleotid tekrarlarını içeren hibridizasyon problemlerini kullanmışlar ve toplam 12 SSR primeri geliştirmişlerdir. Sonuç olarak araştırmacılar geliştirdikleri SSR markırlarının nar genetik çeşitliliği çalışmalarında kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Çalışmamız kapsamında ise toplam yaklaşık 19000 SSR bölgesi tanımlanmıştır. Bunlar arasından seçilen 20 tanesi de test edilmiştir. Bu testleme sonucunda 5 primer çiftinin polimorfik sonuçlar verdiği ve narda kullanılabileceği belirlenmiştir. Diğer 15 primer çiftinde ise başarılı bir şekilde amplifikasyon elde edilmesine rağmen kullanılan nar genotipleri açısından bir polimorfizm olmadığı tespit edilmiştir. Bunun sebeplerinden biri kullandığımız bitkisel materyalin dar bir genetik çeşitliliğe sahip olması şeklinde açıklanabilir. Farklı bir çalışmada ise, nar bitkisi için 11 SSR markırı geliştirilmiştir. Çalışmada farklı tekrar içeriklerine sahip problemler ile hibridizasyon çalışmaları yürütülmüştür. Geliştirilen 11 mikrosatellit primerleri Tunus'tan örneklenen 27 nar genotipinde denenmiştir. Çalışma sonucunda geliştirilen primerlerin genetik ilişki, DNA parmak izi çalışmalarında kullanılabileceğini belirtilmiştir (Hasnaoui *et al.*, 2010).

Curro *et al.* (2010), nar için mikrosatellit-AFLP tekniğini kullanarak 9 SSR markırı geliştirmişlerdir. SSR markırlarının kullanılabilirliğini tespit etmek için toplam 33 nar genotipinde DNA çalışmaları yürütmüşlerdir. Çalışma sonucunda geliştirilen SSR markırlarının, daha önce yürütülen çalışmalarda olduğu gibi düşük polimorfizm gösterdiği bildirilmiştir. Araştırmacılar tespit ettikleri düşük polimorfizm oranının, genotipler arasındaki dar genetik çeşitlilik ile ilgili olabileceğini belirtmişlerdir. Diğer bir çalışmada benzer olarak narda SSR markırları geliştirilmiştir. Çalışmada, toplam 117 mikrosatellit lokusu geliştirmişler ve bu markırların kullanılabilirliği 11 nar genotipinde test edilmiştir. Çalışmada geliştirilen 117 primerin 66'sının polimorfik, 38'inin monomorfik, geriye kalan 13 primerin ise istenilen amplifikasyonu sağlamadığı tespit edilmiştir (Soriano *et al.*, 2011). Mevcut çalışmamız kapsamında oldukça yüksek sayıda SSR bölgesi tespit edilmiştir. Bu bölgelerin ileride yürütülecek birçok moleküler çalışmada kullanılmasının önü açılmıştır.

Bu çalışma narda bu amaçla yürütülen en kapsamlı çalışmalardan bir tanesi olmuştur. Yeni nesil dizileme teknolojilerinin birçok avantajı bulunmaktadır. RNA-

seq tekniği, dizileme teknolojisinin kullanımı ile transkriptomların belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem kullanılarak yapılan çalışmalar, ökaryotik transkriptomlara bakışı değiştirmiştir. RNA-seq yöntemi, diğer yöntemlere göre transkriptlerin izoformlarının seviyelerinin çok daha hassas ölçümünü sağlar. RNA-seq tekniği yüksek düzeyde DNA sekanslamayı, transkriptomların ileri analizini, SSR/SNP tespiti ve haritalamayı mümkün kılmaktadır. RNA sekanslama tekniği şu ana kadar ortaya atılan diğer bütün tekniklerden daha üst bir ökaryotik transkriptom analizi ortaya koymaktadır. Çalışma kapsamında da RNA-seq çalışmaları ile çok yüklü dizi bilgisi sağlanmıştır. Bu dizilerde tekrar bölgeleri taranarak 19,000'in üzerinde SSR markırı geliştirilmiştir. Yeni nesil dizileme teknolojileri kullanılarak farklı bitki türlerinde de SSR markırı geliştirme çalışmaları yürütülmüştür. Zhang *et al.* (2012), yer fıstığı bitkisinin tohum gelişimi sürecinde transkriptom karakterizasyonu, *de novo* analizleri ve SSR markırı geliştirme çalışmaları yürütmüşlerdir. Bu amaçla, 3 yer fıstığı çeşidinin olgunlaşmamış tohumlarını kullanarak RNA-seq analizleri gerçekleştirmişlerdir. Toplam 100 bp'den oluşan 27 milyonluk okuma gerçekleştirmişler ve 59.077 unigen belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda toplam 3.919 mikrosatellit markırı geliştirmişler ve 160 tanesini kontrol etmişlerdir. Farklı bir çalışmada, muzda (*Musa balbisiana*) yeni nesil dizileme teknolojisi kullanarak transkriptom analizleri kullanılarak SSR markırları geliştirilmiştir. RNA-seq analizlerinde Ion Torrent platformunu kullanarak yaklaşık 4.5 milyon okuma gerçekleştirilmiştir. Biyoinformatik analizler sonucunda ortalama uzunluğu 113 bp olan 82413 transkript tespit edilmiştir. Transkriptlerin Swiss-Prot veri bankasında yapılan araştırmaları sonucunda 35783 transkript belirlenmiştir. Çalışma sonunda toplam 4780 SSR bölgesi tespit edilmiş ve toplam 2628 SSR primeri tasarlanmıştır. Bu primerler arasından rastgele seçilen 30 tanesinin etkinliği muz genotiplerinde araştırılmıştır (Backiyarani *et al.*, 2015).

SONUÇ

Bu araştırmada RNA-seq çalışmaları sonucunda 'Hicaznar' ve '33N262' nar çeşitlerine ait örneklerden elde edilen RNA'lar Illumina HiSeq 4000 cihazı kullanılarak sekanslanmıştır. RNA dizilemesi gerçekleştirilen örneklerde 45.24 Mb uzunluğunda toplam ham okuma yapılmıştır. Örneklerden toplam 45 milyon baz uzunluğunda temiz okuma elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan tüm örneklerde %99'un üzerinde temiz okuma tespit edilmiştir. *De novo* analizleri sonucunda '33N26' çeşidinde 48.996,

'Hicaznar' çeşidinde ise 54.011 transkript tespit edilmiştir. Dizileme çalışmaları sonucunda yaklaşık olarak 19,000 SSR bölgesi tespit edilmiştir. Sonuç olarak, iki farklı nar çeşidi kullanılarak RNA-seq çalışmaları yürütülmüş ve toplam 19,000 civarında tekrar bölgesi belirlenmiştir. Bu bölgeler arasında rastgele seçilen 20 SSR primeri çifti 40 farklı nar genotipinde test edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda 20 SSR primer çiftinden de başarılı bir şekilde amplifikasyon sağlandığı, bunlardan 5 tanesinin polimorfik sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. RNA-seq çalışmaları sonucunda tespit edilen SSR primer çiftlerinin ileride yürütülecek DNA parmak izi ve genetik haritalama çalışmalarında kullanılabilmesinin önü açılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje no: FBA-2016-5363).

KAYNAKLAR

- Backiyarani S., Uma S., Saraswathi, MS., Saravanakumar, AS and Chandrasekar A., 2015. Transcriptome Analysis of banana (*Musa balbisiana*) Based on next-generation sequencing technology. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 39(5): 705-717.
- Curro S., Caruso M., Distefano G., Gentile A and La Malfa S., 2010. New microsatellite loci for pomegranate, *Punica granatum* (Lythraceae). American Journal of Botany, 97: 58-60.
- Dalka Y., 2010. Hicranar ve Canernar Nar (*Punica granatum* L.) çeşitlerinde çiçeklenme döneminin meyve tutumu, pomolojik özellikler ve kalite üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Dokuzoğuz M ve Mendilcioğlu K., 1978. Ege Bölgesi nar çeşitleri üzerinde pomolojik çalışmalar. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 15(12): 133-159.
- Dönmez D., Şimşek Ö ve Aka Kaçar Y., 2015. Yeni nesil DNA dizileme teknolojileri ve bitkilerde kullanımı. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 8(1): 30-37.
- Edwards K., Johnstone C and Thompson C., 1991. A Simple and rapid method for the preparation of plant genomic DNA for PCR analysis. Nucleic Acids Research, 19(6): 1349.

- Hasnaoui N., Mars M., Chibani J and Trifi M., 2010. Molecular polymorphisms in Tunisian pomegranate (*Punica granatum* L.) as revealed by RAPD fingerprints. Diversity, 2(1): 107-114.
- Onur C., 1983. Akdeniz Bölgesi Narlarının Seleksiyonu, Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Eğitim Merkezi, Yayın No, 46, Antalya.
- Onur C., 1982. Akdeniz Bölgesi narlarının seleksiyonu. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Özbek S., 1977. Genel Meyvecilik. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 111. Adana.
- Pirsevedi SM., Valizadehghan S., Mardi M., Ghaffari MR., Mahmoodi P., Zahravi M., Zeinalabedini M and Nekoui SMK., 2010. Isolation and characterization of novel microsatellite markers in pomegranate (*Punica granatum* L.). International Journal of Molecular Sciences, 11: 2010-2016.
- Silva JAT., Meshram DT., Narzary D., Ranade SA., Rana TS and Verma N., 2013. Pomegranate biology and biotechnology: A review. Scientia Horticulturae, 160: 85-107.
- Şimşek O., Donmez D and Kacar YA., 2017. RNA-Seq analysis in fruit science: A review. American Journal of Plant Biology, 2: 1-7.
- Soriano JM., Zuriaga E., Rubio P., Llácer G., Infante R and Badenes ML., 2011. Development and characterization of microsatellite markers in pomegranate (*Punica granatum* L.). Molecular Breeding, 27(1): 119-128.
- Wang L., Feng Z., Wang X., Wang X and Zhang X., 2009. DEGseq: An R package for identifying differentially expressed genes from RNA-Seq data. Bioinformatics, 26(1): 136-138.
- Yılmaz C., 2007. Nar. Hasad Yayıncılık, İstanbul.
- Zarei A., Zamani Z., Mousavi A., Fatahi R., Alavijeh MK., Dehsara B and Salami SA., 2012. An effective protocol for isolation of high-quality RNA from pomegranate seeds. Asian and Australasian Journal of Plant Science and Biotechnology, 6: 32-7.
- Zhang J., Liang S., Duan J., Wang J., Chen S., Cheng Z., Zhang Q., Liang X and Li Y., 2012. De novo assembly and characterisation of the transcriptome during seed development, and generation of Genic-SSR markers in peanut (*Arachis hypogaea* L.). BMC Genomics, 13(90): 1-6.

Klorofil Floresan Metodu ile Ayrılan Farklı Olgunluk Dönemlerindeki Biber Tohumlarında Canlılık Parametrelerinin Tespiti

Burcu Begüm Kenanoğlu^{1*} Havva Dinler²

¹Uşak Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Uşak

²Uşak Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Uşak

Geliş tarihi (Received): 31.07.2018

Kabul tarihi (Accepted): 26.10.2018

Anahtar kelimeler:

Biber, hasat dönemleri, klorofil floresan metodu, fungus, protein miktarı

Özet. Klorofil Floresan (KF) metodu tohumları herhangi bir ıslatmaya tabi tutmadan, tohum neminde herhangi bir değişim olmadan olgun ve az olgun tohumları ayırma temeline dayanmaktadır. Bu metodun prensibi, tohumların olgunlaşma sürecinde bulundurmış olduğu klorofilin olgunlaşma gerçekleştikçe parçalanmasını baz alarak tohumlara verdiği kırmızı ışığın (670 nm) emilen ve emilmeyen kısmında yansımalarıdır. Bu çalışmada, iki farklı olgunluk döneminde hasat edilen ve Klorofil Floresan ayırma tekniği ile olgunluk durumları (az olgun yada aşırı olgun) belirlenen Çarliston, 11B14, Yağlık ve Kandil Dolma çeşitlerine ait 8 yıllık tohum partilerinin çimlenme performansı (toplam-normal çimlenme oranı %), protein miktarı (ham protein) ve fungusların tespit edilmesi amaçlanmıştır. I. hasata ait kontrol grubu tohumlarında en fazla normal çimlenme oranı (%30) yağlık çeşidinde belirlenmiş ancak depolama süresine bağlı olarak canlılık ciddi oranda azalmıştır. KF ayırımı ile klorofil değeri yüksek olarak belirlenen gruplarında ise kayda değer bir canlılık bulunmazken, klorofil değeri düşük grupta da yine Yağlık çeşidi kısmen çimlenme (%39) göstermiştir. IV. hasata ait tohum gruplarında ise; kontrol tohumlarında Kandil Dolma ve Yağlık en yüksek normal çimlenme performansı (%88-89) göstermiştir. KF ayırımı ile klorofil değeri yüksek olarak belirlenen gruplarında I. hasat tohumlarına göre daha yüksek canlılık belirlenerek, öne çıkan çeşit %63 oranı ile kandil dolma çeşidine ait tohumlar olmuştur. Klorofil değeri düşük grupta olgunluğun daha yüksek olması sebebiyle genel olarak canlılık %62-95 arasında belirlenmiştir. Protein analizi sonuçlarında; özellikle Çarliston ve Yağlık çeşitlerinde klorofil değeri düşük olan ve IV. hasata ait tohumlarda diğerlerine nazaran daha yüksek değerler elde edilmiştir. Belirlenen funguslar; *Cladosporium* spp., *Aspergillus flavus*, *Rhizopus stolonifer*, *Penicillium* spp.'dir. Çarliston, Kandil Dolma ve Yağlık biber çeşitlerinde IV. hasat tohumlarında klorofil ayırımı ile yüksek ve düşük klorofil değerleri saptanan gruplarda fungus saptanmamıştır.

*Sorumlu yazar

burcu.kenanoğlu@usak.edu.tr

Determination of the Viability Parameters in Pepper Seeds Separated by Chlorophyll Fluorescence Method at Different Maturation Periods

Keywords:

Pepper, harvest periods, chlorophyll fluorescence method, fungi, protein amount

Abstract. Chlorophyll Fluorescence (CF) is based on the separation of mature and less mature seeds without any change in seed moisture and without water uptake any seeds. The principle of this method is the reflection of the red light (670 nm) which is given to the seeds on the basis of the rupture of the chlorophyll in the ripening phase of the seeds. In this study, it was aimed to determine the germination rate, protein amounts and presence of fungal agents of 8 year old seeds of Çarliston, 11B14, Yağlık and Kandil Dolma cultivars which were harvested in two different maturity periods and their maturation stages were identified as underripe, overripe by CF separation technique. The most normal germination rate (30%) in control group of first harvest was determined in Yağlık, however, the viability rate was decreased depending on storage period. While no significant viability was found in the groups with high chlorophyll rate by CF separation, Yağlık again partly germinated (39%) in the group with low chlorophyll rate. However, in seed groups of 4th harvest Kandil Dolma and Yağlık had the highest normal germination performance (88-89%) in control groups. Higher viability rate was determined in the groups with high chlorophyll rate through CF separation compared to 1st harvest seeds and the outstanding species was Kandil Dolma seeds with 63%. Because maturity was higher in the group with lower chlorophyll rate, the viability was generally determined between 62-95%. In protein analyse, higher values were obtained in 4th harvest seeds with lower chlorophyll rates in Çarliston and Yağlık compared to the others. The determined fungal agents were *Cladosporium* spp., *Aspergillus flavus*, *Rhizopus stolonifer*, *Penicillium* spp. No fungal agents were identified in the groups determined high and low chlorophyll values through CF separation in 4th harvest seeds in all cultivars.

GİRİŞ

Ülkemizde en çok üretilen sebze domates olup, biber en çok üretilen sebzeler içerisinde 2.5 milyon ton ile üçüncü sırada olmaktadır (TÜİK 2017). Biber hem örtü altında hem de açıkta yoğun yetiştiriciliği yapılan türler arasındadır. Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2017 yılı verilerine göre Türkiye'de 945.301 ton sivri biber üretimi kayıtlı edilmiştir. Tüm sebze türlerinde olduğu gibi biber için de tohum veya tohumluk kalitesi üretimin en önemli kriteri olurken, buna bağlı olarak başarılı üretimin sağlanması için tohum kalitesi ve sağlıklı fide elde edilmesi gerekir. Birçok sebze türünde önemli ölçüde verim ve kalite kayıplarına viral, fungal ve bakteriyel hastalık etmenleri ile nematotlar gibi biyotik faktörler neden olabilmektedir. Tüm üretim alanlarında önemli zararlara neden olan bu patojenler gerek tohum gerekse fide ile taşınabilir ve bitkide kök hasarlarına, vejetatif aksamda küçülme, gövdenin ince ve zayıf olması, yetersiz çiçeklenme, meyvede kalite kayıplarına neden olabilir. Erken yada geç hasatlar ekolojik faktörlere de bağlı olarak zayıf çimlenme ve tohum gücüne yol açmaktadır (Delouche 1980).

Tohum olgunlaşma döneminde tohum nem içeriği ve yaş ağırlık azalırken, kuru ağırlık az oranda artış gösterir. Ancak tohumda olgunlaşma olmadan tohumun çimlenme özelliği kazanabildiği belirlenmiştir. Gelişmenin ilk dönemlerinde ana bitkiden ile dokulardan ayrılan embriyolar çimlenme ortamında kökçük çıkışı görülmüştür. İlk olarak çimlenme özelliğini kazanan embriyonun, daha sonra sırayla kuruma toleransı, tohum gücü ve depo ömrü özelliklerini kazandığı ifade edilmiştir (Bradford 2004). Döllenen sonra tohum gelişimi sırasında meydana gelen nem içeriğindeki azalma ve kuru ağırlık artışının hangi oranda meydana geldiği çevre faktörlerine ve türlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Fide üretiminde kalite kaybı; hasat zamanlarından kaynaklı olgunluk farklılıkları, tohum canlılığının depolama ve yaşlanma ile azalması, üretim ve buna bağlı içsel ve dışsal faktörlerin toplamından kaynaklanan tohum gücü kayıpları oluşabilir. Biber türünün sürekli çiçeklenen bir yapıya sahip olması sonucu farklı olgunluklardaki meyvelerden hasat edilen tohumların aynı tohum partisinde olabilmektedir. Kademeli çiçeklenme sonucu meyveler farklı olgunluklarda olduğu için tohumun olgunluk seviyesi değişmektedir. Az olgun tohumlar yavaş çimlenmekte ve zayıf fideler meydana getirerek popülasyonun genel performansını düşürmektedir. Fide sektöründe özellikle çimlenmeyen her tohum için harcanan enerji, torf, serada ayrılan yer, işçilik gideri üretim kaybı ve masraf oluşturmaktadır. Harrington'un hipotezinden farklı olarak tohum

kalitesinin maksimum düzeye ulaştıktan sonra düşmediği ve bu türlerde geç hasatlarda yüksek olan tohum nem içeriğine bağlanabileceği kaydedilmiştir (Demir 1994).

Ticari amaçlı üretilen tohumların üretim fazlası, genetik, ekolojik, fizyolojik veya ekonomik gibi çeşitli nedenlerle depolanması gerekmektedir. Ancak depolama sırasında başta canlılık ve güç kaybı gibi fizyolojik ve biyokimyasal değişimler ortaya çıkmaktadır. İdeal depo koşulları tohumlarda canlılık ve güç kaybı olmadan ya da en az kayıp olacak şekilde ayarlanarak yapılmalıdır. Fiziksel ve kimyasal bazı teknikler kullanılarak yanılma ihtimali olması yanında tohum canlılığı belirlenebilmektedir. Tohumda fizyolojik ve fiziksel bozulma süreci tam olarak bilindiği takdirde tohum canlılığı tohuma zarar vermeden değerlendirilebilir. Özellikle Klorofil Floresan metodu gibi tekniklerle tohum partilerinde ölü yada ham tohumların elimine edilmesi ile çiftçi üretimde kullandığı tohumun sağlamlığı konusunda endişe duymamaktadır. Tohumun olgunlaşma sürecinde gösterdiği önemli bir değişiklik erken gelişme dönemindeki klorofil miktarının hızla parçalanması ve tam olgunlukta çok az ya da tamamen kaybolmasıdır. İlk kez kolza tohumlarında yağ kalitesinin saptanması amacıyla klorofildeki değişim ve tohum olgunluğu arasında yakın bir ilişki bulunmuştur (Ward *et al.*, 1995). Havuç ve soya fasulyesinde tohumun kapsadığı klorofil miktarı tohumun canlılık değerleri ile negatif bir ilişki göstermiştir (Kwong 1991). KF metodu, 2000'li yılların başında saptanan tohumların olgunlaşma sürecinde içinde bulundurmuş olduğu klorofilin olgunlaşma gerçekleştikçe parçalanmasını baz alarak tohumlara verdiği kırmızı ışığın (670 nm) emilen ve emilmeyen kısmında yansımaları esasına dayanan bir metottur (Jalink *et al.*, 1996). Metodun temelinde klorofil miktarı ile kalite arasında negatif bir ilişki bulunmaktadır; daha fazla klorofil daha düşük kaliteyi daha az klorofil ise daha yüksek kaliteyi temsil etmektedir. Klorofil floresan ölçümü, tohumdaki klorofil a (klorofil b den daha hızlı parçalanır) miktarının ölçümünün tohuma zarar vermeden yapılması esasına dayanır. Olgunlaşma süresince tohum ve tohum kabuğundaki klorofil miktarı düşer, böylece kalite artar. Bu yüzden tohum kalitesi, tohumdaki klorofil miktarı ile ilişkilendirilmiştir.

Tohum kalitesinde çimlenme performansının yanında tohum kaynaklı patojenlerin etkisi de yadsınmaz. Tohum partisindeki ham tohumların fazla oranda bulunması ile patojen varlığını düşük çimlenme oranının sebebidir (Noots *et al.*, 1998). Çimlenmenin

fizyolojik tahmini yapılabilmesine rağmen tohum kaynaklı patojenler tohuma zarar vermeden belirlenmemektedir. Mikrobiyal durum çimlenme oranı ve kalite ile etkileşim halindedir (Schwarz *et al.*, 1995). Tohum kalitesinde belirleyici olan maksimum çimlenme ve normal fide oranı yanında tohumun patojen ile enfekteli olup olmamasıdır. Ülkemizde yetiştiriciliği yapılan birçok üründe olduğu gibi, sebzelerde de (biber, domates, hıyar, kabak vs.) verim ve kaliteyi sınırlayan faktörler arasında birçok fungusun oluşturduğu hastalıklar önemli bir yere sahiptir. Bu hastalıklardan bir kısmı üretim aşamasında tohum ile birlikte taşınmakta, hasat ve harman sırasında hastalıklı tohumlar ile sağlıklı tohumlar karışıp tarladan tarlaya geniş alanlara yayılmaktadır. Dolayısıyla yetiştiricilikte tüm kültürel önlemler (toprak işleme, gübreleme, sulama vb.) en iyi şekilde yapılsa bile ürün miktarının ve kalitesinin artmasında kullanılan tohumun niteliği önemlidir. Kaliteli tohumluk kullanmanın üründe %20-25 oranında verim artışları sağladığı bildirilmiştir (Şehirli 1989). Tohum kaynaklı patojenlerin neden olduğu; tohumun çimlenme yeteneğinin azalması veya tamamen yok olması, tohumda meydana gelen biyokimyasal reaksiyonlar, toksin oluşumu, tohumlarda renk ve şekil değişiklikleri ve dolayısıyla meydana gelen çürümeler vs. ürün miktarının (%15-30) azalmasına neden olmaktadır (Neergaard 1988).

Bu çalışmada, iki farklı olgunluk döneminde hasat edilen ve Klorofil Floresan ayırım tekniği ile olgunluk durumları (az olgun yada aşırı olgun) belirlenen Çarliston, 11B14, Yağlık ve Kandil Dolma çeşitlerine ait 8 yıllık tohum partilerinin çimlenme performansı (toplam-normal çimlenme oranı %), protein miktarı (ham protein) ve fungusların tespit edilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Araştırma Uşak Üniversitesi Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi Araştırma Laboratuvarında 2017-2018 yıllarında yürütülmüştür. Bu çalışmada, 2 farklı olgunluk (I. Hasat: ham tohum dönemi, IV. Hasat: olgun tohum dönemi) döneminde hasat edilen ve KF metodu ile olgunluk durumları (az olgun (yüksek klorofil) yada aşırı olgun (düşük klorofil) belirlenen Çarliston, 11B14, Yağlık ve Kandil Dolma çeşitlerine ait +4 °C de buzdolabında hermetik ortamda depolanmış 8 yıllık tohum partileri kullanılmıştır.

Tohum Partilerinin Başlangıç Canlılıklarının Belirlenmesi

Tohum partilerinin başlangıç canlılıklarının belirlenmesi amacıyla tüm tohum partilerinde standart

çimlendirme testi yürütülmüştür. Bütün tohum partileri 4x50 tekerrür x tohum üzerinden canlılık testine tabi tutulmuş ve başlangıç canlılıkları belirlenmiştir. Nemlendirilmiş kurutma kağıdı arasında, karanlık ortamda, 25 °C'de 14 gün tutularak günlük sayımlar yapılmıştır. Ayrıca normal gelişmiş fide oranı da saptanmıştır. Uluslararası Tohum Test Birliği (ISTA 2003) kurallarına göre toplam ve normal fide oranı çimlenme kriteri olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 1. Kandil Dolma çeşidinin farklı hasat dönemleri.

Figure 1. Kandil Dolma cultivar's different harvest periods.

Ortalama çimlenme zamanı:

Ortalama çimlenme zamanı, çimlendirme denemesi sırasında yapılan günlük sayımlardan elde edilen değerlerle aşağıdaki formülden yararlanılarak gün olarak hesaplanmıştır (Demir *et al.*, 2008).

$$OÇZ = \frac{\sum n.D}{\sum n}$$

Çiçitlikte; OÇZ: Ortalama çimlenme zamanı n: D. günde çimlenen tohum sayısı

Protein Analizi

Tohum partilerine ait ham protein (HP) değerleri, toplam azotun Kjeldahl yöntemiyle yapılmıştır (AOAC 1998).

Yaş yakma

1 mm'lik elekten geçecek şekilde öğütülmüş tohum numunesinden 0.5 g tartılarak kjeldahl tüpüne konulmuş, 15 ml %98'lik sülfirik asit ve 1 adet kjeldahl tableti eklendikten sonra tüpler kjeldahl aygıtının yaş yakma kısmına yerleştirilmiştir. Aygıtın ısıtıcısı çalıştırılarak 410 °C'ye kadar dereceli olarak ısıtılmış ve sıcaklık 410 °C'de sabit kalacak şekilde tüp içeriği berrak yeşilimsi renk alana kadar ısıtma işlemi devam edilmiştir. Isıtıcının çalışması ile eş zamanlı olarak kaynama esnasında buharlaşan sülfirik asiti ortamdan uzaklaştırmak için vakum sistemi de çalıştırılmıştır. İstenilen berrak yeşil renk elde edildikten sonra cihaz kapatılmış ve tüpler soğumaya bırakılmıştır.

Destilasyon

Yaş yakma sonrası soğuyan tüpler 50-60 ml saf su ile sulandırılarak destilasyon makinesinin büyük

tüplerine aktarılmış ve destilasyon cihazına yerleştirilmiştir. Destilasyon tam otomatik cihazda yapılmıştır. %40'lık 60 ml NaOH kullanılmıştır. Elde edilecek destilatın toplanacağı ve 25 ml %4 lük borik asit içeren erlen cihazın toplayıcı kısmına yerleştirilmiş ve destilat 150 ml oluncaya kadar destilasyona devam edilmiştir.

Titrasyon

Titration 0.1 N Hidroklorik asit ile yapılmıştır. Titrasyonda harcanan Hidroklorik asit miktarı ml olarak belirtilmiştir. Hesaplama aşağıdaki şekilde yapılmıştır:

$$\%Ham\ protein = \frac{6.25 \times 14.01 \times 0.1 \times (a - b)}{c} \times 100$$

Eşitlikte;

a: Titrasyon da harcanan HCl miktarı, ml

b: Kör denemde titrasyonda harcanan HCl miktarı, ml

c: Kullanılan HCl konsantrasyonu (N)

Fungusların Tespiti

Çarliston, 11B14, Yağlık ve Kandil Dolma çeşitlerine ait, KF ölçümleri yapılmış ve ayırım yapılmamış tohum örneklerinde fungal etmenlerin tespiti ve tanılanması için agar plate (AP) yöntemi kullanılmıştır. Tohumlarda gelişen fungal etmenleri belirleyebilmek için, fungal mikroorganizmaların besi yerinde oluşturduğu hif, miselyum ve koloni gelişimleri dikkate alınmıştır. İzole edilen funguslar, teşhis için morfolojik özellikleri bakımından x 40 büyütme ışık mikroskopunda ayrı ayrı incelenerek, cins ve/veya tür düzeyinde tanılamaları, Raper and Fennell 1965; Von Arx 1970; Barnett and Hunter 1972; Neergaard 1988; Domsch *et al.*, 1980'e göre yapılmıştır.

AgarPlate yöntemi

Bu yöntemde yüzey dezenfeksiyonu yapılmış tohumlar kullanılmıştır. Yüzey dezenfeksiyonu için, biber tohumları %1'lik NaOCl' de 1 dk tutulduktan sonra 3 kez steril saf sudan geçirilerek steril kurutma kağıtları arasında kurutulmuştur. Yüzey sterilizasyonu yapılmış ve yapılmamış tohumlar, streptomycin (0.1 g l⁻¹) içeren PDA ortamı üzerine 25 adet olmak üzere eşit aralıklarla ekimi yapılmıştır. Daha sonra petri kapları 22±2°C 7 gün inkubasyona bırakılmıştır. Deneme 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 25 tohum olacak şekilde kurulmuştur. Biber tohumlarında fungal mikroorganizma bulaşıklık oranı, incelenen tohum sayısındaki, fungal mikroorganizma ile bulaşık tohum sayısı tespit edilerek, aşağıda belirtilen formüle göre tespit edilmiştir.

$$Bulaşıklık\ oranı = \frac{Fungal\ mikroorganizma\ ile\ bulaşıklık\ oranı}{incelenen\ tohum\ sayısı} \times 100$$

İstatistiksel Analiz

Çalışmada yer alan çimlendirme ve protein analizleri tesadüf parselleri deneme desenine uygun olarak yürütülmüştür. SPSS paket programında aralarında istatistiksel olarak fark bulunan tohum partileri Duncan (0.05) testi ile ayırt edilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Tohum kuru madde miktarı ve tohum kalitesi ile ilgili olarak domateste yapılan çalışmada, maksimum tohum kalitesinin bir göstergesi olan en yüksek depolama ömrünün, tohum kuru maddesinin en yüksek seviyeye ulaştığı dönemden (döllenmeden 70 gün sonra) 1-2 hafta sonra meydana geldiğini belirtilmiştir (Demir and Ellis 1992). Geciken hasatlar ile tohum ana bitki üzerindeyken yaşlanabilmekte ise de yapılan uygulamalar (tohum işleme teknikleri, depolama vb.) başlayan yaşlanma sürecini değiştirmektedir. Tohumda kalite kaybı olarak ifade edilen yaşlanmanın sonu tohumun ölümü olarak ifade edilmektedir (Khanal 1990). Havuç tohumlarında optimum hasat zamanını belirlemek için yapılan çalışmada; olgunlaşma süresince havuç tohum kabuğundaki klorofil miktarında azalma ile bu süreçte tohum rengi yeşilden kahverengiye döndüğü belirlenmiştir (Steckel *et al.*, 1989). Çalışmamızda, I. hasatta KF ayırımı yapılmayan kontrol gruplarını türler bazında karşılaştırsak en iyi performans Yağlık çeşidinde elde edilirken tüm türlerde canlılık %11-39 arasında bulunmuştur. Depolama süresince bu az olgun (I. hasat) tohum gruplarında canlılık ciddi oranda azalmıştır. KF ayırımı ile belirlenen KF düşük olan depolanmış tohum gruplarında canlılık Çarliston ve 11B14 çeşitlerinin tohumlarında canlılıkta artış belirlenmiştir. IV. hasat tohum gruplarında ise canlılık %49-89 arasında bulunurken, KF ayırımı ile canlılık %10 (KF düşük (↓) grupta) artmıştır (Çizelge 1). KF analiz dağılımına göre olgunluk dönemi ilerledikçe Klorofil Floresan değeri azalmış ve IV. dönemin hasat için uygun olduğu tespit edilmiştir. Klorofil içeriğindeki düşüş, tohumun çimlenme performansını yükseltmiştir. Klorofil floresan ayırımı IV. hasat dönemine (olgunluk sürecine) ve depo koşullarına bağlı olarak önemli düzeyde anlamlı bulunmuştur (P≤0.05).

Lahana tohumlarında bu durum renklenme olarak adlandırılırken, tür ve çeşide bağlıdır. Ayrıca kolza ve turp tohumlarında da olgunluk ve klorofil miktarı arasında ilişki belirlenirken, turp tohumlarında da, kuru tohumlar ezilip ekstrakte edildikten sonra 625, 665 ve 705 dalga boyundaki ışığı soğurması ile klorofil içeriğine bakılmıştır. Ayrıca, turp tohumlarının nem

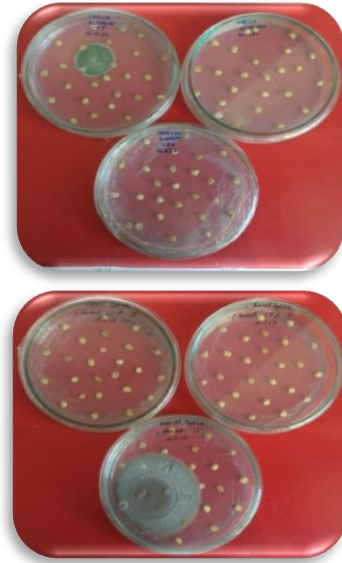
kapsamı %10 ve üzerine çıktıkça mevcut klorofil miktarı da artış göstermiştir. Olgunluk hormonu olan etilen üretiminin turp ve kanola kotiledonlarındaki klorofile etkisi ise net olarak bulunmamıştır (ISO 1992; Ward *et al.*, 1995; Ward *et al.*, 1992).

Çalışmamızda, ortalama çimlenme zamanı sonuçlarına göre KF ayırımı özellikle ham dönem (I.hasat) hasadında daha belirgin avantaj göstermiştir. Ancak olgun dönemde hasat (IV. hasat) ile elde edilen tohumlarda KF ayırımı ile belirlenen KF↑grup en geçici olarak belirlenmiştir (Çizelge 2.)

Yağlık çeşidinde KF ayırımı yapılmış 4. hasat tohumlarında klorofil miktarı yüksek olan grupta fungal etmenler tespit edilirken, klorofil düşük olan olgun grupta tespit edilmemiştir. Kandil Dolma çeşidinde 1. hasat döneminde alınan ham tohumlarda KF ayırımı patojen açısından belirgin bir fark ortaya koymamıştır (Şekil 2).

Çarliston biber çeşidinde 1.hasat döneminde KF ayırımı yapılan ve klorofil miktarı yüksek bulunan tohumlarda patojen tespit edilmiştir. Agar plate ortamına ekim yapılan tohumlara yüzey sterilizasyonu uygulanmış olup, testadaki etmenler elimine edilmiştir. Ancak 11B14 biber çeşidinde ise klorofil miktarı düşük

olmasına rağmen fungal bulaşıklık görülmüştür (Şekil 3).



Şekil 2. Agarplate yöntemiyle fungal etmenlerin belirlenmesi.

Figure 2. Fungal agents determined on pepper seeds by agarplate method.

Çizelge 1. KF ayırımı yapılmış ve yapılmamış biber tohum partilerinde çimlenme oranları(%).

Table 1. Germination rates in pepper seed parties with and without CF(%).

| Çeşitler | Kontrol | | I.hasat | | | | Kontrol | | IV.hasat | | | | Ort. | |
|---------------------|-------------|------|---------|----|-------------|-----|---------|------|----------|------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| | | | KF↑ | | KF↓ | | | | KF↑ | | KF↓ | | | |
| | Tç | Nç | Tç | Nç | Tç | Nç | Tç | Nç | Tç | Nç | Tç | Nç | Tç | Nç |
| Kandil dolma | 19b | 15b | 0b | 0b | 13b | 2b | 89a | 88a | 71a | 63a | 95a | 91a | 47.8a | 43.2a |
| Çarliston | 28a | 17b | 8a | 4a | 32a | 15b | 83a | 82a | 40b | 29b | 91a | 90a | 47a | 39.5a |
| 11B14 | 11b | 8b | 0b | 0b | 31a | 20a | 49b | 44b | 7c | 7c | 65b | 62b | 27.2b | 23.5b |
| Yağlık | 39a | 30a | 4ab | 4a | 39a | 27a | 89a | 89a | 53b | 44ab | 96a | 95a | 53.3a | 48.2a |
| Ort. | 24.3 | 17.5 | 3 | 2 | 28.8 | 16 | 77.5 | 75.8 | 42.8 | 35.8 | 86.8 | 84.5 | | |

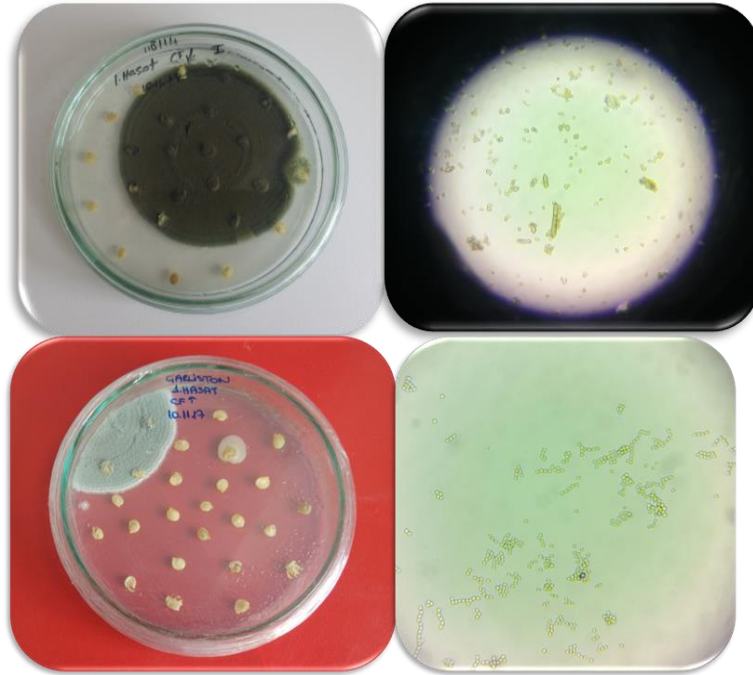
*Farklı harfler farklılıkların önemini $P \leq 0.05$ düzeyinde göstermektedir (Duncan test). Harflendirmeler aynı sütundaki grup karşılaştırmasına aittir. * KF↑: Klorofil floresan değeri yüksek değer. Tç: Toplam çimlenme, Nç: Normal çimlenme.

Çizelge 2. KF ayırımı yapılmış ve yapılmamış biber tohum partilerinde ortalama çimlenme zamanları (gün).

Table 2. Mean germination times (day) in pepper seed parties with and without CF.

| Çeşitler | Kontrol | I. hasat | I. hasat | Kontrol | IV.hasat | IV.hasat |
|---------------------|---------|----------|----------|---------|----------|------------|
| | | KF ↑ | KF ↓ | | KF ↑ | KF ↓ |
| Kandil dolma | 4a | 0b | 6b | 2a | 3a | 2a |
| Çarliston | 3.5a | 5a | 3a | 2a | 4a | 2a |
| 11B14 | 6b | 0b | 3a | 3a | 6b | 3a |
| Yağlık | 3a | 6a | 3a | 2a | 4a | 2a |
| Ort. | 4 | 2.8 | 3.8 | 2.3 | 4.3 | 2.3 |

*Farklı harfler farklılıkların önemini $P \leq 0.05$ düzeyinde göstermektedir (Duncan test). Harflendirmeler aynı sütundaki grup karşılaştırmasına aittir. * KF↑: Klorofil floresan değeri yüksek değer. Tç: Toplam çimlenme, Nç: Normal çimlenme.



Şekil 3. I. hasat dönemine ait biber tohumu partilerinde agarplate tekniği ile belirlenen *Cladosporium* spp.ve *Penicillium* spp. etmenleri.

Figure 3. *Cladosporium* spp. and *Penicillium* spp. factors determined by agarplate technique in I. harvest pepper seeds.

Konstantinova *et al.* (2002) arpa tohumları ile yaptıkları çalışmada, klorofil floresan sinyali ile patojen varlığı arasında bağlantı bulunmuştur. Yüksek klorofil içeriği enfeksiyon oranını arttırmıştır. Enfekteli tohumda gerçekleşen klorofil parçalanması ile patojen varlığı arasındaki ilişki tam açıklanamamakla birlikte, arpa tohumunun klorofil sınıflandırması ile ham ve hasta tohumların ayrılabilmesi ile tohumların çimlenme kalitesi arttırılmıştır. Klorofil Floresan ayırım tekniği bazı türlerde tohum sağlığının iyileştirilmesi ve sağlıklı tohumların saptanması amacıyla da kullanılmıştır. Yüksek klorofil kapsamı ile populasyondan ayrılan tohumların aynı zamanda populasyonun ekimden sonra daha sağlıklı bitkilerin oluşmasına yardımcı olmuştur. Tohumların klorofil miktarına göre ayırımı ile populasyonun kalitesi artarak fiziksel sanitasyon koşullarına dayanımlarını arttırmış ve dolayısıyla da hastalık riski olan tohumların ortamdaki uzaklaştırılarak daha sağlıklı bir partinin oluşturulması sağlanmıştır (Konstantinova *et al.*, 2002). Yapılan bir çalışmada; az olgun tohumlardan oluşan farklı olgunluk ve morfolojik yapıya sahip ticari karnabahar ve havuç tohum partileri KF ayırımına göre farklı seviyelerde 3 olgunluk dönemine ayrılmıştır (Jalink *et al.*, 1998). KF yöntemiyle; tohum partisinden ayrılan ham tohumların, daha sık enfekte olduğu görülmüştür. Buna göre tohumların mümkün olduğunca olgun dönemde hasat edilmesi ve az olgun tohumların işleme sırasında elemine edilmesi gerekir. Klorofil

Floresan seviyesine göre ayrılan tohumlarda işleme sırasındaki kalite yükseltilmiş olacaktır.

KF ayırımı yapılmış olan biber tohumlarında patojen tespiti için agarplate yöntemi kullanılmış ve genel olarak tohumlardan *Penicillium* spp., *Rhizopus* spp., *Aspergillus flavus* ve *Cladosporium* spp. izole edilmiştir (Çizelge 3). I. hasat ve IV. hasat KF ayırımı (klorofil miktarı düşük/yüksek) sonrasında tohumlara yüzey sterilizasyonu yapıldığından testta kaynaklı patojen varlığı olma ihtimali düşürülmüştür. Ancak I. hasatta klorofil miktarı düşük olsa dahi yine de depo etmenleri izole edilmiştir. IV. hasatta Charleston ve 11B14 biber çeşitlerinde tohum kaynaklı olarak *Cladosporium* spp. izole edilmiştir (Çizelge 3). Çalışmamızda, fungusların büyük bir kısmının embriyodan çok tohum kabuğunda bulunduğu ortaya çıkmıştır. Farklı araştırmacılar tarafından sebze tohumlarıyla ilgili fungal etmenlerin tespitine yönelik yapılan çalışmalarda, Hindistan'dan ithal edilen biber tohumlarında blotter ve agar metodu kullanarak fungal etmenler incelenmiştir. Çalışmada *Absidia corymbifera*, *Acremonium fusidioides*, *Aspergillus tamarii*, *Blakeslea* sp., *Cephalophora irregularis*, *Cladosporium accacicola*, *Scopulariopsis* sp., *Streptomyces* sp., *Tritirachium* sp., ve *Ulocladium tuberculatum* fungusları biber tohumlarında tespit edilmiştir (Sharfun *et al.*, 2004). Solanaceae familyasına ait depolanan sebze tohumlarında (domates, patlıcan, dolmalık biber ve kırmızı biber) yapılan bir çalışmada;

fungus flora tespit edilmiştir. Dolmalık biber ve kırmızıbiber tohumlarında tespit edilen *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea* ve *Myrothecium verrucaria*'nın tohumlarda patojen olduğu bildirilmiştir (Nishikawa et al., 2006). Yine yapılan başka çalışmalarda ise bamyaya ve domates tohumlarında *Alternaria* spp., *Fusarium* spp. ve *Aspergillus* spp. (Al-Kassim et al., 2000), salatalık tohumlarının embriyo, kotiledon, testa kısmından *Macrophomina phaseolina* (Sultana et al., 2009), kavun tohumlarında, en baskın tür sırasıyla *Aspergillus niger*, *Rhizopus stolonifer* ve en az oranda *Aspergillus flavus* (Chiejina 2006) izole edilmiştir. Habib et al. (2007), yerel tohum satılan işletmelerden toplanılan farklı patlıcan çeşitlerinden *Alternaria alternata*, *Aspergillus flavus*, *Culvularia lunata*, *Fusarium oxysporum* ve *Fusarium solani* tespit etmişlerdir. Ayrıca çalışmada; *Epicoccum*, *Mucor* ve *Penicillium*'un bazı saprofitik ve patojen olmayan türleri de izole edilmiştir.

Ayrıca ülkemizde son yıllarda yapılan bir çalışmada da; Konya'da semt pazarından satın alınan bazı sebze tohumlarındaki (bamyaya, biber, domates, ıspanak, kabak, karpuz, kavun, marul, pırasa ve salatalık) fungal floranın tespiti ve tanılanması için blotter ve agar yöntemleri kullanılmıştır. Temin edilen örneklerde blotter yönteminde, patojen fungus cins veya tür sayısının, agar yöntemine göre daha az olduğu belirlenmiştir. Domates ve marul tohumunda *Botrytis cinerea*, bamyaya tohumunda *Pythium* spp.; biber tohumunda *Sclerotinia* spp.; hıyara, kabak ve kavunda *Fusarium solani*; ıspanak ve pırasa tohumunda *Fusarium culmorum* ve kavun tohumunda ise, *Macrophomina phaseolina* olduğu belirlenmiştir.

Karpuzda *Alternaria* spp. en yaygın fungus cins veya türü olarak tespit edilmiştir. Özellikle saprofit türler olan *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. ve *Rhizopus stolonifer* blotter ve agar yönteminde bütün sebze tohum örneklerinde görülmüştür (Er 2010). Uşak ili örtü altı sebze alanlarında bazı sebze tohumlarında (bamyaya, patlıcan, domates, biber, hıyara, fasulye, börülce, bezelye vb.) fungal patojenlerin tespit edilmesi amacıyla *in-vitro* koşullarda bir çalışma yürütülmüştür. Tohum kaynaklı fungal floranın tespit edilmesinde Uluslararası Tohum Testi Birliği tarafından önerilen deep-freezing blotter ve agar yöntemi kullanılmıştır. Sebze tohumlarında genellikle *Aspergillus niger*, *A.flavus*, *Penicillium digitatum*, *Pythium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Fusarium* sp. *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp. ve *Rhizopus stolonifer* etmenleri tespit edilmiştir (Dinler and Günay 2018).

Agarplate yönteminde KF ayırımı yapılmış olan tüm biber çeşitlerinde (Çarliston, 11B14, Yağlık ve Kandil Dolma) fungal etmenlerin varlığı homojen olmamıştır. Dolayısıyla çeşidin, fizyolojik koşulların ve çevresel faktörlerin etkisinin de tohumdaki bu durumu etkilediği düşünülmektedir (Çizelge 4).

Kavunda tohum gelişiminin tohum kalitesi üzerine etkisinin ortaya konması için yapılan başka bir çalışmada, hasat sırasında henüz olgunlaşmamış olan tohumların çimlenme oranlarının düşük olmasına rağmen bu tohumlarda yapılan kısa süreli depolama ile olumlu etkilerin kazanıldığı belirtilmiştir (Oluoch and Welbaum 1996). Ancak %6 nem ve 10°C'de yapılan 6 yıl depolama sonrasında henüz olgunlaşmamış tohumların, olgun tohumlara göre canlılıkları daha düşük olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3. Agarplate yöntemiyle biber tohumlarında saptanan fungal etmenlerin bulunma oranları (%).

Table 3. Isolated fungal agents from pepper seeds by agarplate method of occurrence percentage (%).

| Fungal Etmenler | Bulunma Oranları (%) | | | | | |
|---------------------------|----------------------|-----|---------|-----------|-----|---------|
| | I.Hasat | | | IV. Hasat | | |
| | KF↑ | KF↓ | Kontrol | KF↑ | KF↓ | Kontrol |
| Çarliston | | | | | | |
| <i>Penicillium</i> spp. | 1.3 | - | - | - | - | - |
| <i>Cladosporium</i> spp. | | | | | 1.3 | |
| 11B14 | | | | | | |
| <i>Penicillium</i> spp. | 1.3 | - | - | - | - | 1.3 |
| <i>Aspergillus</i> flavus | - | 1.3 | - | - | - | - |
| <i>Cladosporium</i> spp. | | 1.3 | | | 1.3 | |
| <i>Rhizopus</i> spp. | | 1.3 | | | | |
| Yağlık | | | | | | |
| <i>Penicillium</i> spp. | - | 1.3 | - | - | - | - |
| <i>Aspergillus</i> flavus | - | - | - | 1.3 | - | - |
| Kandil dolma | | | | | | |
| <i>Penicillium</i> spp. | - | - | 1.3 | - | 1.3 | - |

Çiçeklenmeden 50-55 gün sonra tam olgun dönemde hasat edilen tohumlarda, yüksek sıcaklık (45°C) ve nemde (%21) 3 gün süre ile yapılan hızlandırılmış yaşlandırma testi sonucunda yüksek tohum gücü elde edilmiştir.

Depolama süresince tohumda meydana gelen bozulmalar, serbest radikallerin oksidatif zararlanma ile protein, nükleik asit ve membranda hasara neden olur (De Vos *et al.*,1994). Çalışmamızdaki protein sonuçlarına göre; KF ayırımı ile elde edilen tohum gruplarının önemli farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Charleston çeşidi hariç diğer çeşitlerin 4. Hasat KF↓ olarak ayrılan tohumları en fazla ham protein değerine sahip olmuştur. Bu sonuç çimlenme performanslarını teyit eder şekildedir. Canlılığı en fazla kaybeden yani düşük olan 1. hasat tohumlarının sonuçlarına

bakıldığında protein sentezinin depolama sonrası önemli düzeyde yavaşladığı görülmüştür (Çizelge 4).

SONUÇ

Tohum kalitesini değerlendirme ve sınıflandırma için kullanılan birçok yöntemin temel olarak amacı; fiziksel ve kimyasal özelliklerdeki fark tohum gücü ve çimlenme parametreleri ile olan ilişkisini belirlemektir (McDonald 1998). Klorofil Floresan yöntemi ise daha hızlı ve hasarsız tohum ayırma tekniğidir. Klorofil Floresan ayırma tekniği için USA patentli türler; lahanalar, turp, kereviz, arpa, pirinç, soya, havuç, şeker pancarı, domates, biber, hıyar, kavun, menekşe, camgüzeli, sardunya ve çuha çiçeğidir. Tekniğin ilk kullanıldığı türlerden biri lahanadır ve lahanalar tohumlarında klorofil

Çizelge 4. Protein analiz sonuçları.

Table 4. Protein analysis results.

| Çeşitler | Hasat dönemi | KF Ayırımı | Protein miktarı (ort.) | |
|--------------|--------------|------------|------------------------|----------------|
| Yağlık | IV. hasat | Kontrol | 21.99 | |
| | | KF↑ | 20.02 | |
| | | KF↓ | 21.05 | |
| | | | | 21.02a |
| | I. hasat | Kontrol | 18.39 | |
| | | KF↑ | 18.49 | |
| KF↓ | | 18.41 | | |
| Ort. | | | 18.43ab | |
| Kandil Dolma | IV. hasat | Kontrol | 17.76 | |
| | | KF↑ | 16.48 | |
| | | KF↓ | 19.04 | |
| | | | | 17.76b |
| | I. hasat | Kontrol | 18.96 | |
| | | KF↑ | 16.90 | |
| KF↓ | | 18.17 | | |
| Ort. | | | 18.01b | |
| Charleston | IV. hasat | Kontrol | 20.88 | |
| | | KF↑ | 20.43 | |
| | | KF↓ | 20.26 | |
| | | | | 20.52a |
| | I. hasat | Kontrol | 18.83 | |
| | | KF↑ | 20.00 | |
| KF↓ | | 19.09 | | |
| Ort. | | | 19.30ab | |
| 11B14 | IV. hasat | Kontrol | 18.82 | |
| | | KF↑ | 17.89 | |
| | | KF↓ | 19.60 | |
| | | | | 18.77ab |
| | I. hasat | Kontrol | 17.31 | |
| | | KF↑ | 18.39 | |
| KF↓ | | 18.03 | | |
| Ort. | | | 18.0b | |

*Farklı harfler farklılıkların önemini $P \leq 0.05$ düzeyinde göstermektedir (Duncan test). Harflendirmeler aynı sütundaki ortalama karşılaştırmasına aittir. * KF↑: Klorofil floresan değeri yüksek değer.

miktarı olgunlukla beraber azalmıştır (Jalink *et al.*,1998). Klorofil bulunmayan mısır ve ayçiçeği tohumlarında bu metot kullanılmamaktadır. Çalışmamızda genel olarak elde edilen parametrelerde ham ve olgun tohum ayırımının canlılık testleri ile teyit edilmesi, bu durum tekniğin doğruluğunu ve uzun bir depolama sonrasında da tohum kalitesini belirlediği görülmüştür. Ancak patojen varlığı açısından çeşitler arasındaki farklılığın yanında biyotik ve abiyotik (nem, sıcaklık, ışık, toprak koşulları vs.) faktörlerin etkisi nedeni ile homojen sonuçlar alınmazken, protein ve canlılık testlerinin sonuçları testadaki klorofil varlığı ile ilişki olduğu kanısına varılmıştır. Canlılığı etkileyen parametreler içerisinde çalışmamızda ele aldığımız depolama sürecinde daha çok ham (erken hasat) tohumların olumsuz yönde daha fazla etkilendiğini göstermiştir. KF ayırım metodu ile tohum partisinde kalite sağlanmasının depolama sürecinde daha etkili olarak gerçekleştiği dolayısıyla metodun ana amaçlarından birini bu çalışma kapsamında sağladığı teyit edilmiştir. Bu metodun kullanımı (KF ayırım metodu) ile tohum kalitesinin artırılmasına yönelik bir çalışma ülkemizde bulunmamaktadır.

Depolama sürecinde tohumların canlılık ve güç gibi fizyolojik kriterlerinde kayıp ve zararlanma ile protein, nükleik asit, lipid gibi birçok fonksiyonel moleküllerde değişimlerin olduğu görülmüştür (Bewley and Black 1982). Tohumda yaşlanma; biyokimyasal değişiklikler ile membran geçirgenliğinin artması, nükleik asitlerin moleküler yapısının değişmesi, enzim aktivitesinin azalması ve protein sentezindeki değişikliklerdir (İlbi 1998). Bu biyokimyasal değişikliklerin doğrudan belirtileri; çimlenme gücünün azalması, fide boylarının kısalması, stres koşullarında çimlenme yeteneğinin azalması, anormal fide miktarının artması ve düşük tarla çıkışıdır (Khanal 1990). Ticari firmalarda ekonomik açıdan, depolama ömrünün uzaması ve hastalık ve zararlılara dayanımın artması sağlanan önemli avantajlardan sayılmalıdır. Bu tekniğin günümüzde aktif olarak kullanıldığı türler; beyaz lahana, havuç ve biberdir. Klorofil floresan tekniği ile herhangi bir tohum partisinden bu ayırım ile KF değeri az olarak belirlenen iyi kalitedeki tohumlarla üretime başlanması durumunda her tohumdan bir bitki elde edilebilmektedir.

KAYNAKLAR

Al-Kassim MY and Monawar MN., 2002. Seed-borne fungi of some vegetable seeds in Gazan province and their chemical control. *Saudi Journal Biological Sciences*, 7: 179-184.

AOAC 1998. Official Method of Analysis. 15th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.

Bewley JD and Black M., 1982. Viability, dormancy and environmental control. 'In 'Physiology and Biochemistry of Seed in Relation to Germination' Vol.2, Springer-Verlag, Germany.

Chiejina V., 2006. Studies on seed-borne pathogens of some nigerian melons, *Agro-Science*, 5(1): 13-16.

Delouche JC., 1980. Environmental effects on seed development and seed quality. *Hortscience*, 15: 775-780.

Demir İ and Ellis RH., 1992. Changes in seed quality during seed development and maturation in tomato. *Seed Science Research*, 2: 81-87.

Demir İ., 1994. Changes in seed quality during seed development in tomato and pepper. II Symposium on Protected Cultivation of Solanacea in Mild Winter Climates, Adana-Turkey, August 1994, *Acta Horticulture (ISHS)*, 366: 221-228.

Demir İ., Ermiş S., Mavi K and Matthews S., 2008. Mean germination time of pepper seed lots (*Capsicum annum* L.) predicts size and uniformity of seedlings in germination tests and transplant modules. *Seed Science and Technology*, 36: 21-30.

De Vos CHR., Kraak HL and Bino RJ., 1994. Ageing of tomato seeds involves glutathione oxidation. *Physiologia Plantarum*, 92(b): 131-139.

Dinler H and Günay M., 2018. Determination of fungal agents in some vegetables seeds in greenhouse production areas in Uşak province. *International Journal of Agriculture and Forestry*, 8(2): 83-91.

Er Y., 2010. Bazı sebze tohumlarında fungal floranın tespiti ve tanılaması. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Habib A., Sahi ST., Ghazanfar MU., Ali S., 2007. Location of seed-borne mycoflora of eggplant (*Solanum melongena* L.) in different seed components and impact on seed germinability. *International Journal of Agriculture & Biology*, 1560-8530(3): 514-516.

ISO 1992. Method 10519. Rapeseed - Determination of chlorophyll content Spectrometric method. Geneva, International Organization for Standardization.

ISTA, 1996. International Rules for Seed Testing, Annexes.

ISTA 2003. International Seed Testing Association. International Rules for Testing Seed. *Seed Science and Technology* 21.

İlbi H., 1998, Soğan tohumlarında yaşlanma ve yaşlanma ile oluşan vigor kayıplarının iyileştirilmesi. Doktora tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

- Jalink H., 1996. Werkwijze Voorhetbepalen van de rijpheid en kwaliteit van zaden middelshet chlorofylgehalte en enrichtingvoorhetselecteren van zaden met behulp van een dergelijk werkwijze.
- Jalink H., Frandas A., van Der Schoor R and Bino JB., 1998. Chlorophyll fluorescence of the testa of *Brassica oleracea* seeds as an indicator of seed maturity and seed quality. *Scientia Agricola*, 55: 88-93.
- Khanal R., 1990. Literature Review on Vegetable Seed Storage and Packing, PAC Occasional Paper (6), Nepal.
- Konstantinova P., Van der Schoor R., Van den Bulk R and Jalink H., 2002. Chlorophyll fluorescence sorting as a method for improvement of barley seed health and germination. *Seed Science and Technology*, 30: 411- 421.
- Kwong FY., 1991. Research needs in the production of high quality seeds. *Horticulture, New Technologies and Applications*, (Eds. Prakash J And Pierek RLM), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 13-20.
- McDonald MB., 1998. Seed quality assessment. *Seed Science and Technology*, 8: 265-275.
- Neergaard P. 1988. *Seed Pathology*. Vols. I and II, MacMillan Press, Hong Kong.
- Nishikawa J., Kobayashi T., Shirata K., Chibana T and Natsuaki KT. 2006. Seedborne fungi detected on stored solanaceous berry seeds and their biological activities, *Journal of General Plant Pathology*, 72(5): 305-313.
- Noots I., Delcour JA and Michiels CW., 1998. From field barley to malt: detection and specification of microbial activity for quality aspects. *Critical Reviews in Microbiology*, 25: 121-153.
- Oluoch MO and Welbaum GE., 1996. Effect of postharvest washing and post-storage priming on viability and vigour of six-year-old muskmelon (*Cucumis melo* L.) seeds from eight stages of development, *Seed Science and Technology*, 24(2): 195-209.
- Sharfun N., Mushtaq M and Pathan IH., 2004. Seed-borne mycoflora of *Capsicum annum* imported from India. *Pakistan Journal of Botany*, 36(1): 191-197.
- Schwarz PB and Casper HH., 1995. Fate and development of naturally occurring *Fusarium* mycotoxin during malting and brewing. *Journal of the American Society of Brewing Chemistry*, 53: 121-125.
- Sultana N., Azeem T and Ghaffar A., 2009. Location of Seed-borne Inoculum of *Macrophomina phaseolina* and its Transmission in Seedlings of Cucumber. *Pakistan Journal of Botany*, 41(5): 2563-2566.
- Steckel JRA., Gray D and Rowse HR., 1989. Relationships between indices of seed maturity and carrot seed quality. *Annals of Applied Biology*, 114: 177-183.
- Sehirali S., 1989. *Tohumluk ve Teknolojisi*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Basımevi, Ankara.
- TÜİK 2017. *Bitkisel üretim istatistikleri*. <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>. [Erişim: 1 Temmuz 2017].
- Ward K., Scarth R., McVetty PBE and Daun J., 1992. Effects of genotype and environment on seed chlorophyll degradation during ripening in four cultivars of oilseed rape (*Brassica napus*). *Canadian Journal of Plant Science*, 72(3): 643-649.
- Ward K., Scarth R., Daun JK., Vessey JK., 1995. Chlorophyll degradation in summer oilseed rape and summer turnip rap during seed ripening. *Canadian Journal of Plant Science*, 75: 413-420.

Orta Karadeniz Bölgesi'nden Toplanan Kaldırayak (*Trachystemon orientalis* (L.) G. Don.) Genotiplerinin Morfolojik Karakterizasyonu

Mehtap Özbakır Özer^{1*} Beyhan Kibar²

¹Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Samsun
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bolu

Geliş tarihi (Received): 17.05.2018

Kabul tarihi (Accepted): 19.07.2018

Anahtar kelimeler:

Kaldırayak, *Trachystemon orientalis*, Orta Karadeniz Bölgesi, karakterizasyon

Özet. Bu çalışmada, Orta Karadeniz Bölgesi'nde doğal olarak yetişen, halk tarafından çeşitli şekillerde tüketilen kaldırayak genotiplerinin toplanması ve karakterizasyonu amaçlanmıştır. Sörvey ve arazi çalışmaları 2011 yılının ilkbahar döneminde (Nisan-Mayıs) başlamış olup Samsun, Ordu, Amasya ve Tokat illerinde yürütülmüştür. Genetik materyali toplama çalışmaları sonucunda 29 farklı kaldırayak genotipi toplanmış ve toplanan materyallerin morfolojik karakterizasyonu yapılmıştır. Kaldırayak genotiplerinde bitkinin dik büyümesi ve rizomlu olması ortak özellik olarak belirlenmiştir. Kaldırayak genotipleri arasında en uzun bitki boyu 55 LA 04 nolu genotipte 43.7 cm olarak ölçülmüştür. Yeşil renkli, tüylü ve genotiplere göre değişen oranlarda antosiyanine sahip olan kaldırayak genotiplerinde, gövde uzunluğunun 7.0-29.7 cm, gövde kalınlığının ise 2.0-5.5 mm arasında değiştiği tespit edilmiştir. Kaldırayak genotiplerinde yaprakların yeşil, tüylü, üçgen şeklinde ve uç kısımlarının da sivri olduğu, fakat yaprak uzunluğu ve genişliğinin genotiplere göre değişiklik gösterdiği saptanmıştır. En uzun yaprak boyu 22 cm ile 55 HA 04 nolu genotipte, en kısa yaprak boyu ise 52 UL 01 nolu genotipte 10 cm olarak ölçülmüştür. Orta büyüklükte, mor renkli güzel çiçeklere sahip olan kaldırayak genotiplerinde ilk çiçeklenme Mart ayının ilk haftasında gözlemlenmiştir. Kaldırayak materyallerinin Nisan ayında hasat olgunluğuna geldiği tespit edilmiştir. Kaldırayak tohumlarının, bütün genotiplerde oval ve siyah renkli olduğu belirlenmiştir. Bitkideki tohum miktarının 0.1-21.6 g, genotiplerin bin tane ağırlığının 1.6 g (55 ÇA 01) ile 4.2 g (52 AK 03) arasında değiştiği tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca en verimli genotipin 55 ÇA 03 (934.5 g bitki⁻¹) olduğu belirlenmiştir.

*Sorumlu yazar

mehtap_ozbakir@hotmail.com

Morphological Characterization of Kaldırayak (*Trachystemon orientalis* (L.) G. Don.) Genotypes Collected From Central Black Sea Region

Keywords:

Kaldırayak, *Trachystemon orientalis*, Central Black Sea Region, characterization

Abstract. In this study, collection and characterization of *Trachystemon orientalis* genotypes naturally grown and consumed in various forms by public in the Central Black Sea Region, Turkey was aimed. Surveys and field studies started in spring of 2011 and were carried out in Samsun, Amasya, Ordu and Tokat provinces where these species were intense. Twenty nine *T. orientalis* materials were collected and the morphological characterization of the materials collected was performed. Growing horizontally and having rhizome were determined as common feature in the materials. The longest plant height among genotypes was measured in 55 LA 04 (43.7 cm) sample. It was observed that leaves were green, wooly triangular and sharp at the ends, but leaf length and width varied according to genotypes. It was determined that stem length varied between 7 cm and 29.7 cm, and stem width varied between 2 mm and 5.5 mm. The longest length size was measured as 22 cm in 55 HA 04 and the shortest leaf length was measured as 10 cm in 52 UL 01. It was found out that the first flowering in *T. orientalis* genotypes had purple-colored beautiful flowers and medium sized was observed in the first week of March and harvest maturity was in April. *T. orientalis* seeds were determined to be oval and black in all of the genotypes. It has been determined that the amount of seed in the plant varied from 0.1 to 21.6 g, and the thousand seed weight of the genotypes varied between 1.6 g (55 ÇA 01) and 3.7 g (55 VE 01). In the study, it was also determined that the most efficient genotype was 55 ÇA 03 (934.5 g plant⁻¹).

GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artması, insanların gereksinimlerini karşılamak amacıyla bitkisel kaynakların bilinçsizce kullanılması, arazi açmaları, yerel çeşitlerin yerini ıslah edilmiş yeni çeşitlerin almaya başlaması, yabancı ot ilaçlarının kullanımı, üretim yapmak yerine doğadan sökerek tüketme, tabii afetler, şehirleşme ve endüstrileşme bitki gen kaynaklarının azalmasına ve hızla kaybolmasına neden olmaktadır (Balkaya ve Yanmaz 2001; Özgen *et al.*, 2004).

Değişen çevre koşullarına karşın hızla büyümekte olan dünya nüfusunun beslenmesi sorunu, genetik kaynakların önem ve değerini biraz daha arttırmaktadır (Karagöz *et al.*, 2010). Son yıllarda tüm dünyada doğal beslenmeye doğru bir eğilim gelişmiştir. Bu eğilimin güç kazanması ile dikkatler doğada kendiliğinden yetişen kültüre alınmamış bitkilere de yönelmeye başlamıştır.

Özellikle yabancı bitkilerin yapısında bulunan bazı maddelerin sağlık üzerindeki olumlu etkilerinin ortaya konulmasından sonra bu bitkiler giderek daha fazla ilgi çekmektedir. Bu türler sahip oldukları zengin mineral, vitamin ve lif içeriklerinden dolayı tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de çoğunlukla kullanılmaktadır. Özellikle kırsal kesimlerde yaşayan halk ekonomik nedenlerden dolayı bu türlerle yakından ilgilenmektedir. Onlar genellikle bu bitkilerin meyve, tohum, kabuk, yaprak, yumru gibi kısımlarını kullanmaktadırlar (Aksakal ve Kaya 2008). Halkın, sebze çeşitlerinin azaldığı ve turfanda olduğu aylarda, sebze ihtiyaçlarını mevcut yabancı yenilebilir bitkilerden temin etmesi nedeniyle pazarlarda, manavlarda ve marketlerde bu bitkilerin satışında da artış olmaya başlamıştır.

Ülkemizde, 3607'si endemik olmak üzere 11.707 bitki taksonu bulunmaktadır (Güner *et al.*, 2012). Bu tür zenginliği içerisinde, ülkemizde doğada kendiliğinden yetişen otsu bitkilerin sebze olarak tüketimi oldukça yaygındır (Karagöz *et al.*, 2010; Kibar and Temel 2015). Ancak, tarımı yapılmayan ve iç piyasada tüketilen bu bitkiler doğal floradan toplanmaktadır. Doğal bitki toplamalarının yoğunlaşması floraya büyük zarar vermekte, doğal vejetasyonun bozulması ve bitki türlerinin yok olmasının yanı sıra erozyonun artmasına da neden olmaktadır. Bu yabancı bitki türlerinin üretilerek kullanılması, bitki genetik kaynaklarının devamlılığını sağlama yönünden üzerinde durulması gereken önemli bir konudur.

Bölgelerde iklim koşullarına göre adapte olmuş farklı özelliklere sahip bitki türleri bulunmaktadır.

Karadeniz Bölgesi, yabancı yenilebilir bitkiler bakımından Türkiye'nin yüksek potansiyele sahip bölgelerinden biridir (Doğan *et al.*, 2004). Bölge yaygın el değmemiş alanları ile doğadaki bitki çeşitliliğini ve bunların tüketim kültürünü devam ettiren sayılı bölgelerimizdendir ve bu yabancı bitkiler halkın beslenmesinde önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Özellikle sebzelerin az olduğu ilkbahar aylarında havaların ısınmasıyla ortaya çıkan bu yabancı bitkiler, kırsal kesimde yaşayan insanlar tarafından toplanarak bölgedeki yerel pazarlarda satılmaktadır. Bu bitkiler arasında yer alan kaldırayak (*Trachystemon orientalis* (L.) G. Don.) Boraginaceae familyasına ait rizomlu çok yıllık bir bitkidir. Bitki 30-40 cm uzunluğunda olup mavi-mor renkli çiçeklere ve büyük yapraklara sahiptir. Yöresel olarak "Kaldırayak, Hodan, Ispıt, Kaldırık, Kaldirik, Kalduruk, Balıkotu, Acı Hodan ve Doğu Hodanı" gibi isimlerle adlandırılmaktadır. Genellikle Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'nde yayılış göstermektedir (Akçin *et al.*, 2004). Bitkinin yaprakları, yaprak sapları, çiçekleri ve sürgünleri sebze olarak tüketilmektedir. Ayrıca bitki tıbbi özelliklere de sahiptir (Köse *et al.*, 2010).

Sebze olarak değerlendirilen yabancı bitki türleriyle ilgili çalışmalar, genellikle sebze ıslahı alanı dışında çalışan diğer araştırmacılar tarafından yapılmaktadır. Botanikçiler, çevre bilimciler, coğrafyacılar, diyetisyenler, tıp uzmanları ve sosyologlar tarafından bu yenilebilen yabancı bitki türlerinin besin maddesi içerikleri, tıbbi ve gıda amaçlı kullanımları yönünden araştırmalar yürütülmüştür. Bu bitki türleri, sebze ıslahı alanında çalışan araştırmacılar için önemli bir genetik kaynak niteliğindedir. Bununla birlikte, ülkemizde yabancı bitkilerin toplanması, muhafazası, karakterizasyonu ve değerlendirilmesine yönelik olarak yapılmış çalışma sayısı çok azdır.

Bu çalışma ile Orta Karadeniz Bölgesi'nde doğal olarak yetişen, halk tarafından çeşitli şekillerde sevilerek tüketilen kaldırayak genotiplerinin toplanması ve morfolojik karakterizasyonlarının yapılması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışma, 2011-2014 yılları arasında yapılmıştır. Araştırmanın sömürme çalışmaları, 2011 yılının Nisan-Mayıs aylarında Samsun, Ordu, Amasya ve Tokat'da yürütülmüştür. Toplanan genetik materyallerin karakterizasyon çalışmaları ise Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde yapılmıştır.

Materyal olarak Samsun, Ordu, Amasya ve Tokat'ta sebze olarak değerlendirilen kaldırayak popülasyonları kullanılmıştır. Genetik materyali toplama çalışmaları 2011 yılı ilkbahar döneminde (Nisan-Mayıs) yapılmıştır. Mümkün olabildiğince değişik ekolojik ve coğrafi alanlardan örnek alınabilmesi hususu dikkate alınarak, Samsun (Bafra, Çarşamba, Vezirköprü, Ladik, Havza), Ordu (Merkez ilçe, Akkuş, Ünye, Ulubey, Perşembe), Amasya (Merkez ilçe, Merzifon, Göynücek, Suluova, Taşova) ve Tokat (Merkez ilçe, Reşadiye, Niksar, Turhal ve Erbaa) illerinden 5'er adet ilçe belirlenmiştir. Toplama çalışmalarında 'gayeli örnekleme' yöntemi kullanılmıştır (Balkaya *et al.*, 2008). Çalışmada 29 adet kaldırayak (*Trachystemon orientalis*) genotipi toplanmıştır. Kaldırayak genotiplerinin toplandığı lokasyonlar ve GPS değerleri Çizelge 1'de ayrıntılı olarak sunulmuştur. Araştırmada gen kaynağı olarak toplanan bitki örnekleri plaka sistemi ile isimlendirilmiştir (Balkaya and Ergün 2007).

Toplama sırasında bitkinin botanik ve yöresel adı, toplama tarihi, durak numarası, duraktaki örnek numarası, yer, enlem, boylam ve rakım, habitat ve kaynağı, eğim, bakı, toprak, birlikte bulunduğu diğer türler, materyal tipi ve durumu, bolluk ve diğer

tanımlayıcı notlar kaydedilmiştir. Bu konuda Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nün Toplama Formundan da yararlanılmıştır. Bitkilerin doğal ortamı ve morfolojik özellikleri ile ilgili bilgiler kaydedilerek gerekli arazi değerlendirmeleri yapılmış ve fotoğrafları çekilmiştir. Bitkilerin botanik olarak teşhislerinde Flora of Turkey (Davis 1967; Davis 1978)'den yararlanılmıştır. Amaca uygun bitkiler topraklı olarak sökülerek saksılara dikilmiş ve Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü arazisine getirilmiştir. Toplanan popülasyonlar ile gözlem bahçesi oluşturulmuştur.

Daha sonra arazide sıra arası ve sıra üzeri 30'ar cm olmak üzere, 1.5 m'lik sıralara dikilmiş ve 2.25 m²'lik (1.5 x 1.5 m) parsellerde her genotipin bitki dikimi yapılmıştır. Parseller arasındaki mesafe 1 m bırakılmıştır. Bitkilerin sulama, gübreleme, yabancı ot temizliği vb. bakım işlemleri düzenli olarak yapılmıştır. Kaldırayak türüne ait UPOV ve IPGRI tanımlama katalogları henüz oluşturulmamıştır. Bu nedenle morfolojik karakterizasyon kriterleri Önen *et al.* (2010)'e göre belirlenmiştir. Morfolojik karakterizasyonda toplam 27 adet özellik incelenmiştir.

Çizelge 1. Kaldırayak genotiplerinin toplandığı lokasyonlar ve GPS değerleri.

Table 1. Locations and GPS values where kaldırayak genotypes were collected.

| Örnek Kod No | Bulunduğu Adres (İl, İlçe, Köy/Mahalle, Yetiştigi yer) | Toplama tarihi | GPS Değerleri | | |
|--------------|--|----------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | Enlem (Kuzey) | Boylam (Doğu) | Yükseklik (m) |
| 55BA01 | SAMSUN-Bafra, Evrenuşağı, Orman | 13.04.2011 | 41°30'180" K | 35°57'684" D | 88 |
| 55BA02 | SAMSUN-Bafra, Köseli, Orman | 13.04.2011 | 41°28'617" K | 35°57'922" D | 99 |
| 55BA03 | SAMSUN-Bafra, Sürmeli, Dere kenarı | 13.04.2011 | 41°28'220" K | 35°56'570" D | 83 |
| 55BA04 | SAMSUN-Bafra, Uluağaç, Orman | 13.04.2011 | 41°26'620" K | 35°58'920" D | 190 |
| 55ÇA01 | SAMSUN- Çarşamba, Karaağaç, Fındık bahçesi | 08.04.2011 | 41°12'200" K | 36°47'555" D | 20 |
| 55ÇA02 | SAMSUN-Çarşamba, Acıklı, Fındık bahçesi | 08.04.2011 | 41°12'427" K | 36°46'717" D | 19 |
| 55ÇA03 | SAMSUN-Çarşamba, Yukarı Dikencik, Fındık bahçesi | 08.04.2011 | 41°15'183" K | 36°40'681" D | 13 |
| 55ÇA04 | SAMSUN-Çarşamba, Durakbaşı, Fındık bahçesi | 08.04.2011 | 41°16'733" K | 36°39'749" D | 9 |
| 55HA01 | SAMSUN-Havza, Kale, Ev bahçesi | 19.04.2011 | 41°03'304" K | 35°46'617" D | 629 |
| 55HA02 | SAMSUN-Havza, Çamyatağı, Ev bahçesi | 19.04.2011 | 41°06'053" K | 35°48'527" D | 732 |
| 55HA03 | SAMSUN- Havza, Çamyatağı, Orman | 19.04.2011 | 41°07'226" K | 35°50'385" D | 938 |
| 55HA04 | SAMSUN-Havza, Sıralı, Orman | 19.04.2011 | 41°07'420" K | 35°53'575" D | 1016 |
| 55LA01 | SAMSUN-Ladik, Ahmetsaray, Ev bahçesi | 15.04.2011 | 40°59'480" K | 35°52'420" D | 763 |
| 55LA02 | SAMSUN-Ladik, Çadirkaya, Ev bahçesi | 15.04.2011 | 40°59'320" K | 35°50'455" D | 743 |
| 55LA03 | SAMSUN-Ladik, Başlamış, Ev bahçesi | 15.04.2011 | 40°58'215" K | 35°51'127" D | 825 |
| 55LA04 | SAMSUN-Ladik, Aşağı Gölyazı, Orman | 15.04.2011 | 40°54'666" K | 35°57'188" D | 916 |
| 55VE01 | SAMSUN-Vezirköprü, Pazarcı, Ev bahçesi | 21.04.2011 | 41°04'106" K | 35°30'281" D | 680 |
| 55VE02 | SAMSUN-Vezirköprü, Kuyumcu, Ev bahçesi | 21.04.2011 | 41°13'315" K | 35°39'345" D | 939 |
| 55VE03 | SAMSUN-Vezirköprü, Devalan, Ev bahçesi | 21.04.2011 | 41°15'074" K | 35°39'492" D | 923 |
| 52AK01 | ORDU-Akkuş, Esentepe, Yol kenarı | 09.05.2011 | 40°52'489" K | 37°03'521" D | 1124 |
| 52AK02 | ORDU-Akkuş, Yenikonak, Orman | 09.05.2011 | 40°51'117" K | 37°06'326" D | 942 |
| 52AK03 | ORDU-Akkuş, Ormancık, Ev bahçesi | 09.05.2011 | 40°49'155" K | 36°58'621" D | 1095 |
| 52Mİ01 | ORDU-Merkez, Kumbaşı Mahallesi, Fındık bahçesi | 10.05.2011 | 41°00'498" K | 37°51'336" D | 63 |
| 52PE01 | ORDU-Perşembe, Medreseönü, Yol kenarı | 10.05.2011 | 41°04'445" K | 37°37'415" D | 28 |
| 52PE02 | ORDU-Perşembe, Okçulu, Orman | 10.05.2011 | 41°05'385" K | 37°38'850" D | 135 |
| 52UL01 | ORDU-Ulubey, İlçe Merkezi, Yol kenarı | 10.05.2011 | 40°52'202" K | 37°45'208" D | 589 |
| 52ÜN01 | ORDU-Ünye, Ortaköy, Fındık bahçesi | 09.05.2011 | 40°53'116" K | 37°09'175" D | 648 |
| 52ÜN02 | ORDU-Ünye, Yeşilkent, Fındık bahçesi | 09.05.2011 | 41°00'446" K | 37°14'258" D | 164 |
| 60RE01 | TOKAT-Reşadiye, Bozçalı, Ev bahçesi | 27.04.2011 | 40°32'583" K | 37°17'680" D | 1321 |

BULGULAR VE TARTIŞMA

Sebze olarak değerlendirilen kaldırayak materyallerini toplama çalışmaları sonucunda; 29 farklı kaldırayak genotipi toplanmış, yapılan tür teşhisi sonucunda da genotipler arasında farklı tür olmadığı, hepsinin *Trachystemon orientalis* olduğu belirlenmiştir. Edmondson (1978), Türkiyede *Boraginaceae* familyasına ait tek bir türün *T. orientalis* (L.) G. Don. olduğunu bildirmiştir. Sörvey çalışmalarında sadece Amasya ilinde bu türe rastlanılmamış olup materyaller diğer il ve ilçelerden toplanmıştır.

Kaldırayak genotiplerinde bitkinin dik büyümesi ve rizomlu olması ortak özellik olarak belirlenmiştir. Bitki boyu, gövde uzunluğu, gövde kalınlığı, yaprak uzunluğu ve yaprak genişliği gibi özelliklerin genotiplere göre değiştiği saptanmıştır. Kaldırayak genotipleri arasında en uzun bitki boyu 55 LA 04 nolu genotipte 43.7 cm olarak ölçülmüştür. Bunun dışında 52 PE 02 (43.0 cm), 55 ÇA 03 (42.0 cm) ve 52 PE 01 (41.8 cm) nolu genotiplerde bitki boyu yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte, en düşük bitki boyuna sahip genotip 55 HA 03 (18 cm) olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Kaldırayak bitkisinin çok yıllık, rizomlu ve bitki boyunun 30-40 cm olduğu bildirilmiştir (Edmondson 1978; Baytop, 1984). Civelek (2011), Bafra Ovasında sebze olarak kullanılan yabancı bitkileri incelediği çalışmada kaldırayakta bitki boyunu 34.75 cm olarak belirlemiştir.

Yeşil renkli, tüylü ve genotiplere göre değişen oranlarda antosiyanine sahip olan kaldırayaklarda gövde uzunluğunun 7.0-29.7 cm, gövde kalınlığının ise 2.0-5.5 mm arasında değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek gövde uzunluğu 55 LA 04 genotipinde ölçülmüştür. Gövde uzunluğu yüksek diğer bir genotipte 52 PE 02 (28 cm) olarak tespit edilmiştir. En düşük gövde uzunluğu ise 55 HA 03 nolu genotipte belirlenmiştir (Çizelge 2).

Kaldırayaklarda yaprakların yeşil, tüylü, üçgen şeklinde ve uç kısımlarının da sivri olduğu fakat yaprak uzunluğu ve genişliğinin genotiplere göre değişiklik gösterdiği saptanmıştır (Şekil 1). En uzun yaprak boyu 22 cm ile 55 HA 04 nolu genotipte, en kısa yaprak boyu ise 10 cm ile 52 UL 01 nolu genotipte ölçülmüştür. Yaprak genişliği ise 8.7 (55 ÇA 02) ile 19.3 cm (55 HA 02) arasında değişmiştir (Çizelge 2). Civelek (2011), Bafra'da kaldırayakların yaprak boyunu 14.20 cm, yaprak enini 11.97 cm; Demir ve ark. (2017), ise

Salıpazarı'ndaki kaldırayaklarda yaprak boyunu 14.32 cm, yaprak enini ise 12.74 cm olarak belirlemişlerdir.

Orta büyüklükte mor renkli güzel çiçeklere sahip olan kaldırayaklarda ilk çiçeklenme Mart ayında gözlemlenmiştir (Şekil 2). Kaldırayak materyallerinin Nisan ayında hasat olgunluğuna geldiği tespit edilmiştir (Çizelge 2). Demir ve ark. (2017), Salıpazarı'nda da mor-mavi renkli çiçeklere sahip olan kaldırayakların Nisan ayında hasat edildiğini bildirmişlerdir.



Şekil 1. Kaldırayak bitkisinin genel görünümü.

Figure 1. General appearance of kaldırayak plant.

Kaldırayak tohumlarının, bütün genotiplerde oval ve siyah renkli olduğu belirlenmiştir (Şekil 3). Bitkideki tohum miktarının 0.1 g ile 21.6 g arasında değiştiği ve en fazla tohum miktarının 55 LA 01 nolu genotipte gözlemlendiği belirlenmiştir. Bitkideki tohum miktarının en az olduğu genotipler ise 55 VE 01, 55 ÇA 02, 55 HA 03 ve 55 LA 02 olarak bulunmuştur. Bin tane ağırlığı en fazla 52 AK 03 (4.2 g) nolu genotipte, en düşük ise 55 ÇA 01 (1.6 g) nolu genotipte tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Bitki çiçekli veya çiçeklenmenin hemen öncesinde yaprak saplarından kesilerek hasat edilmektedir. Bitkinin taze yaprakları, yaprak sapları ve çiçekleri tüketilmektedir. Bitkinin tüketilen kısımlarına göre değerlendirme yapıldığında hasat zamanında en verimli genotipin 55 ÇA 03 olduğu belirlenmiştir. Bu genotipte verimin 934.5 g bitki⁻¹ olduğu saptanmıştır. Buna karşılık, en düşük verime sahip genotip 55 HA 03 (27 g bitki⁻¹) olarak belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Kaldırayak genotiplerinin morfolojik karakterizasyonu.
Table 2. Morphological characterization of kaldırayak genotypes.

| Morfolojik özellik | Genotip | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 55 BA 01 | 55 BA 02 | 55 BA 03 | 55 BA 04 | 55 ÇA 01 | 55 ÇA 02 | 55 ÇA 03 | 55 ÇA 04 | 55 HA 01 | 55 HA 02 |
| Bitki boyu (cm) | 32.3±0.24 | 33.7±0.34 | 37.5±0.31 | 34.0±0.23 | 34.7±0.28 | 22.8±0.19 | 42.0±0.35 | 32.0±0.17 | 35.0±0.19 | 40.5±0.22 |
| Bitki duruşu | Dik | Dik | Dik | Dik | Dik | Dik | Dik | Dik | Dik | Dik |
| Bitki gücü | Güçlü | Güçlü | Güçlü | Güçlü | Güçlü | Güçlü | Güçlü | Güçlü | Güçlü | Güçlü |
| Rizom varlığı | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var |
| Gövde uzunluğu (cm) | 16.3±0.29 | 19.0±0.16 | 22.0 ±0.11 | 18.0±0.25 | 17.8±0.21 | 13.0±0.20 | 25.5±0.26 | 13.5±0.19 | 20.0±0.11 | 23.8±0.22 |
| Gövde kalınlığı (mm) | 3.3±0.25 | 3.6±0.24 | 4.0±0.12 | 3.7±0.17 | 4.5±0.19 | 2.4±0.21 | 5.0±0.34 | 5.04±0.20 | 4.0±0.09 | 4.0±0.29 |
| Gövde tüylülüğü | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil |
| Gövde rengi | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil |
| Antosiyanin oluşumu | Var | Var | Var | Var | Az | Var | Var | Var | Var | Var |
| İlk çiçeklenme | 08.03.2012 | 08.03.2012 | 08.03.2012 | 08.03.2012 | 19.03.2013 | 19.03.2013 | 08.03.2012 | 08.03.2012 | 19.03.2013 | 19.03.2013 |
| %50 çiçeklenme | 19.03.2013 | 19.03.2013 | 19.03.2013 | 21.03.2013 | 21.03.2013 | 21.03.2013 | 19.03.2013 | 19.03.2013 | 21.03.2013 | 19.03.2013 |
| Hasat olum zamanı | 02.04.2013 | 02.04.2013 | 02.04.2013 | 02.04.2013 | 02.04.2013 | 02.04.2013 | 02.04.2013 | 02.04.2013 | 02.04.2013 | 02.04.2013 |
| Ömür uzunluğu | Çok yıllık | Çok yıllık | Çok yıllık | Çok yıllık | Çok yıllık | Çok yıllık | Çok yıllık | Çok yıllık | Çok yıllık | Çok yıllık |
| Verim (g bitki ⁻¹) | 270±0.25 | 408±0.22 | 308±0.08 | 242±0.08 | 171±0.28 | 96±0.16 | 935±0.30 | 230±0.15 | 292±0.09 | 263±0.21 |
| Yaprak uzunluğu (cm) | 15.8±0.26 | 16.0±0.21 | 15.5±0.16 | 16.0±0.10 | 17.2±0.12 | 11.4±0.15 | 21.0±0.27 | 19±0.16 | 14.0±0.25 | 20.5±0.21 |
| Yaprak genişliği (cm) | 12.5±0.24 | 12.0±0.23 | 16.0±0.21 | 14.0±0.21 | 12.0±0.28 | 8.7±0.10 | 16.5±0.23 | 16±0.11 | 13.0±0.23 | 19.3±0.24 |
| Yaprak rengi | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil |
| Yaprak şekli | Üçgenimsi | Üçgenimsi | Üçgenimsi | Üçgenimsi | Üçgenimsi | Üçgenimsi | Üçgenimsi | Üçgenimsi | Üçgenimsi | Üçgenimsi |
| Yaprak uç şekli | Sivri | Sivri | Sivri | Sivri | Sivri | Sivri | Sivri | Sivri | Sivri | Sivri |
| Yaprakta kabanklılık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok |
| Yaprak tüylülüğü | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var |
| Çiçek rengi | Mor | Mor | Mor | Mor | Mor | Mor | Mor | Mor | Mor | Mor |
| Çiçek büyüklüğü | Orta | Orta | Orta | Orta | Orta | Orta | Orta | Orta | Orta | Orta |
| Tohum rengi | Siyah | Siyah | Siyah | Siyah | Siyah | Siyah | Siyah | Siyah | Siyah | Siyah |
| Tohum şekli | Oval | Oval | Oval | Oval | Oval | Oval | Oval | Oval | Oval | Oval |
| Bitkideki tohum miktarı (g) | 9.2 | 7.4 | 5.6 | 1.1 | 10.6 | 0.1 | 3.7 | 0.4 | 2.9 | 5.3 |
| 1000 tane ağırlığı (g) | 3.1 | 2.0 | 2.3 | 1.8 | 1.6 | 2.0 | 1.8 | 2.4 | 2.8 | 2.3 |

Çizelge 2. Devamı
Table 2. Continue.

| Morfolojik özellik | Genotip | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 55 HA 03 | 55 HA 04 | 55 LA 01 | 55 LA 02 | 55 LA 03 | 55 LA 04 | 55 VE 01 | 55 VE 02 | 55 VE 03 | 52 UL 01 |
| Bitki boyu (cm) | 18.0±0.21 | 37.0±0.15 | 33.0±0.24 | 25.5±0.23 | 20.5±0.18 | 43.7±0.23 | 24.0±0.25 | 33.0±0.22 | 31.0±0.19 | 24.3±0.19 |
| Bitki duruşu | Dik | Dik | Dik | Dik | Dik | Dik | Dik | Dik | Dik | Dik |
| Bitki gücü | Güçlü | Güçlü | Güçlü | Güçlü | Güçlü | Güçlü | Güçlü | Güçlü | Güçlü | Güçlü |
| Rizom varlığı | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var |
| Gövde uzunluğu (cm) | 7.0±0.22 | 14.0±0.22 | 14.5±0.18 | 10.5±0.19 | 9.0±0.20 | 29.7±0.25 | 11.0±0.15 | 20.0±0.10 | 13.0±0.16 | 15.0±0.21 |
| Gövde kalınlığı (mm) | 2.8±0.23 | 4.3±0.21 | 3.0±0.26 | 3.8±0.20 | 3.0±0.21 | 3.5±0.33 | 2.0±0.32 | 4.0±0.29 | 2.7±0.31 | 2.8±0.21 |
| Gövde tüylülüğü | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil |
| Gövde rengi | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil |
| Antosiyanin oluşumu | Var | Az | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var |
| İlk çiçeklenme | 21.03.2013 | 19.03.2013 | 19.03.2013 | 21.03.2013 | 21.03.2013 | 08.03.2012 | 21.03.2013 | 19.03.2013 | 19.03.2013 | 19.03.2013 |
| %50 çiçeklenme | 21.03.2013 | 21.03.2013 | 21.03.2013 | 21.03.2013 | 21.03.2013 | 19.03.2013 | 21.03.2013 | 19.03.2013 | 21.03.2013 | 21.03.2013 |
| Hasat olum zamanı | 02.04.2013 | 02.04.2013 | 02.04.2013 | 02.04.2013 | 02.04.2013 | 02.04.2013 | 02.04.2013 | 02.04.2013 | 02.04.2013 | 02.04.2013 |
| Ömür uzunluğu | Çok yıllık | Çok yıllık | Çok yıllık | Çok yıllık | Çok yıllık | Çok yıllık | Çok yıllık | Çok yıllık | Çok yıllık | Çok yıllık |
| Verim (g bitki ⁻¹) | 27±0.14 | 217±0.19 | 360±0.15 | 48±0.15 | 48±0.18 | 609±0.32 | 75±0.21 | 139±0.10 | 150±0.14 | 105±0.15 |
| Yaprak uzunluğu (cm) | 11.5±0.11 | 22.0±0.23 | 17.0±0.10 | 14.0±0.18 | 12.7±0.18 | 19.0±0.24 | 14.0±0.10 | 17.5±0.09 | 14.0±0.21 | 10.0±0.19 |
| Yaprak genişliği (cm) | 9.0±0.09 | 17.0±0.19 | 12.5±0.16 | 12.0±0.10 | 11.4±0.09 | 16.7±0.24 | 9.5±0.22 | 15.3±0.10 | 9.0±0.16 | 9.2±0.12 |
| Yaprak rengi | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil |
| Yaprak şekli | Üçgenimsi | Üçgenimsi | Üçgenimsi | Üçgenimsi | Üçgenimsi | Üçgenimsi | Üçgenimsi | Üçgenimsi | Üçgenimsi | Üçgenimsi |
| Yaprak uç şekli | Sivri | Sivri | Sivri | Sivri | Sivri | Sivri | Sivri | Sivri | Sivri | Sivri |
| Yaprakta kabanklılık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok |
| Yaprak tüylülüğü | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var |
| Çiçek rengi | Mor | Mor | Mor | Mor | Mor | Mor | Mor | Mor | Mor | Mor |
| Çiçek büyüklüğü | Orta | Orta | Orta | Orta | Orta | Orta | Orta | Orta | Orta | Orta |
| Tohum rengi | Siyah | Siyah | Siyah | Siyah | Siyah | Siyah | Siyah | Siyah | Siyah | Siyah |
| Tohum şekli | Oval | Oval | Oval | Oval | Oval | Oval | Oval | Oval | Oval | Oval |
| Bitkideki tohum miktarı (g) | 0.1 | 3.2 | 21.6 | 0.1 | 1.1 | 14.7 | 0.1 | 1.5 | 0.4 | 0.7 |
| 1000 tane ağırlığı (g) | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.0 | 1.9 | 3.2 | 3.7 | 2.0 | 2.4 | 1.8 |

Çizelge 2. Devamı.
Table 2. Continue.

| Morfolojik özellik | Genotip | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 52 PE 01 | 52 PE 02 | 52 Mİ 01 | 52 ÜN 01 | 52 ÜN 02 | 52 AK 01 | 52 AK 02 | 52 AK 03 | 60 RE 01 |
| Bitki boyu (cm) | 41.8±0.15 | 43.0±0.26 | 38.3±0.42 | 30.0±0.30 | 40.3±0.27 | 37.3±0.28 | 37.0±0.21 | 37.3±0.28 | 29.5±0.30 |
| Bitki duruşu | Dik | Dik | Dik | Dik | Dik | Dik | Dik | Dik | Dik |
| Bitki gücü | Güçlü | Güçlü | Güçlü | Güçlü | Güçlü | Güçlü | Güçlü | Güçlü | Güçlü |
| Rizom varlığı | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var |
| Gövde uzunluğu (cm) | 23.8±0.24 | 28.0±0.09 | 23.7±0.23 | 15.5±0.14 | 22.3±0.20 | 20.7±0.14 | 18.0±0.15 | 18.3±0.25 | 15.0±0.15 |
| Gövde kalınlığı (mm) | 4.0±0.27 | 4.0±0.15 | 4.0±0.25 | 3.0±0.15 | 4.7±0.23 | 5.2±0.11 | 4.4±0.20 | 5.6±0.25 | 4.3±0.12 |
| Gövde tüylülüğü | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil |
| Gövde rengi | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil |
| Antosiyenin oluşumu | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var |
| İlk çiçeklenme | 08.03.2012 | 19.03.2013 | 08.03.2012 | 08.03.2012 | 08.03.2012 | 19.03.2013 | 19.03.2013 | 19.03.2013 | 19.03.2013 |
| %50 çiçeklenme | 19.03.2013 | 19.03.2013 | 19.03.2013 | 19.03.2013 | 21.03.2013 | 19.03.2013 | 19.03.2013 | 21.03.2013 | 19.03.2013 |
| Hasat olum zamanı | 02.04.2013 | 02.04.2013 | 02.04.2013 | 02.04.2013 | 02.04.2013 | 02.04.2013 | 02.04.2013 | 02.04.2013 | 02.04.2013 |
| Ömür varlığı | Çok yıllık | Çok yıllık | Çok yıllık | Çok yıllık | Çok yıllık | Çok yıllık | Çok yıllık | Çok yıllık | Çok yıllık |
| Verim (g bitki ⁻¹) | 454±0.31 | 281±0.15 | 464±0.31 | 236±0.11 | 530±0.10 | 179±0.10 | 259±0.10 | 214±0.10 | 146±0.09 |
| Yaprak uzunluğu (cm) | 18.3±0.28 | 15.0±0.20 | 15.7±0.24 | 13.0±0.19 | 16.0±0.09 | 17.5±0.20 | 17.0±0.19 | 19.0±0.20 | 15.0±0.21 |
| Yaprak genişliği (cm) | 14.0±0.25 | 12.5±0.22 | 14.3±0.21 | 10.3±0.19 | 14.2±0.22 | 17.3±0.19 | 12.8±0.15 | 15.7±0.29 | 14.5±0.18 |
| Yaprak rengi | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil | Yeşil |
| Yaprak şekli | Üçgenimsi | Üçgenimsi | Üçgenimsi | Üçgenimsi | Üçgenimsi | Üçgenimsi | Üçgenimsi | Üçgenimsi | Üçgenimsi |
| Yaprak uç şekli | Sivri | Sivri | Sivri | Sivri | Sivri | Sivri | Sivri | Sivri | Sivri |
| Yaprakta kabarıklık | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok | Yok |
| Yaprak tüylülüğü | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var | Var |
| Çiçek rengi | Mor | Mor | Mor | Mor | Mor | Mor | Mor | Mor | Mor |
| Çiçek büyüklüğü | Orta | Orta | Orta | Orta | Orta | Orta | Orta | Orta | Orta |
| Tohum rengi | Siyah | Siyah | Siyah | Siyah | Siyah | Siyah | Siyah | Siyah | Siyah |
| Tohum şekli | Oval | Oval | Oval | Oval | Oval | Oval | Oval | Oval | Oval |
| Bitkideki tohum miktarı (g) | 14.5 | 9.4 | 8.6 | 1.1 | 10.3 | 2.3 | 3.6 | 3.7 | 3.2 |
| 1000 tane ağırlığı (g) | 1.9 | 2.0 | 1.8 | 1.8 | 2.0 | 2.3 | 2.9 | 4.2 | 1.8 |



Şekil 2. Kaldırayak çiçeklerinin genel görünümü.
Figure 2. General appearance of kaldırayak flowers.



Şekil 3. Kaldırayak tohumlarının genel görünümü.
Figure 3. General appearance of kaldırayak seeds.

SONUÇ

Dünyanın ve Türkiye'nin birçok bölgesinde olduğu gibi Orta Karadeniz Bölgesi'nde de yöre halkı, yabani bitki türlerine yoğun şekilde talep göstermekte ve besin kaynağı olarak farklı şekillerde değerlendirmektedir. Bu talebin nedenleri insanların artık doğal ve dengeli beslenmeyi istemeleri, yabani türlerin tıbbi özelliklerinin olduğunun bilinmesi ve de sebze olarak değerlendirilen yabani bitki türlerinin kültür sebzelerine göre daha farklı tat, lezzet ve aroma özelliklerine sahip olması olarak sıralanabilir. Bu nedenle, başta daha çok talep edilen bu türler olmak üzere diğer türlerin de kültüre alınabilme olanaklarının araştırılmasına yönelik çalışmalar daha fazla sayıda yapılmalıdır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM/TA/11/06/01/009) tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Akçin ÖE., Kandemir N and Akçin Y., 2004. A morphological and anatomical study on a medicinal and edible plant *Trachystemon orientalis* (L.) G. Don (*Boraginaceae*) in the Black Sea Region. *Turkish Journal of Botany*, 28: 435-442.
- Aksakal Ö ve Kaya Y., 2008. Erzurum ve Çevresinde Halk Tarafından Gıda Amaçlı Olarak Kullanılan Bitkiler. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, 21-23 Mayıs, Erzurum.
- Balkaya A ve Yanmaz R., 2001. Bitki genetik kaynaklarının muhafaza imkânları ve tohum gen bankalarının çalışma prensipleri. *Çevre Koruma Dergisi*, 10(39): 25-30.

- Balkaya A and Ergün A., 2007. Determination of Superior Pinto Bean *Phaseolus vulgaris* L var Pinto Genotypes By Selection Under The Ecological Conditions of Samsun Province in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31: 335-347.
- Balkaya A., Kurtar ES and Yanmaz R., 2008. Evaluation and selection of suitable pumpkin *Cucurbita moschata* Duchense types from Turkey. *Acta Horticulturae*, 830(830): 55-62.
- Baytop T., 1984. Türkiye'de Bitkiler ile Tedavi (Geçmişte ve Bugün). İstanbul Üniversitesi Eczacılık Fakültesi, İstanbul Üniversitesi Yayınları No: 3255, İstanbul.
- Civelek C., 2011. Bafra Ovası'nda sebze olarak kullanılan yabancı bitkilerin toplanması, bazı besin içeriklerinin saptanması ve ıslah amaçlı olarak değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Davis PH., 1967. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Vol. 2, University of Edinburg, England.
- Davis PH., 1978. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Vol 6, University of Edinburg, England.
- Demir E., Yılmaz H., Özer H ve Kutbay HG., 2017. Samsun/Salıpazarı ilçesinde yayılış gösteren bazı yenilebilir yabancı bitkilerin karakteristik özelliklerinin belirlenmesi üzerine araştırma. *Mesleki Bilimler Dergisi*, 6(3): 738-749.
- Doğan Y., Baslar S., Ay G and Mert HH., 2004. The use of wild edible plants in Anatolia (Turkey). *Economic Botany*, 58: 684-690.
- Edmondson JR., 1978. *Trachystemon* D. Don. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* (Ed. Davis PH), Edinburgh University Press, pp. 386-387.
- Güner A., Aslan S., Ekim T., Vural M ve Babaç MT., 2012. Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, İstanbul.
- Karagöz A., Zencirci N., Tan A., Taşkın T., Köksel H., Sürek M., Toker C ve Özbek K., 2010. Bitki genetik kaynaklarının korunması ve kullanımı. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak, Ankara.
- Kibar B and Temel S., 2015 Evaluation of Mineral composition of some wild edible plants growing in the eastern anatolia region grasslands of Turkey and consumed as vegetable. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40: 56-66.
- Köse YB., Güner ST., Malyer H and Demirci F., 2010. Elemental analyses of medicinal an food plant: *Trachystemon orientalis* (L.) G. Don. XIII OPTIMA Meeting, 22-26 March 2010, Antalya.
- Özgen U., Kaya and Coşkun M., 2004. Ethnobotanical studies in the villages of the district of Ilıca (Province Erzurum), Turkey. *Economic Botany*, 58(4): 691-696.

Determination of Plant Parasitic Nematodes in Potato Growing Areas in Bolu Province

Mustafa İmren*

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

Received: 13.03.2018

Accepted: 15.04.2018

Keywords:

Distribution, densities, plant parasitic nematodes, potato, survey

Abstract. Potato (*Solanum tuberosum* L.) is one of the most important crops grown for food in the world, but many potato-yield limiting biotic factors are present such as plant parasitic nematodes (PPN). This study was conducted to determine the nematodes associated with potato growing areas during 2014-2016 growing seasons in Bolu province. Overall, Root lesion nematode, *Pratylenchus* spp. were the most common nematode genus occurring in potato production fields with an incidence of over 52.5%. The Cyst nematode, *Globodera* spp. was found in 35% and Root knot nematode, *Meloidogyne* spp. was in 20% of the samples whereas potato cropping very frequently with low rotation, incidences of plant-parasitic nematodes were 62.5% of *Ditylenchus* spp., 50% *Geocenamus* spp., 40% for *Helicotylenchus* spp. or *Rotylenchus* spp., 30% for *Paratylenchus* and *Amplimerlinus* spp., 9% for *Pratylenchoides* spp. and *Tylenchorhynchus* spp. The survey results suggested that the presence and the abundance of plant-parasitic nematodes were found relatively high in potato growing areas in Bolu and may have a potential to cause dramatic yield losses. The comprehensive surveys are indispensable to define the distribution, frequency as well as more accurate identification of plant parasitic nematodes species, particularly *Globodera* spp., *Meloidogyne* spp. and *Pratylenchus* spp. species in potato growing areas of Bolu province.

*Corresponding author

m.imren37@gmail.com

Bolu İli Patates Üretim Alanlarında Bitki Paraziti Nematodların Belirlenmesi

Anahtar kelimeler:

Yaygınlık, yoğunluk, bitki paraziti nematodlar, patates, survey

Özet. Patates (*Solanum tuberosum* L.) dünyada insan beslenmesinde kullanılmak amacıyla yetiştiriciliği yapılan önemli tarımsal ürünlerden biri olup, başta bitki paraziti nematodlar (BPN) olmak üzere, birçok biyotik faktör patates yetiştiriciliğini önemli ölçüde sınırlandırmaktadır. Bu çalışma, Bolu ili patates üretim alanlarında patatesten zararlı nematodların belirlenmesi amacıyla 2014-2016 yılları arasında yürütülmüştür. Çalışma sonucunda, Kök yara nematodları *Pratylenchus* spp. %52.5 oranla patates üretim alanlarında en fazla bulunan nematod olarak tespit edilmiştir. Kist nematodu, *Globodera* spp. %35, Kök-ur nematodu *Meloidogyne* spp. ise %20 oranında bulunmuş olup, münavebenin yapılmadığı lokasyonlarda bitki paraziti nematodların bulunma oranları: *Ditylenchus* %62.5 *Geocenamus* spp. %50, *Helicotylenchus* spp. or *Rotylenchus* spp. %40, for *Paratylenchus* ve *Amplimerlinus* spp. %30, *Pratylenchoides* spp. ve *Tylenchorhynchus* spp. %9 olarak tespit edilmiştir. Survey sonuçları, Bolu ili patates yetiştiriciliği yapılan alanlarda bitki paraziti nematodların yüksek yoğunlukta bulunduğu ve ekonomik ürün kayıplarına neden olabilecek potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, Bolu ili patates üretim alanlarında bitki paraziti nematodların yaygınlık ve yoğunluğunu belirlemek amacıyla daha kapsamlı surveylerin yapılması, patatesten zararlı nematodların, özellikle *Globodera* spp., *Meloidogyne* spp. ve *Pratylenchus* spp. türlerinin teşhislerinin yapılması gerekmektedir.

INTRODUCTION

Potato (*Solanum tuberosum* L.) is an important commercial crop and produced worldwide in 19 million ha, at the global production capacity of 368 million ton/year. Turkey is among the leading potato-producer countries in the worldwide and production mostly supplied from Niğde, Nevşehir, İzmir, Bolu and Afyon provinces. Only the Bolu province supplies 160 000 Mg year⁻¹ (Turkstat 2015) but it has been reduced due to the severe infections of pests and disease such as plant parasitic nematodes (Kepenekci 2012).

Plant parasitic nematodes (PPNs) cause significant yield reduction of agricultural products with a cost of >\$120 billion p.a. in the world (Chitwood 2011). PPNS are ubiquitous in many cropping systems including potato agro-ecosystem in Turkey (Kepenekci *et al.*, 2012). It has been reported that yield and quality traits of the potato are reduced by PPN infestations (Coyne *et al.*, 2003, Olabiği 2007). The occurrence of PPN in potato cultivated areas in Turkey becoming an important yield limiting factors and the situation may be worsen if proper management programs will not be put forward (Kepenekci *et al.*, 2012). The most frequently encountered plant-parasitic nematodes in potato, such as potato rot nematode (*Ditylenchus destructor*), potato cyst nematodes (*Globodera rostochiensis* and *G. pallia*), root-knot nematodes (*Meloidogyne chitwoodi*), the stem and bulb nematode (*Ditylenchus dipsaci*), and root lesion nematodes (*Pratylenchus* spp.) have also been reported by Jones *et al.* (2013).

The most important potato cyst nematode, *Globodera rostochiensis* has been reported for the first time by Enneli (1996) in Bolu, Turkey. Since the detection of this potato cyst nematode species in Bolu potato growing areas, the strict quarantine measures have been implemented to prevent nematode spread and contamination. However, the potato cyst nematode species was later detected in main potato growing province such as Niğde and İzmir (Evlice 2012; Ulutas 2012). Because of its capacity of quickly spreading to and colonizing new areas (Bebber *et al.*, 2014) and wide host range, root-knot nematode (RKN, *Meloidogyne* spp.), is positioned as the most financially harming (Jones *et al.*, 2013). Nine *Meloidogyne* species occur in Turkey with *M. incognita*, *M. javanica* and *M. chitwoodi* being the most prevalent (Kepenekci *et al.*, 2012). Moreover, Root lesion nematode, (RLN; *Pratylenchus* spp.) are the most encountered plant parasitic nematodes in Turkey, infest potato (*Solanum tuberosum* L.), other agronomic crops, perennials, ornamentals and hardwoods (Kepenekci *et al.*, 2012).

There is a very limited number of literature present about plant parasitic nematodes especially root knot nematode, cyst nematode and root lesion nematode affecting potatoes in Bolu. The objective of this work is to investigate the occurrence and distribution of plant parasitic nematodes associated with potato in Bolu.

MATERIAL AND METHOD

Nematode survey

The study was conducted to investigate occurrence of frequently encountered plant parasitic nematode genera in potato growing areas in Bolu. Soil samples and potato tubers were randomly sampled from selected locations in main potato producing areas of Dörtdivan and Central District in Bolu province (Figure 1). Several potato fields in which symptoms such as wilting, slow growth, stunting and yellowing of leaves were observed during the surveys. Soil samples from the rhizospheric regions of the plants were collected at a depth of 10-15 cm (Barker 1985). A minimum of 10 roots and soil sub-samples were collected from each field and were stored in polythene bags in the laboratory for processing. Altogether, 40 soil samples and tubers were collected from 40 different localities belonged to the 3 districts in Bolu province (Table 1).

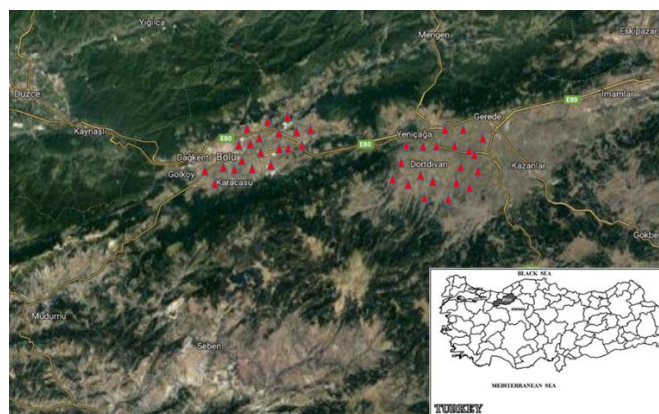


Figure 1. A map of Bolu province showing surveyed regions.
Şekil 1. Bolu ilinde survey yapılan bölgelerin haritası.

Nematode Extraction (Soil)

Soil samples were processed for the extraction of nematodes by Baermann's funnel and sieving-decanting method as described by (Hooper *et al.*, 2005).

Baermann's funnel method: This extracting method was used to isolate motile nematodes from the soil. A sub-sample of 200 ml soil was taken from the samples to extract nematodes by using the modified Baermann funnel technique (Hooper *et al.*,

Table 1. The location of soil samples collected from the Bolu province of Turkey.

Çizelge 1. Türkiye’de Bolu ilinde toplanan örneklerin lokasyonları.

| No | County | Location | Coordinates | |
|----|-------------------|--------------------------|---------------|---------------|
| | | | Latitude | Longitude |
| 1 | Dortdivan | County Center | 40° 44' 08" N | 32° 05' 56" E |
| 2 | Dortdivan | County Center | 40° 44' 03" N | 32° 05' 40" E |
| 3 | Dortdivan | County Center | 40° 43' 55" N | 32° 05' 30" E |
| 4 | Dortdivan | County Center | 40° 43' 54" N | 32° 05' 39" E |
| 5 | Dortdivan | County Center | 40° 43' 54" N | 32° 05' 39" E |
| 6 | Dortdivan | Doqancılar Village | 40° 43' 54" N | 32° 05' 54" E |
| 7 | Dortdivan | Doqancılar Village | 40° 43' 54" N | 32° 05' 54" E |
| 8 | Dortdivan | Cardak Village | 40° 43' 30" N | 32° 06' 18" E |
| 9 | Dortdivan | Yavalar Village | 40° 43' 13" N | 32° 05' 50" E |
| 10 | Dortdivan | Yavalar Village | 40° 43' 26" N | 32° 05' 42" E |
| 11 | Dortdivan | Yavalar Village | 40° 43' 39" N | 32° 05' 22" E |
| 12 | Dortdivan | Yayalar Village | 40° 43' 50" N | 32° 05' 15" E |
| 13 | Dortdivan | Deveciler Village | 40° 43' 43" N | 32° 05' 01" E |
| 14 | Dortdivan | Deveciler Village | 40° 43' 43" N | 32° 05' 01" E |
| 15 | Dortdivan | Adakınık Village | 40° 42' 33" N | 32° 04' 20" E |
| 16 | Dortdivan | Adakınık Village | 40° 42' 33" N | 32° 04' 20" E |
| 17 | Dortdivan | Adakınık Village | 40° 42' 28" N | 32° 04' 03" E |
| 18 | Dortdivan | Adakınık Village | 40° 42' 24" N | 32° 03' 56" E |
| 19 | Dortdivan | Kadılar Village | 40° 42' 45" N | 32° 03' 20" E |
| 20 | Dortdivan | Kadılar Village | 40° 42' 41" N | 32° 03' 08" E |
| 21 | Provincial center | Oqulduruk Village | 40° 45' 15" N | 31° 43' 15" E |
| 22 | Provincial center | Kasaplar Village | 40° 42' 09" N | 31° 33' 22" E |
| 23 | Provincial center | Doqancı Village | 40° 41' 16" N | 31° 34' 15" E |
| 24 | Provincial center | Doqancı Village | 40° 41' 16" N | 31° 34' 30" E |
| 25 | Provincial center | Karaağaç Village | 40° 44' 46" N | 31° 39' 39" E |
| 26 | Provincial center | Tatlar Village | 40° 45' 47" N | 31° 42' 26" E |
| 27 | Provincial center | Vakıfıqecitveren Village | 40° 43' 57" N | 31° 40' 09" E |
| 28 | Provincial center | Demirciler Village | 40° 43' 10" N | 31° 39' 33" E |
| 29 | Provincial center | Hacıbey Village | 40° 42' 17" N | 31° 39' 56" E |
| 30 | Provincial center | Okular Village | 40° 43' 09" N | 31° 38' 13" E |
| 31 | Provincial center | Örencik Village | 40° 42' 16" N | 31° 38' 37" E |
| 32 | Provincial center | İlicakınık Village | 40° 41' 51" N | 31° 37' 59" E |
| 33 | Provincial center | Karacasu Village | 40° 41' 53" N | 31° 37' 47" E |
| 34 | Provincial center | Sultanbey Village | 40° 41' 47" N | 31° 34' 15" E |
| 35 | Provincial center | Cakır Village | 40° 41' 48" N | 31° 34' 15" E |
| 36 | Provincial center | Kopruculer Village | 40° 41' 39" N | 31° 35' 1" E |
| 37 | Provincial center | Campınar Village | 40° 41' 23" N | 31° 35' 35" E |
| 38 | Provincial center | Campınar Village | 40° 41' 12" N | 31° 35' 28" E |
| 39 | Provincial center | Campınar Village | 40° 41' 10" N | 31° 35' 21" E |
| 40 | Provincial center | Campınar Village | 40° 41' 10" N | 31° 35' 22" E |

2005). Nematodes were collected after 24 hours in a 100 ml measure and transferred into a 2 ml Eppendorf tube. Extracted nematodes were counted using a stereomicroscope.

Sieving-decanting method: This extracting method was used for the isolation of sedentary nematodes in soil. By mixing the soil, a sub-sample of 250 cm³ was taken to extract nematodes by using a modified sieving-decanting technique (Fenwick 1940). Cysts were collected on 250 µm pore-sized sieves, then, counted and collected by hand using a dissecting needle under a stereo-binocular microscope (Zeiss, V20) at 12 × magnification.

Nematode Extraction from Tubers

Nematodes were extracted within 48 hours after tubers were collected from the field. Modified Baermann technique was used for extraction. Potato tubers were rinsed and peeled thinly with knife, then; peelings were chopped to 3-5 cm sizes and mixed thoroughly. The sample was gently poured onto a tissue paper on a sieve, 24 hours later nematode containing solutions were collected in 100 ml measures, allowed to settle in the measures, removed the excess water from the measures, then, they were transferred into 2 ml Eppendorf tubes. Extracted nematodes were counted using a stereomicroscope.

Root and tubers were also examined visually under a stereo-binocular microscope. The females of the root knot nematodes were removed from the galled roots for species identification. The assessment of nematode abundance in 10 g root samples and 100 g soil sample was performed in a chambered counting dish under a stereoscopic binocular microscope.

Plant Parasitic Nematode Community Analyses

The community structure of plant parasitic nematodes was analysed in relation to the site differences especially the distance between the sampling sites and locations in potato fields. The population densities of nematode species in the samples were calculated using the formulae (Norton 1978).

$$\text{Absolute frequency} = \frac{\text{Number of samples containing a genus}}{\text{Number of samples collected}} \times 100$$

$$\text{Relative frequency} = \frac{\text{Frequency of a genus}}{\text{Sum of frequency of all genus}} \times 100$$

$$\text{Absolute density} = \frac{\text{Number of individuals of a genus in a sample}}{\text{Volume or mass or units of the samples}} \times 100$$

RESULTS

The abundance of plant parasitic nematode population 1000 cm⁻³ associated with potato plant in 40 different localities belonging to 3 district in Bolu (Table 2). The total survey area represented 12% of the potato hectare in Bolu province. Plant parasitic nematodes were present in 90% of soil samples. The plant parasitic nematode abundances in the investigated areas had an average value of 820 individuals 100 g⁻¹ soil in sample. Ten genera of plant-parasitic nematodes were identified. Most abundant and common genera were: *Geocenamus*, *Ditylenchus*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* or *Rotylenchus*, *Amplimerlinus*, *Globodera*, *Paratylenchus*, *Pratylenchoides*, *Tylenchorhynchus* and *Meloidogyne* (Table 2).

Table 2. Community analysis of plant parasitic nematodes on potato plant in 40 different localities of Bolu. Çizelge 2. Bolu ilinde 40 farklı lokasyonda patates bitkisinde bitki paraziti nematodlarının topluluk analizi.

| No | Nematode | Absolute Frequency | Relative Frequency | Absolute Density |
|----|--|--------------------|--------------------|------------------|
| 1 | <i>Globodera</i> spp. | 27.5 | 3.8 | 7.7 |
| 2 | <i>Meloidogyne</i> spp. | 10.0 | 10.0 | 2.8 |
| 3 | <i>Pratylenchus</i> spp | 52.5 | 89.0 | 14.8 |
| 4 | <i>Paratylenchus</i> spp. | 27.5 | 25.5 | 7.7 |
| 5 | <i>Pratylenchoides</i> spp. | 20.0 | 22.5 | 5.6 |
| 6 | <i>Tylenchorhynchus</i> spp. | 20.0 | 28.8 | 5.6 |
| 7 | <i>Geocenamus</i> spp. | 65.0 | 40.0 | 18.3 |
| 8 | <i>Amplimerlinus</i> spp. | 30.0 | 25.8 | 8.5 |
| 9 | <i>Helicotylenchus</i> spp. or <i>Rotylenchus</i> spp. | 40.0 | 47.5 | 11.3 |
| 10 | <i>Ditylenchus</i> spp. | 62.5 | 40.0 | 17.6 |

Economically important plant parasitic nematodes found within the potato rhizosphere were root knot nematode, *Meloidogyne* spp., root-lesion nematode, *Pratylenchus* species and cyst nematode, *Globodera* species. The nematodes were unevenly distributed across the sampled area. The population of lesion nematode, *Pratylenchus* species tends to be generally higher than the other plant parasitic nematodes after *Geocenamus* species within the potato rhizosphere. The population of root knot nematode, *Meloidogyne incognita* was the lowest than the other nematodes in the potato growing regions. Moreover, potato cyst nematode, *Globodera* spp. were detected in many samples, however there was no full cyst. Additionally, free-living nematodes from bacterivorous group were detected in all soil and root samples (Table 2).

An analysis of nematode communities is also shown in Table 2 and revealed the presence of 10 genera of plant parasitic nematodes. The most frequently occurring nematode was *Geocenamus* spp. having an absolute frequency of 65%, followed by *Ditylenchus* spp. with 62.5% and *Pratylenchus* spp. with 52.5%. The lowest absolute frequency was recorded in *Meloidogyne* spp. with 10%. Likewise, the highest relative frequency was recorded in *Pratylenchus* spp. with 89% followed by *Helicotylenchus* or *Rotylenchus* spp. with 24.39% and *Geocenamus* spp. with *Ditylenchus* spp. with 40%, the lowest being recorded in *Meloidogyne* spp. with 3.8% (Table 2).

DISCUSSION

The main goal of the present study was to investigate the distribution of plant-parasitic nematodes in potato farming in Bolu, the key potato-producing province, north-western Turkey. Survey results revealed that more than 90% of the potato-sampled stocks were infected with by *Geocenamus*, *Ditylenchus*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* or *Rotylenchus*, *Amplimerlinus*, *Globodera*, *Paratylenchus*, *Pratylenchoides*, *Tylenchorhynchus* and *Meloidogyne*, and approximately 10% of the stocks were co-infected by more than one of these nematodes. Knowledge is limited about the extent and damage potential by many of these species to potato. However, *Globodera* spp., *Meloidogyne* spp., and *Pratylenchus* spp. can be damaging the potato (Olabiya 2004; Kepenekci *et al.*, 2014).

On a worldwide basis, the ten most important nematode genera include *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Heterodera*, *Ditylenchus*, *Globodera*, *Tylenchulus*, *Xiphinema*, *Radopholus*, *Rotylenchulus* and *Helicotylenchus* (Sasser and Freckman 1987; Whitehead 1998) and some of which are economic nematode pests of potato (Ames *et al.*, 1997; Coyne *et al.*, 2003). Sasser (1989) in a worldwide research survey, ranked root knot nematode *Meloidogyne* species, root lesion nematodes *Pratylenchus* species and cyst nematodes *Globodera* species as the world's top three plant parasitic nematodes. Moreover, *Meloidogyne chitwoodi*, *Globodera rostochiensis*, *Ditylenchus destructor*, *D. dipsaci*, and *Pratylenchus* spp. have been confirmed as the nematode pests of potato in Turkey (Ulutas *et al.*, 2011; Evlice *et al.*, 2012). Our result is significant to note that the majority of pathogenic nematodes are soil inhabiting and endoparasitic in nature in potato farming in Bolu, Turkey.

Root knot nematodes are ubiquitous and over 126 species have been described (Moens *et al.*, 2009) but

only a very few are economically important in agriculture (Sasser 1980). The most economically important ones are *M. incognita*, *M. indica*, *M. javanica*, *M. hapla*, *M. graminicola*, *M. arenaria*, and *M. tritricoryzae* (Mangala and Mauria 2006; Kepenekci *et al.*, 2014). However, root-knot nematodes were not identified species level in sampled areas in present study. The symptoms caused by root lesion nematodes, *Pratylenchus* spp. are non-specific and often confused with nutrient deficiency, water deficits, salinity or other soil disorders. There are variations in the symptoms expressed based on species of plant parasitic nematodes involved, initial nematode population density, age of the host, plants and various ecological factors (Mangala and Mauria 2006). A more comprehensive study is needed to identify *Pratylenchus* species in surveyed areas in this study. *Globodera* spp. were detected in studied areas, but the nematode cysts were found empty. It should be re-evaluated in a detailed survey to determine species level of frequency and density of *Globodera* spp. In addition, it is specifically needed to determine the reason behind the empty cysts of *Globodera* spp.

Management strategies of plant parasitic nematodes in potato growing areas in the Bolu will require an integrated approach. Although nematicides will still be used, other control strategies, which include crop rotations, cultural practices, sanitation and quarantine, are expected to integrate into management practices.

CONCLUSION

By this study, a survey conducted in three main sweet potato growing areas in Bolu, Turkey, the plant-parasitic nematodes associated with this crop have a low diversity since only ten genera of parasitic nematodes were found in the rhizosphere of the plants. They are widespread in the main potato growing areas with a relatively high abundance. However, their effects on the growth and yield of potato has not been determined, yet. Therefore, it is necessary to study its bio-ecology and pathogenicity to potatoes, particularly, detected by this study such as *Globodera* spp., *Meloidogyne* spp., and *Pratylenchus* spp. Moreover, it needs a comprehensive study in sampled areas to determine these nematode species and their significances.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors acknowledge the Scientific Research Project (BAP) Commission of Bolu Abant İzzet Baysal University for funding under project no 2014.10.06.726 for this study.

REFERENCES

- Ames T., Smit NEJM., Braun AR., O'Sullivan JN and Skoglum LG., 1997. Sweetpotato: Major pests, diseases and nutritional disorders. International Potato Center, Peru, pp. 104-111.
- Barker KR., 1985. Nematode extraction and bioassays. An Advanced treatise on *Meloidogyne* (Eds. Barker KR., Carter CC and Sasser JN), North Carolina State University, USA, pp. 19-35.
- Bebber DP., Holmes T., Smith D and Gurr SJ., 2014. Economic and physical determinants of the global distributions of crop pests and pathogens. *New Phytologist*, 202: 901-910.
- Chitwood DJ., 2011. Research on plant-parasitic nematode biology conducted by The United States Department of Agriculture-Agricultural Research Service. *Pest Management Science*, 59: 748-753.
- Coyne DP., Steadman JR., Godoy-Lutz G., Gilbertson R., Arnaud-Santana EA., Beaver JS and Myers JR., 2003. Contributions of the bean/cowpea CRSP to the management of bean diseases. *Field Crops Research*, 82: 155-168.
- Enneli S and Öztürk G., 1996. Important Plant Parasitic Nematodes Damaging Potatoes in Central Anatolia Region, 3rd Turkish Entomology Congress, 24-28 September, Ankara, Turkey.
- Evlice E and Bayram S., 2012. A Survey of Potato Fields for Root-Knot Nematode in Central Anatolia, Turkey. 128. Proceedings of 31th International Symposium of the European Society of Nematologists, 23-27 September, Adana, Turkey.
- Fenwick DW., 1940. Methods for the recovery and counting of cysts of *Heterodera schachtii* from soil. *Journal of Helminthology*, 18: 155-172.
- Hooper DU., 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological Monographs*, 75: 3-35.
- Jones TJ., Haegeman A., Danchin EG., Gaur HS., Helder J., Jones MGK., Kikuchi T., Manzanilla-Lopez R., Palomares-Rius JE and Wesemael WML., 2013. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 1: 946-961.
- Kepenekci I., 2012. Nematology: Plant Parasitic and Entomopathogen Nematodes. 1st ed. Ankara, Turkey. Department of Training, Extension and Publications, Series of Agricultural Sciences (2012/3).
- Kepenekci I., Evlice E and Öztürk G., 2014. Taxonomic characteristics of *Meloidogyne exigua* Goeldi which is a new root-knot nematode for Turkey and other root-knot nematode species. *Plant Protection Bulletin*, 54: 1-9.
- Mangala MS and Mauria S., 2006. Handbook of Agriculture. Facts and Figure for Teachers, Students and All Interested Farmers. Indian Council of Agricultural Research: Chandu Press.
- Moens M., Perry RN and Starr JL., 2009. Root Knot Nematodes. CABI International, UK.
- Norton DC., 1978. Ecology of Plant-Parasitic Nematodes. Wiley-Interscience, New York.
- Olabiya TI., 2007. Susceptibility of sweet potato (*Ipomea batatas*) varietiesto root knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 2: 318-320.
- Sasser JN., 1980. Root-knot nematodes: A global menace to crop production. *Plant Disease*, 64(1): 36-41.
- Sasser JN., 1989. Plant Parasitic Nematodes. The Farmer's Hidden Enemy. A Cooperative Publication of The Department of Plant Pathology, North Carolina State University and Consortium for International Crop Protection.
- Sasser JN and Freckman DW., 1987. A World Perspective on Nematology: The Role of the Society. *Vistas on Nematology* (Eds. Veech JA and Dickson DW), Society of Nematologists, Hyattsville, Maryland, pp. 7-14.
- TURKSTAT 2015. Turkish Statistical Institute, Ankara, Turkey, www.turkstat.gov.tr [Access: April 16, 2015].
- Ulutas E., Ozarslandan A., Kaskavalci G and Elekcioğlu IH., 2012. Molecular detection of *Globodera rostochiensis* Wollenweber (Tylenchida: Heteroderidae) in Aegean region potato fields. *Turkish Journal of Entomology*, 36: 155-160.
- Whitehead AG., 1998. Plant Nematode Control. CAB International, Willingford, UK.

Determination of Resistance in Winter Wheat Genotypes to the Dryland Root Rots Caused by *Fusarium culmorum* in Turkey

Gul Erginbas Orakci* Alexey Morgounov Abdelfattah Adnan Dababat

Global Wheat Program-CIMMYT (International Maize and Wheat Improvement Centre), Ankara, Turkey

Received: 12.04.2018

Accepted: 11.06.2018

Keywords:

Fusarium, resistance, root rot, wheat

Abstract. The dryland root rot (foot/crown) caused by *Fusarium* spp. attacks cereals especially wheat and causes severe yield loss by reducing both grain quantity and quality. Among those *Fusarium* species attacking wheat crop is the *Fusarium culmorum* species which has been reported as the main crown rot causal agent in Turkey. Unfortunately, up-to-date, there is only some wheat genotypes with partial resistant to *Fusarium* spp. Therefore, this study was carried out to find new sources of resistance in diverse wheat genotypes to limit the damage caused by *Fusarium* disease. In this study, a total of 141 genotypes and breeding lines were obtained from 19 different countries, provided via the International Winter Wheat Improvement Program (IWWIP) and screened for their resistance reactions to a local isolate of *Fusarium culmorum* under three different environmental conditions (growth room, greenhouse and field) in Turkey in 2012. The best performed genotypes in terms of resistant were then rescreened in 2013 for data validation. Out of the 141 phenotyped wheat genotypes, 17 genotypes (12 %) ranked as moderately resistant (MR) at seedling and/or adult growth stage. The genotypes from Mexico seemed to have adult plant resistant rather than seedling resistance which was higher in the USA genotypes. Winter bread wheats PATWIN YR5 and TAST/SPRW//ZAR/5/YUANDONG 3/4/PPB8-68/CHRC/3/PYN//TAM101/AMIGO which possess high level of resistance seem promising for breeding for foot rot.

*Corresponding author
gul_erginbas@hotmail.com

Kışlık Buğday Genotiplerinin Türkiye’ de Kök Çürüklüğü Etmeni *Fusarium culmorum*’a Karşı Dayanıklılığı’nın Belirlenmesi

Anahtar kelimeler:

Fusarium, dayanıklılık, kök çürüklüğü, buğday

Özet. Kuru alan kök (kökboğazı/dip) çürüklükleri’ne neden olan *Fusarium* türleri tahıllara özellikle buğdaya zarar vermekte, tane sayı ve kalitesini azaltarak önemli verim kaybına neden olmaktadır. Türkiye’de kök çürüklüğü hastalık etmeni *Fusarium* türleri içinde buğday bitkisine zarar veren başlıca etmen olarak rapor edilen tür *Fusarium culmorum*’dur. Maalesef, günümüze kadar *Fusarium* türlerine karşı sadece birkaç kısmi dayanıklı buğday genotipi bulunmuştur. Bu nedenle, bu çalışma *Fusarium* hastalığının neden olduğu zararı sınırlandırmak amacıyla çeşitli buğday genotiplerinde yeni dayanıklılık kaynaklarının bulunması amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada, Uluslararası Kışlık Buğday Geliştirme Programı (IWWIP) aracılığıyla 19 farklı Ülke’den toplam 141 ıslah materyali (hat ve çeşit) sağlanmıştır ve Türkiye’de 3 farklı ortamda (büyütme odası,sera, tarla) yerel izolat *Fusarium culmorum*’a karşı dayanıklılıklarının belirlenmesi amacıyla 2012 yılında test edilmiştir. Dayanıklılık bakımından en iyi performansı gösteren genotipler verilerin doğrulanması amacıyla 2013 yılında tekrar test edilmiştir. Fenotiplendirme yapılan 141 genotip içinden toplam materyalin %12’ lik kısmını oluşturan 17 genotip fide ve/veya yetişkin dönemde orta dayanıklı olarak gruplandırılmıştır. Meksika kaynaklı genotipler, fide dayanıklılığı daha fazla gösteren Amerika kaynaklı genotiplerin aksine yetişkin dönem dayanıklılığı göstermiştir. Yüksek dayanıklılık gösteren kışlık buğdaylar PATWIN YR5 ve TAST/SPRW//ZAR/5/YUANDONG 3/4/PPB8-68/CHRC/3/PYN//TAM101/AMIGO kök çürüklüğü’ ne karşı ıslahta ümitvar olarak görülmektedir.

INTRODUCTION

Wheat is grown on 20% of the cultivated land area of the world and is a main food resource for 40% of the world's population (Braun et al., 2010). In 2016, an estimated of 742 million tons of wheat (*Triticum aestivum* L.) was produced from 223 million ha (FAO 2018). In 2050, the world's population is expected to reach 9 billion, thus it is estimated that cereal production needs to increase by 50% by 2030 (Alexandratos and Bruinsma 2012). Turkey is one of the 10 largest wheat producers in the world with an average grain yield estimate of 2.5 tonnes - ha and varying wheat production between 16 and 21 million tonnes (Braun et al., 2001). So far the wheat production is suffering substantial losses of biotic and abiotic stress factors. Among the biotic stress factors; *Fusarium* species causing foot, crown and root rots occur in winter cereals worldwide virtually wherever cereal-based farming system predominates (Burgess et al., 2001). The disease can be caused primarily by *Fusarium culmorum*, *F. pseudograminearum* (formerly *F. graminearum* group 1), and *F. graminearum* (formerly *F. graminearum* group 2). Those three species have been reported to be associated with wheat and cause significant yield damage in West Asia and North Africa (Egypt, Tunisia, Morocco, Algeria), USA, Canada, Australia, Turkey (Smiley 2005; Tunali 2008; Chakraborty 2010). *Fusarium* root rot mainly caused by *F. culmorum* is characterized by a decay of the crown and lower stem tissue, resulting in scattered white heads with shriveled or no grain under disease favorable conditions and ultimately in the reduction of grain quality and quantity (Cook 1980). Yield loss due to these pathogens have been reported and reached up to 35% in winter wheat in Pacific Northwest (PNW) of America (Smiley 2005), 25-58% in Australia while the disease can inflict yield losses of up to 89% (Klein 1991; Chakraborty et al., 2010) and up to 49% in Tunisia (Chekali 2016). In Turkey, losses have been reported in winter wheat and reached up to 43% (Hekimhan et al., 2004), 54% in durum wheat in Central Anatolian Plateau (CAP) (Bagci et al., 2001). Aktaş et al. (1999) reported disease intensity of 36% in winter cereals as a result of root and crown rots. The CAP covers 10 million hectares of cultivated land of which winter wheat is considered the main cultivated crop with an annual precipitation between 250-500 mm (Benli et al., 2007). About 90% of wheat areas in Turkey are cultivated under rainfed or supplementary irrigation conditions, where drought stress is common (Braun et al., 2001) and considered a favorable environment for the dryland foot rot. *Fusarium culmorum* has been reported as the prevalent species

causing foot rot in Turkey (Akgül 2008; Bentley 2006; Hekimhan et al., 2004; 2010; Nicol et al., 2004; Tunali et al., 2008, Shikur 2017). Using resistant crops of high yielding potential is the most efficient and economical way to increase wheat productivity and manage soil borne pathogens especially in dryland fields. However, varieties with high level of resistance are still not available (Li et al., 2012). Only few sources with partial resistance which have been identified and used for molecular mapping studies such as Kukri (Wallwork et al., 2004), 2-49 (Collard et al., 2005), W21MMT20 (Bovill et al., 2006), CSCR6 (Ma et al., 2009), Ernie (Li et al., 2010). Based on the foregoing, crop rotation with non-host crop or cultivars is still one of the most recommended methods to reduce the damage caused by *Fusarium* species (Burgess et al., 2012) though in rainfed wheat production systems where cereal monoculture is practiced extensively as it is the case in Turkey, rotation offers limited option to control root rot diseases (*F. culmorum*). Therefore, the main objective of this study was to screen diverse winter wheat genotypes to find new sources of resistance against the dryland *F. culmorum* based on multiple screening environments which will ultimately widen the genetic pool by using those sources in the breeding programs.

MATERIAL AND METHOD

Plant Genetic Resources

A set of 141 winter wheat genotypes provided by the International Winter Wheat Improvement Program (IWWIP) representing 19 different countries of a broad geographical spectrum along with the standard 6 breedinglines/varieties known for their resistant reaction to the dryland root rot caused by *F. culmorum* were evaluated in this study (Table 1).

***Fusarium* Inoculum**

A local *Fusarium* species isolated from naturally infested field in Kırşehir, Turkey (39° 39' 709" N, 32° 37' 14" E), molecularly identified as *F. culmorum* according to Nicholson et al. (1998) was used in all tests. This isolate was selected and used in this study based on its high virulence (88%) against wheat genotype. A monospore isolate of *F. culmorum* was cultured on Synthetic Nutrient Agar (SNA) medium (KH₂PO₄ 1g, KNO₃ 1g, MgSO₄·7H₂O 0.5 g, KCl 0.5 g, Glucose 0.2 g, Sucrose 0.2 g, Agar 20 g, 1000 ml distilled water) at 23 °C for 10 days. Propylene bags (48 cm x 20 cm) (Unicorn, Amsterdam, Netherlands) were quarter filled with wheat bran, autoclaved at 121 °C for 20 min for three consecutive days. One week

Table 1. Breedinglines/varieties and their resistant reaction to the root rot caused by *Fusarium culmorum* used at the soil borne disease at CIMMYT-Turkey program.

Çizelge 1. CIMMYT-Türkiye Toprak Kökenli Hastalıklar programında kullanılan bu kontrol hatları/çeşitleri ve *Fusarium culmorum*' un sebep olduğu kuru alan kök çürüklüğü'ne karşı dayanıklılık bakımından reaksiyonları.

| Wheat Genotype | Resistance Rating | Type | Source |
|----------------|-------------------|------|-----------|
| Altay 2000 | MR | WW | Turkey |
| Sonmez | MR | WW | Turkey |
| 2-49 | MR | SW | Australia |
| Sunco | MR-MS | SW | Australia |
| Seri 82 | S | FAC | Mexico |
| Kiziltan 91 | HS | FAC | Turkey |

Abbreviations stand for: MR= Moderately Resistant, MS= Moderately Susceptible, S= Susceptible, MS= Moderately Susceptible, HS= Highly Susceptible, WW= Winter Wheat, SW= Spring Wheat, FAC= Facultative.

later, 15 ml of sterilised water consisting of mycellium from the monosporic culture was transferred into each bag and left for 2 to 3 weeks at 23 °C to enhance sporulation and thereafter used as source of inoculum in this study.

Seedling Resistance Screening (Growth room)

Wheat seeds were placed onto a moist blotting paper in sterilled petri dishes and left for 3 days at 23 °C to enhance germination. Seeds were left till 3 cm long radicles roots were formed. A single pregerminated seed was sown in a plastic tube (Stuewe and Sons, Corvallis, OR) measuring (16 cm height x 2.5 cm diam.) containing potting mixture of sterilised sand, field soil, and organic matter (50:40:10, v/v/v). Sand and field soils were sterilised at 110 °C for 2 h and organic fertilizer was sterilized at 70 °C for 5 h. Six additional genotypes with known resistant reaction to crown rot were used as control in this study (Table 1). One week after transplanting pregerminated seeds, each seedling was inoculated with 1 ml of spore suspension of *F. culmorum* at a rate of 1×10^6 spore per ml of water. To enhance infection; inoculated seedlings were covered with plastic tent and incubated at 75% of relative humidity and watered from bottom and kept in the dark for 48 h before removing the plastic cover and left to grow under the growth room conditions for 49-56 days with 16 h of artificial photoperiod and at 23 °C with relative humidity of $65 \pm 5\%$ as per Mitter et al. (2006). Each treatment was replicated 5 times and tubes were placed in a completely randomised block design. Trials were repeated once for data validation.

Adult Plant Screening (Greenhouse and Field)

A single wheat seed was sown in each plastic tube (Stuewe and Sons, Corvallis, OR) (21 cm height x 3.8 cm diam.) filled with the same potting mixture as mentioned above and was inoculated with 0.25 g of

wheat bran *F. culmorum* consisted of about 5×10^5 spore per ml. Wheat bran were soaked in 1 ml water to estimate relative spore concentration by using a hemocytometer. The plants were left to grow under the greenhouse from October to June (winter wheat growing season) and harvested at maturity as lined with natural field conditions. In order to enhance disease symptoms, water was reduced near heading stage to stimulate post anthesis drought stress. The method used in this test was similar to that described by Wallwork et al. (2004). Plants were watered whenever needed. Each treatment was replicated 6 times and placed in a completely randomised block design. For field assay, wheat genotypes (141 genotype) plus the breedinglines/varieties (6 genotypes) were planted at ILCI private agricultural research institute in Kırşehir, Turkey in 2012. For each genotype, 5 g seeds were hand planted in row of 1 m long and replicated 3 times in a completely randomised block design. In 2013, a set of 69 selected genotypes based on their performance in 2012 screening and showed promising resistant reaction were re-evaluated under the same field conditions for data validation. At harvest time, up to 20 tillers of each genotype (replicate) was randomly selected, peeled, and assessed for *F. culmorum* disease symptoms as per Erginbaş-Orakci et al. (2012; 2016).

Statistical Analysis

Plants were harvested and assessed based on the browning/rotting percentage on the crown which describes the stem (1 cm above soil level) according to the modified 1-5 scale: 1= 1-9% Resistant (R), 2= 10-29% Moderately Resistant (MR), 3= 30-69% Moderately Susceptible (MS), 4= 70-89% Susceptible (S), 5= 90-100% Highly Susceptible (HS) (Wildermuth and McNamara 1994; Erginbaş-Orakci et al., 2016). The data were analyzed according to standart analysis of variance. Significant differences between the

genotype was performed based on the Least Significant Difference (LSD). JMP10 statistical package program was used for tests.

RESULT

The tested genotype showed disease severity ranged between 1% and 89% (Wildermuth and McNamara 1994). The genotypes were categorized into 5 groups based on their reaction ranging from Resistant (R) to Highly Susceptible (HS). The breedinglines/varieties used in the study gave the expected reactions against the disease under the different screened environments. The tetraploid Kiziltan 91 used in this study showed higher susceptible expression than the hexaploid Seri 82. Out of the 141 genotype screened in 2012 a subset of 69 promising genotype were selected based on their resistant reaction to *F. culmorum* under the three different screening environments (growth room, greenhouse and field) in the 1st run. The results of the validation study resulted in 16 genotype with same or better resistant reaction to the foot rot disease when compared to the breedinglines/varieties used in the study (Table 2). Two of the 16 genotype gave resistant reaction to crown rot at both seedling and adult stages in particularly PATWIN YR5 and TAST/SPRW//ZAR/5/YUANDONG3/4/PPB8-68/CHRC /3/PYN//TAM101/AMIGO and considered moderately resistance against *Fusarium culmorum*. Based on the grouping genotype screened for adult plant resistance (APR) in both greenhouse and field resulted in 2.8% MR-R, 59.5% MS, and 37.5% S-HS. While genotype screened for seedling resistant gave 11.3% R-MR, 54.6% MS, and 34% S-HS. The highest frequencies of resistant reaction to *F. culmorum* were obtained from those genotype originated from Romania, Turkey, USA, IWWIP, Mexico - IWWIP (Table 2). Genotypes KS82142/PASTOR, DEFENSE, EXCALIBUR/WBLL1, PATWIN-YR5, ALAMOOT/4/KAL/BB/CJ/3/HORK can be considered as valuable sources for foot rot (*F. culmorum*). The set was also screened against other soil borne disease cereal cyst nematode (*Heterodera filipjevi*) as well as main foliar diseases caused by the 3 rusts species (Table 3). The performance of selected resistant genotypes and their reaction for multiple diseases (CCN and Rusts) are given in Table 3 (Rust data is obtained from IWWIP). The data has indicated that entry 26, 62, 65, 67, 73, and 111 which were good for crown rot were also good for all rust diseases tested (stripe, leaf and stem rust). Agronomy and grain quality parameters for selected lines were performed on those genotypes and will be of high importance to the breeding programs to

pyramide the different traits in a high yielding widely cultivated varieties (Table 4; Data is obtained from IWWIP).

DISCUSSION

To date a wide range and diverse germplasm from around the globe obtained from CIMMYT-Mexico and IWWIP (International Winter Wheat Improvement Program) has been phenotypically screened in terms of their resistance to *Fusarium* crown rot (Erginbaş-Orakci et al., 2013a). Wheat genotype resistant to crown rot is limited, therefore, developing and/or identifying a new genotype with acceptable level of resistance will greatly benefit wheat producers 'farmers'. Implementing the resistant germplasm with other cultural practices such as crop rotation and other Integrated Pest Management (IPM) will ultimately reduce the damage and increase the grain yield (Erginbaş-Orakci et al., 2010). The damage on cereals caused by soil borne pathogens especially the *Fusarium* genus are known in wheat producing areas globally (Smiley et al., 2005; Chakraborty et al., 2010). The present investigation demonstrated that *F. culmorum* is highly aggressive on wheat genotypes. Using resistant genotypes of high yielding potential is the most effective and economical way to control soil borne pathogens, especially under drought areas where cereals are cultivated and monoculture cropping systems exist (Erginbaş-Orakci et al., 2013b). Efforts has been made by pathologists around the globe to find Quantitative Trait Loci (QTLs) against the crown rot. However, only few sources were identified with partial resistance (Wallwork et al., 2004; Collard et al., 2005; Ma et al., 2009; Li et al., 2010). The results of this study clearly show high variation in their resistance reaction between and/or among the tested genotypes. All genotypes assessed for crown symptoms at seedling stage for seedling resistance in growth room, at adult plant resistance under greenhouse and field conditions showed various reactions to the pathogen *F. culmorum*. The genotypes were ranked according to the browning/rotting severity on the crown and were compared to the controls used in this study. The genotypes which showed consistency in disease ratings both at seedling and adult stages over the 2 growing season were considered reliable and promising lines. As reported by Smiley and Yan (2009), a high degree of variation in response to crown rot disease over years and found it difficult to establish reliable tolerance standards in wheat genotypes. Therefore, the slightly variation between the lines and controls (which seen more adapted) in our study might be due to the uneven

Table 2. Mean crown rotting data of 17 promising winter wheat genotypes including controls assessed under growth room, greenhouse and field conditions at 2 consecutive years (2012/13).

Çizelge 2. Büyütme odası, sera ve tarla koşullarında ümitvar 17 kışlık buğday genotipi ile kontrol hat/çeşitlerin kök boğazı çürüklüğüne ait 2012-2013 yılı ortalama verileri.

| OE | CNAME | TK ACC | OC | 2012/13 | | | 2013/14 | | | Seedling Stage Resistance: SSR , Adult Stage Resistance: ASR |
|-----|---|--------|--------------------------------|---------|------------|-------------|---------|------------|-------------|---|
| | | | | Field | Greenhouse | Growth-room | Field | Greenhouse | Growth room | |
| 26 | KS82142/PASTOR | 050117 | United States of America-IWWIP | . | 2.8 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | SSR |
| 38 | DEFENSE | 980221 | France | 2.5 | 3.0 | 2.0 | 3.0 | 2.7 | 2.4 | SSR |
| 47 | F02106G2-1FZ101 | 110613 | Romania | 2.5 | 2.7 | 1.0 | 3.0 | 3.3 | 2.0 | SSR |
| 49 | ES85-19/V-763-254/3/RSK/NAC//CTK/VEE | 101320 | Turkey | 2.0 | 3.7 | 2.0 | 3.0 | 1.3 | 1.8 | SSR |
| 57 | EXCALIBUR/WBLL1 | 100037 | Mexico | 2.0 | 2.7 | 4.0 | 2.0 | 1.8 | 3.0 | ASR |
| 62 | ABI 86*3414/X84W063-9-39-2//KARL92 | 020486 | United States of America | 3.0 | 2.5 | 2.2 | 2.0 | 1.5 | 1.5 | SSR |
| 65 | 85ZHONG33/ZLATOSTRUI//PLK70/LIRA | 000022 | IWWIP | 1.0 | 2.0 | 2.0 | 4.0 | 3.5 | 2.0 | SSR |
| 67 | BONITO-44 | 010268 | Mexico-IWWIP | 1.5 | 2.8 | 1.0 | . | 2.2 | 2.5 | ASR |
| 68 | SABALAN//KRC66/SERI/5/JUP/4/CLLF/3/II14-53/ODIN//CI134431/SEL6425/WA00477 | 030084 | IWWIP | 2.5 | 2.7 | 2.0 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | SSR |
| 69 | PATWIN YR5 | 100894 | United States of America | 2.0 | 2.2 | 2.0 | . | 2.3 | 2.0 | ASR-SSR |
| 73 | ALAMOOT/4/KAL/BB//CJ/3/HORK | 090859 | Iran-Karadj | 2.5 | 2.5 | 2.0 | 4.0 | 1.3 | 2.2 | SSR |
| 78 | W95-091 (=KS85-663-8-9//WI81-133/THUNDERBIRD)/AKRON | 101038 | United States of America | 3.0 | 3.7 | 2.0 | 4.0 | 2.2 | 2.4 | SSR |
| 95 | OWL//OMBUL/ALAMO | 120001 | Iran-Karadj | 3.0 | 3.3 | 1.0 | 2.0 | 1.5 | 1.4 | SSR |
| 111 | 00*0100-51 | 101287 | United States of America | 2.5 | 3.5 | 2.0 | 4.0 | 2.5 | 2.3 | SSR |
| 113 | TX98D3447/TX99D4657 | 100010 | Unites States of America | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 2.0 | 2.5 | 1.7 | SSR |
| 120 | TAST/SPRW//ZAR/5/YUANDONG 3/4/PPB8-68/CHRC/3/PYN//TAM101/AMIGO | 060026 | IWWIP | 2.0 | 2.8 | 2.0 | 2.0 | 1.0 | 2.4 | ASR-SSR |
| 124 | 4WON-IR-257/5/YMH/HYS//HYS/TUR3055/3/DGA/4/VPM/MOS | 090433 | IWWIP | 3.0 | 3.7 | 2.0 | 1.0 | 1.2 | 1.8 | SSR |
| | 2 49 - control | | Australia | 2.2 | 2.3 | 2.2 | 2.2 | 2.3 | 2.4 | |
| | Altay 2000- control | | Turkey | 2.5 | 2.8 | 2.4 | 2.4 | 2.3 | 2.4 | |
| | Sonmez - control | | Turkey | 2.5 | 2.5 | 2.4 | 2.5 | 2.4 | 2.4 | |
| | Sunco -control | | Australia | 3.0 | 2.0 | 3.0 | 2.8 | 2.2 | 3.0 | |
| | Seri 82 -control | | Mexico | 3.5 | 3.4 | 3.6 | 3.5 | 3.2 | 4.0 | |
| | Kiziltan 91 - control | | Turkey | 3.0 | 3.5 | 4.4 | 3.4 | 3.3 | 4.4 | |
| | LSD | | | 0.27 | 0.51 | 0.27 | 0.13 | 0.50 | 0.62 | |
| | Prob | | | <.00 | <.0001 | <.0001 | <.000 | <.0001 | <.0001 | |
| | | | | 01 | | | 1 | | | |

Table 3. The best performed winter wheat genotypes against to the root rot pathogen *Fusarium culmorum* supported by data from leaf disease rust (including available resistance gene data) and from other soil borne disease cereal cyst nematodes under field and/or controlled conditions in Turkey.

Çizelge 3. Kök çürüklüğü etmeni *Fusarium culmorum*' a karşı en iyi performans gösteren kışlık buğday genotipleri ve Türkiye'de tarla ve/veya kontrollü koşullar altında diğer toprak kökenli hastalık etmeni tahıl kist nematodu ve yaprak pas hastalıkları' na karşı (mevcut dayanıklılık geni verileri) dayanıklılık reaksiyonları.

| OE | Cross name | TK ACC | OC | Adult Plant Response (June 2012) | | | | | Stem Rust-Gene | Leaf rust-Gene | CCN <i>Heterodera Filipjevi</i> Reaction |
|-----|---|--------|--|----------------------------------|----------------|---------------|---------|-------|----------------|----------------|--|
| | | | | Stripe Rust | Leaf Rust Rust | | | Stem | | | |
| | | | | Haymana | Adapazarı | Izmir | Haymana | Izmir | | | |
| 26 | KS82142/PASTOR | 050117 | United States of America -Oregon. Turkey Cimmyt Icarda | TMS | 0 | TMS | 5MR | 5 MR | Sr2 | MR | |
| 38 | DEFENSE | 980221 | France | 0 | 0 | TMS | 80S | 40 S | HET | MR | |
| 47 | F02106G2-1FZ101 | 110613 | Romania | 0 | 0 | 10 MS | 30MSS | 20 S | | MS | |
| 49 | ES85-19/V-763-254/3/RSK/NAC//CTK/VEE | 101320 | Turkey | TMS | 0 | 5 MS | 40S | 30 S | Sr2 | MS | |
| 57 | EXCALIBUR/WBLL1 | 100037 | Mexico | T-20MS/0 | TMS | TMS | 70S | 20 MS | Sr2. Sr24 | MR | |
| 62 | ABI 86*3414/X84W063-9-39-2//KARL92 | 020486 | United States of America -Kansas | TMS | 0 | 0 | 0/10S | 5 MS | Sr2 | MS | |
| 65 | 85ZHONG33/ZLATOSTRUI//PLK70/LIRA | 000022 | Turkey-Cimmyt-Icarda | TMS | 0 | 0 | 0 | TMR | Sr2. Sr24 | MS | |
| 67 | BONITO-44 | 010268 | Mexico- Turkey-Cimmyt-Icarda | 0 | TMR | TMR | 10MSS | 10 S | Sr2 | Lr34 | MS |
| 68 | SABALAN//KRC66/SERI/5/JUP/4/CLLF/3/II14-53/ODIN//CI134431/SEL6425/WA00477 | 030084 | Turkey-Cimmyt-Icarda | 70SMS/0 | 10MR | 5 MS | 20MSS | TMS | Sr2 | MS | |
| 69 | PATWIN YR5 | 100894 | United States of America | 0 | TMR | 0 | 0 | TMS | HET | MR | |
| 73 | ALAMOOT/4/KAL/BB//CJ/3/HORK | 090859 | Iran-Karadj | 0 | 5MR | TMS- 10 MS | 20MSS | 0 | Sr2 | MR | |
| 78 | W95-091 (=KS85-663-8-9//WI81-133/THUNDERBIRD)/AKRON | 101038 | | 0 | 0 | 0 | 60S | 10 MS | Sr2 | MS | |
| 95 | OWL//OMBUL/ALAMO | 120001 | Iran-Karadj | 0 | 20MSS | 70 S | 90S | 10 S | | MS | |
| 111 | 00*0100-51 | 101287 | US-AGRIPRO | 0 | 5MR | 0 | 0 | TMS | | | |
| 113 | TX98D3447/TX99D4657 | 100010 | US-ARS-NC | 100S | 0 | 0 | 20MR | 0 | Sr2 | - | |
| 120 | TAST/SPRW//ZAR/5/YUANDONG 3/4/PPB8-68/CHRC/3/PYN//TAM101/AMIGO | 060026 | Turkey-Cimmyt-Icarda | 0 | 20MSS | 10 MS | 0 | 10 MS | Sr2 | Lr34 | - |

Table 3. Continue.
Çizelge 3. Devamı.

| OE | Cross name | TK ACC | OC | Stripe Rust | Adult Plant Response (June 2012) | | | Stem Rust | Stem Rust-Gene | Leaf rust-Gene | CCN <i>Heterodera Filipjevi</i> |
|-----|--|--------|----------------------|-------------|----------------------------------|-----------|-----------|-------------|----------------|----------------|------------------------------------|
| | | | | | Leaf Rust | Stem Rust | Leaf Rust | | | | |
| 124 | 4WON-IR- 257/5/YMH/HYS//HYS/TUR3055/3/DGA /4/VPM/MOS | 090433 | Turkey-Cimmyt-Icarda | 0 | TMS | TMR | 60S | 10 MS | Sr2 | | - |
| | Altay 2000-control | 010627 | Turkey | 0 | 5MS | 10 MS | 10S | 50 S | Sr2 | | S |
| | Bezostaja-control | 950189 | Russia | 60MSS | 30MSS | TMS | 60S | 100S | HET | Lr34 | S |
| | Bayraktar-control | 010571 | Turkey | 0 | TMR | TMS | 0 | 5 S | Sr2 | | HS |
| | Karahan-control | 920007 | Turkey | 70MS | 10MS | 10 MS | 10MSS/0 | 10 MR/MS | Sr2 | | MS |
| | Mufitbey-control | 020211 | Turkey Cimmyt Icarda | 0 | TMR | TMS | 50S | 50 S | Sr2 | | HS |

OE: Original entry.TK: Turkey. ACC: Accession. OC: Origin country. Adult plant severity and infection type assed according to the Cobb's scale (Peterson *et al.*,1948) for rust diseases; T: Trace severity. MR: Moderately resistant. MS: Moderately susceptible. S: Susceptible. MSS:Moderately susceptible to susceptible.S:susceptible. HS: highly susceptible. CCN: Cereal Cyst Nematode; 1 to 5 scale (Dababat *et al.*, 2014) was used to group the genotypes according to their reaction against *Heterodera filipjevi*.

Table 4. The best performed winter wheat genotype against to the root rot pathogen *Fusarium culmorum* supported by data from agronomy and quality parameters.
 Çizelge 4. Kök çürüklüğü etmeni *Fusarium culmorum*' a karşı en iyi performans gösteren kışlık buğday genotipleri ve agronomi ve kalite özellikleri.

| OE | CNAME | TK ACC | OC | Days to Heading | | Vernalization Genes | | | Glu-D1 C Subunits |
|--------------------------------------|---|--------|--|-----------------|-------|---------------------|----------|---------|-------------------|
| | | | | Eskisehir | Izmir | VrnA1(v/w) | Vrn-B1 | Vrn-D3 | |
| 26 | KS82142/PASTOR | 050117 | United States of America-Oregon.Turkey Cimmyt Icarda | 145 | 115 | Vrn-A1w | Vrn-B1a | | 5+10 |
| 38 | DEFENSE | 980221 | France | 159 | 132 | Vrn-A1w | | | NA |
| 47 | F02106G2-1FZ101 | 110613 | Romania | 155 | 120 | Vrn-A1w | | | 5+10 |
| 49 | ES85-19/V-763-254/3/RSK/NAC//CTK/VEE | 101320 | Turkey | 153 | 118 | Vrn-A1w | | | NA |
| 57 | EXCALIBUR/WBLL1 | 100037 | Mexico | 151 | 115 | Vrn-A1w | HET | Vrn-D3b | 5+10 |
| 62 | ABI 86*3414/X84W063-9-39-2//KARL92 | 020486 | United States.Kansas State | 152 | 121 | Vrn-A1w | | Vrn-D3b | 2+12 |
| 65 | 85ZHONG33/ZLATOSTRUI//PLK70/LIRA | 000022 | Turkey Cimmyt Icarda | 156 | 121 | NA | Vrn-B1a | Vrn-D3b | 2+12 |
| 67 | BONITO-44 | 010268 | Mexico-Turkey Cimmyt Icarda | 153 | 121 | NA | | | 2+12 |
| 68 | SABALAN//KRC66/SERI/5/JUP/4/CLLF/3/II14-53/ODIN//CI134431/SEL6425/WA00477 | 030084 | Turkey Cimmyt Icarda | 150 | 121 | Vrn-A1w | Vrn-B1a | | 2+12 |
| 69 | PATWIN YR5 | 100894 | United States | 146 | 121 | NA | | Vrn-D3b | 5+10 |
| 73 | ALAMOOT/4/KAL/BB//CJ/3/HORK | 090859 | Iran-Karadj | 152 | 121 | NA | | | 2+12 |
| 78 | W95-091 (=KS85-663-8-9//WI81-133/THUNDERBIRD)/AKRON | 101038 | | 151 | 121 | Vrn-A1w | | Vrn-D3b | 5+10 |
| 95 | OWL//OMBUL/ALAMO | 120001 | Iran-Karadj | 151 | 121 | | | | 5+10 |
| 111 | 00*0100-51 | 101287 | US-AGRIPRO | 146 | 121 | Vrn-A1w | | | 5+10 |
| 113 | TX98D3447/TX99D4657 | 100010 | US-ARS-NC | 150 | 121 | Vrn-A1w | | | 5+10 |
| 120 | TAST/SPRW//ZAR/5/YUANDONG 3/4/PPB8-68/CHRC/3/PYN//TAM101/AMIGO | 060026 | Turkey Cimmyt Icarda | 146 | 121 | | Vrn-B1a | | NA |
| 124 | 4WON-IR- | 090433 | Turkey Cimmyt Icarda | 149 | 121 | Vrn-A1w | Vrn-B1a | | 5+10 |
| | Altay 2000 control | 010627 | Turkey | 148 | 121 | | | | |
| | Bezostaja control | 950189 | Russia | 145 | 121 | Vrn-A1w | | | 5+10 |
| | Bayraktar control | 010571 | Turkey | 151 | 121 | Vrn-A1w | | Vrn-D3b | 5+10 |
| | Karahan control | 920007 | Turkey | 149 | 121 | Vrn-A1w | Vrn-B1a | | 5+10 |
| | Mufitbey control | 020211 | Turkey Cimmyt Icarda | 154 | 121 | NA | Vrn--B1b | | 5+10 |
| Mean of all lines tested (year 2012) | | | | 120 | 120 | | | | |

OE: Original entry.TK: Turkey. ACC: Accession. OC: Origin country.

inoculation and environmental factors. Symptoms were more distinct under the greenhouse when compared to the field as this was contributed to the optimal environment for the disease to develop under the greenhouse. Also sterilized soil was used for the greenhouse trials versus field soil with its complex ecosystem which might affect disease development. Severity of the disease can be assessed in many ways depending on the objectives of the screening whether it is aiming to screen for adult plant or seedling resistance. Use of seedlings will speed the selection of resistant progeny in wheat breeding programs where resistance to the disease is an objective (Wildermuth and McNamara 1994).

Resistance has been found more than one soil borne pathogens enabling the breeders to use these genotypes for soilborne disease complex. In this study, 17 wheat genotypes were found to be MR to the crown rot and well adapted to the Turkish dryland conditions and therefore are recommended for crosses in the breeding programs.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank the Turkish Ministry of Agriculture and Livestock (TMFAL) especially Transitional Zone Agriculture Research Institute of Eskisehir, Turkey for providing the technical support and the International Winter Wheat Improvement Program (IWWIP) for providing additional data on the screened materials.

REFERENCES

- Akgül DS., 2008. The status of the root, crown and foot rot disease in wheat growing areas of Cukurova region, determination of cultivar reactions, effect of some fertilization and fungicide applications on disease development, PhD Thesis, Cukurova University Institute of Science, Adana.
- Aktas H., Kinaci E., Yildirim AF., Sayin L and Kural A., 1999. Determination of root and foot rot pathogens which are problems in Konya province and research and solution. Central Anatolia Cereal Agriculture Problems and Solutions Symposium, 8-11 Haziran, Konya.
- Alexandratos N and Bruinsma J., 2012. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 Revision. FAO, Agricultural Development Economics Division, ESA Working Paper No. 12-03. www.fao.org/economic/esa. [Access: April 9, 2018].
- Bagci SA., Hekimhan H., Mergoum M., Aktas H., Taner S., Tulukcu E and Ekiz H, 2001. Effects of foot and root rot pathogens on yields of some cereal genotypes and determination of resistance sources. 4th Field crops Congress, 17-21 September, Tekirdağ, Turkey.
- Benli B., Pala M., Stockle C and Oweis T., 2007. Assessment of winter wheat production under early sowing with supplemental irrigation in a cold highland environment using CropSyst simulation model. *Agricultural Water Management*, 93: 45-53.
- Bentley AR., Tunali B., Nicol JM., Burgess LW and Summerell BA., 2006. A survey of *Fusarium* species associated with wheat and grass stem bases in northern Turkey. *Sydowia*, 58: 163-177.
- Bovill WD., Ma W., Ritter K., Collard BCY., Davis M., Wildermuth GB and Sutherland MW., 2006. Identification of novel QTL for resistance to crown rot in the doubled haploid wheat population 'W21MMT70' x 'Mendos'. *Plant Breeding*, 125: 538-543.
- Braun HJ, Zencirci N, Altay F, Atli A, Muzaffer A, Esser V, Kambertay M and TS Payne, 2001. Turkish wheat pool. The world wheat book: A history of wheat breeding (Eds. AP Bonjean and Angus WJ), Lavoisier Press, pp. 851-879.
- Braun HJ, Atlin G and Payne T. 2010. Multi-location testing as a tool to identify plant response to global climate change. *Climate Change and Crop Production* (Ed. Reynolds MP), CABI Press, pp. 115-138.
- Burgess LW., Backhouse D., Summerell BA and Swan J., 2001. Crown Rot of Wheat. *Fusarium* (Eds. Summerell BA., Leslie JF., Backhouse D., Bryden WL and Burgess LW), *Fusarium Paul E Nelson Memorial Symposium*. APS Press, pp. 271-294.
- Burgess LW., Bentley AR., Purs GS., Wildermuth GB and Dodman RL., 2012. Crown rot of wheat and barley caused by *Fusarium Pseudograminearum*: A stress-related disease. First International Crown Rot workshop for wheat Improvement, 22-23 October, Narrabri, Ew South Wales, Australia.
- Chakraborty S., Obanor F., Westecott R and Abeywickrama K., 2010. Wheat crown rot pathogens *Fusarium graminearum* and *F. pseudograminearum* lack specialization. The American Phytopathological Society, 100: 1057-165.
- Chekali S., Gargouri S., Rezgui M and Paulitz T., and Nasraoui B. (2016). Impacts of previous crops on *Fusarium* foot and root rot, and on yields of durum wheat in north West Tunisia. *Phytopathologia Mediterranea*, 55: 253-261.
- Cook RJ., 1980. *Fusarium* foot rot of wheat and its control in the Pacific Northwest. *Plant Disease*, 64: 1061-1066.
- Collard BCY., Grams RA., Bovill CD., Percy CD., Jolley R., Lehmensiek A., Wildermuth G and Sutherland MW., 2005. Development of molecular markers for crown rot resistance in wheat: mapping of QTL for seedling resistance in a '2-49' x 'Janz' population. *Plant Breeding*, 124: 532-537.
- Erginbas-Orakci G., Yamac M., Amoroso MJ and Cuozzo SA., 2010. Selection of antagonistic actinomycete isolates as

- biocontrol agents against root-rot fungi. *Fresenius Environmental Bulletin*, 19(3): 417-424.
- Erginbas-Orakci G., Dababat AA., Nicol JM and Bolat N., 2012. Screening methods to identify and validate moderately resistant wheat germplasm against the dryland crown rot (*Fusarium culmorum*) used by CIMMYT-Turkey under field and controlled conditions. First International Crown Rot workshop for Wheat Improvement, 22-23 October, Narrabri, New South Wales, Australia.
- Erginbas-Orakci G., Dababat AA., Morgounov A and Braun HJ., 2013a. Identifying new sources of resistant in wheat germplasms for dryland crown rot caused by *Fusarium culmorum*. *Acta Phytopathologica Sinica*, 43: 512-513.
- Erginbas-Orakci G., Dababat AA., Morgounov A and Braun HJ., 2013b. The dryland crown rot disease: status of control options. Technical Innovation Brief. No:19 http://www.spipm.cgiar.org/c/document_library/get_file?p_l_id=17830&folderId=18484&name=DLFE-5843.pdf. [Access: January 10, 2018].
- Erginbas-Orakci G., Poole G. Nicol JM., Paulitz T, Dababat AA and Campbell K., 2016. Assessment of inoculation methods to identify resistance to *Fusarium* crown rot in wheat. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 123: 19-27.
- FAO 2018. www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/ [Access: April 9, 2018].
- Hekimhan H., Bagci SA., Nicol J., Arisoy RZ and Taner S., 2004. Dryland Root Rot : a major threat to winter cereal production under sub-optimal growing conditions. 4th International Crop Science Congress, 27 September-01 October, Brisbane, Australia.
- Klein TA., Burgess W and Ellison FW., 1991. The incidence and spatial patterns of wheat plants infected by *Fusarium graminearum* Group 1 and the effect of crown rot on yield. *Australian Journal Agriculture Research*, 42: 399-407.
- Li HB., Xie GQ., Ma J., Liu GR., Wen SM., Ban T., Chakraborty S and Liu CJ., 2010. Genetic relationships between resistances to *Fusarium* head blight and crown rot in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 121: 941-950.
- Li HB., Zhou M.X., Liu CJ., 2012. Development and validation of markers closely linked to crown rot resistance in wheat and barley. *Molecular Plant Breeding*, 3: 80-90.
- Ma J., Li H., Zhang C., Yang X., Liu Y., Yan G and Liu C., 2009. Identification and validation of a major QTL conferring crown rot resistance in hexaploid wheat. *Theoretical Applied Genetics*, 6: 1119-1128.
- Mitter V., Zhang MC., Liu C.J., Ghosh R., Ghosh M and Chakraborty SA., 2006. High-throughput bioassay to detect crown rot resistance in wheat germplasm. *Plant Pathology*, 55: 433-441.
- Nicol J., Bagci S.A., Hekimhan H., Tunali B., Bolat N., Braun HJ and Trethowan R., 2004. Strategy for the identification and breeding of resistance to Dryland root rot complex for international spring and winter wheat breeding programs. 4th International Crop Science Congress, 26 September-01 October, Brisbane, Australia.
- Nicholson P., Simpson DR., Weston G., Rezanoor HN., Lees AK., Parry DW and Oyce DE., 1998. Detection and quantification of *Fusarium culmorum* and *Fusarium graminearum* in cereals using PCR assays. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 53: 17-37.
- Shikur ES., Sharma-Poudyal D., Paulitz TC., Erginbas-Orakci G., Karakaya A and Dababat AA., 2017. Identity and pathogenicity of *Fusarium* species associated with crown rot on wheat (*Triticum* spp.) in Turkey. *European Journal of Plant Pathology*, 150(2): 387-399.
- Smiley RW., Gourlie JA., Easley SA, Patterson LM and Whittaker RG., 2005. Crop damage estimates for crown rot of wheat and barley in the Pacific Northwest. *Plant Disease*, 89: 595-604.
- Smiley RW and Yan H., 2009. Variability of FCR tolerances among cultivars of spring and winter wheat. *Plant Disease*, 93: 954-961.
- Statler GD and Darlington LC., 1972. Resistance of hard red spring wheat and durum wheat to seedling blight and crown rot. *Plant Disease Reporter*, 56: 788-791.
- Tunali B., Nicol JM., Hodson D., Uçkun Z., Büyük O., Erdurmuş D., Hekimhan H., Aktaş H., Akbudak MA and Bağcı, SA., 2008. Root and crown rot fungi associated with spring, facultative, and winter wheat in Turkey. *Plant Disease*, 92: 1299-1306.
- Wallwork H., Butt M., Cheong JPE., Williams KJ., 2004. Resistance to crown rot in wheat identified through an improved method for screening adult plants. *Australian Plant Pathology*, 33: 1-7.
- Wildermuth GB and McNamara RB., 1994. Testing wheat seedlings for resistance to crown rot caused by *Fusarium graminearum* Group 1. *Plant Disease*, 78: 949-953.

A Survey of Public Opinion about Entomophagy in Erciyes University

Ebubekir Yüksel* Ramazan Canhilal

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

Received: 04.07.2018

Accepted: 25.10.2018

Keywords:

Edible insects, entomophagy, neophobia

Abstract. Edible insects have a good potential to solve the world's food shortage in the future, and might help reduce global hunger and malnutrition. Although entomophagy is very common in some part of the world it is still not well accepted in western countries. In order to determine the attitudes of the young generation in Erciyes University towards entomophagy and the reasons for rejecting entomophagy, a questionnaire survey on 610 participants was conducted in Erciyes University campus in 2017. Of the 610 participants randomly selected in the Erciyes University Campus area, 59.3% were females, and 40.7% were males. With regards to social factors, entomophagy was found to be influenced only by the gender. Although there is a slight neophobia detected (7%), willingness to try edible insects was found low (20%). The most given reason for rejection of entomophagy by participants was disgust factor (47%). The result shows that young generation in Turkey is not ready to consume insects as food. Presumably, this attitude will change in time with the increasing awareness about the benefits of edible insects.

*Corresponding author

ebubekiryuksel@erciyes.edu.tr

Erciyes Üniversitesinde Entomofaji Hakkında Bir Kamuoyu Araştırması

Anahtar kelimeler:

Yenilebilir böcekler, entomofaji, neofobi

Özet. Yenilebilir böcekler, gelecekte dünyanın gıda kıtlığını gidermek için iyi bir potansiyele sahiptir ve küresel açlığı ve yetersiz beslenmeyi azaltmaya yardımcı olabilirler. Entomofaji dünyanın bazı kesiminde oldukça yaygın olmasına rağmen batı ülkelerinde hala kabul görmemiştir. Türkiye'deki genç neslin entomofajiye karşı tutumlarını ve entomofajiyi reddetme nedenlerini belirlemek için, 2017 yılında Erciyes Üniversitesi kampüsünde 610 katılımcı üzerinde bir anket çalışması yapılmıştır. Erciyes Üniversitesi Kampüsünde tesadüfen seçilen 610 katılımcının %59,3'ü bayan, %40,7'si erkek bireylerden oluştuğu belirlenmiştir. Sosyal faktörler bakımından, Entomofaji üzerinde yalnızca cinsiyetin bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Az oranda bir neofobi tespit edilmiş olsa da (%7), yenilebilir böcekleri denemek için istekliliğin düşük (%20) olduğu bulunmuştur. Katılımcıların entomofajiyi reddetmelerinin en yaygın nedeninin iğrenme faktörü olduğu bulunmuştur (%47). Sonuçlar, Türkiye'deki genç neslin böcekleri besin olarak tüketmeye hazır olmadığını göstermektedir. Muhtemelen bu tutum, yenilebilir böceklerin faydaları hakkında giderek artan farkındalık ile zamanla değişecektir.

INTRODUCTION

The need for safe food with the growing world population is constantly increasing. In 2016, the number of chronically undernourished people in the world is estimated to have increased to 815 million although the food production has increased considerably in the past 50 years (Nisbett *et al.*, 2010; Luan *et al.*, 2013; FAO 2017). Studies show that nearly 50 thousand people in Turkey are officially hungry and 1 million 250 thousand people live under the hunger limits (TUIK 2016). Both Turkey's population and the global population will continue to grow with a increasing requirement for food. Recent studies suggest that the world will need 70 to 100% more food by 2050 (Baulcomb *et al.*, 2009). In order to meet the challenges of food deficit in the world, it is both necessary to increase productivity and diversify food production.

Recently, human consumption of edible insects (Entomophagy) has attracted a lot of attention and gaining popularity and acceptance in the world as a promising way to deal with some of the major food and nutrition challenges facing the world (Yen 2009; Yi *et al.*, 2010; Durst *et al.*, 2010; Mitsuhashi 2010; Ash *et al.*, 2010; Vogel 2010; Gahukar 2011; Crabbe 2012; Vanhonacker *et al.*, 2013; Van Huis *et al.*, 2013; Sabado and Aguanta 2015; Narzari and Sarmah 2015; Megido *et al.*, 2016; Akullo *et al.*, 2017). Edible insects are traditionally consumed in many parts of the world (DeFoliart 1997; Ramos-Elorduy 2009) and considered as an important source of food (Belluco *et al.*, 2013; Mlcek *et al.*, 2014; Shockley and Dossey 2014). Up to now, about 2000 species have been used as food and most of them continue to being consumed globally by 2 billion people around the world on a regular basis because of their taste in addition to being nutritious (Nonaka 2009; Jongema 2013; Van Huis *et al.*, 2013; Ghosh *et al.*, 2017).

Insects have numerous features that make them attractive sources of highly nutritious and sustainable food. Studies revealed that edible insects contain high-quality proteins, vitamins and amino acids that are essential for humans (Rumpold and Schluter 2013). Insects also have positive effects on the environment. Insects convert food into protein much more efficiently than livestock do. As most insects require less feed, water, and land to produce than conventional livestock, they enable a cost-effective production (Nakagaki and DeFoliart 1991; Nisbett *et al.*, 2010) and their production generates substantially lower environmental pollutants such as carbon dioxide

(CO₂), ammonia (NH₃) and methane (CH₄). Some insect species such as the black soldier fly, *Hermetia illucens* (L.) and the house fly, *Musca domestica* (L.) can be raised on organic waste and lead to fewer greenhouse gas emissions than the production of livestock animals which is contributing to 18% of the world's greenhouse gas emissions (Steinfeld *et al.*, 2006).

Although there is a reluctance to consume insects as food in some part of the world, there is an increasing interest in edible insects recently and they are now regarded as a class of mini-livestock (DeFoliart 1995; Hardouin 1995; Paoletti 2005; Morris 2008; Van Huis *et al.*, 2013; Kenis *et al.*, 2014; Kelemu *et al.*, 2015). Many researchers around the world are looking for ways to include them in their daily diet and are investigating public attitude towards edible insects (Ebenebe and Okpoko 2015; House 2016; Niassy and Ekesi 2016; Anankware *et al.*, 2017; Akullo *et al.*, 2017). The objective of this study is to determine the attitudes of the young generation in Erciyes University towards entomophagy and the reasons for rejecting entomophagy. This is the first study performed to assess the public attitude towards entomophagy and provide insight into the factors that influence Turkish people's rejection of entomophagy.

MATERIAL AND METHOD

The survey took place in Erciyes University (N=57000) in Kayseri from September to October in 2017 by performing a questionnaire including four closed-ended questions and one open ended question. University students were chosen because they are the target groups for entomophagy in the future (Stöger 2017). Convenience sampling method was used to select participants. A total of 610 students participated in the experiment. No information about entomophagy was given to participants during this questionnaire and demographic characteristics such as age, gender and education level were recorded for each participant.

First, in order to gauge how food neophobic each participant was, participants were asked to rate themselves on how eager they consider themselves when trying new foods in general with responses of very eager, somewhat eager, and reluctant. In the second part, participants were asked to answer "yes" or "no" to the question "Did you know that insects can be consumed as human food?" to determine their awareness about entomophagy. In the next part, participants were asked to give an example of one

insect species that is known to be used by people as human food in the World in an open ended question to ascertain how much they were informed about entomophagy. Participants were then asked to respond "yes" or "no" to the question "Would you really think of consuming insects as food". Lastly, there was another question for participants who chose "no" option in the previous question. They were asked what reason they have for rejection of eating insects with a multiple choice question including options; for religious reasons, being unhealthy, being disgusting and not being nutritious enough.

The data collected were encoded and put in Microsoft Excel and checked before analysis. Data were analyzed with SPSS 9.0. The main method of analysis was cross tabulation between variables in SPSS, obtaining a Chi-square value for gender, age and education level and respective p-value to determine the statistical significance of the relationships between variables according to 5% significance level.

RESULTS AND DISCUSSION

A total of 610 students completed the survey and most participants in the survey were females (59.3%). The ages of the majority of the participants were between 18 and 23 years (Table 1). The educational level of the participants ranged from the associate degree to Master's degrees. The greatest number (82%) having attained in the survey was undergraduate students (Table 1).

Table 1. Demographic characteristics of participants.

Çizelge 1. Katılımcıların demografik özellikleri.

| Variations | f | (%) |
|-------------------------|-----|------|
| Gender (N=610) | | |
| Male | 248 | 40.7 |
| Female | 362 | 59.3 |
| Age (N=610) | | |
| 18 | 117 | 19.2 |
| 19 | 144 | 23.6 |
| 20 | 139 | 22.8 |
| 21 | 79 | 13.0 |
| 22 | 50 | 8.2 |
| 23 | 47 | 7.7 |
| 24 | 14 | 2.3 |
| 25 | 10 | 1.6 |
| 26 | 10 | 1.7 |
| Education level (N=610) | | |
| Associate degree | 95 | 15.6 |
| Undergraduate | 500 | 82.0 |
| Master's degree | 15 | 2.5 |

The relationship between gender ($\chi^2=1.053$, $P=0.591$), and food neophobia was not statistically

significant, nor was the relationship between gender and participants awareness about entomophagy ($\chi^2=0.836$, $P=0.361$). Most of the participants were very eager (51%) to try new foods, only 7% of participants were reluctant. Female participants (56%) were surprisingly more willing to try new foods than male participants (37%) and also more informed about entomophagy (78%) than male participants (75%). In general, participants were well aware of entomophagy with the ratio of 76%. The most well known edible insect species by the participants was locusts which are among the most consumed edible insects species around the world (DeFoliart 1992; Bukkens 1997).

When asked if they would consider eating insects as food, the relationship between gender and willingness to eat insects was statistically significant ($\chi^2 = 49.581$, $P = 0.01$) while the relationship between education level and willingness to eat insects was not important ($\chi^2=0.960$, $P=0.619$). Male participants (31%) showed much more interest than female participants (13%) but general willingness to consume insects as food was very low with the ratio of 20%. The highest positive answer to this question was given by master's degree students with the ratio of 25% followed by associate degree students 23% and undergraduate students 20%.

No significant difference was observed between ages and this question ($\chi^2=16.504$, $P=0.123$). The highest positive ratios were obtained by 23 (32%) and 25 aged participants (29%) and the positive ratios were inconsistent among other ages as they were very close to each others.

Participants with a negative attitude towards entomophagy were asked for their reason behind the rejection; nearly half of the participants (47%) refused eating insects as food due to being disgusting. The other reasons stated were negative taste expectation (19%), religious reasons (16%), unhealthy (12%), and not being nutritious enough (6%) (Figure 1). The relationship between gender and disgust factor was statistically significant ($\chi^2=45.122$, $P=0.001$). Most of the participants refusing entomophagy for the reason of disgusting were females with the ratio of 71%.

DISCUSSION

The present study investigated Erciyes University students attitudes towards entomophagy. The outcomes of the study showed that nearly all participants were willing to try new foods which is important to facilitate the acceptance of entomophagy in Turkey as food neophobia is a crucial factor affecting people's willingness to eat insects (Pliner and Hobden 1992; Hoek *et al.*, 2011; Hartmann

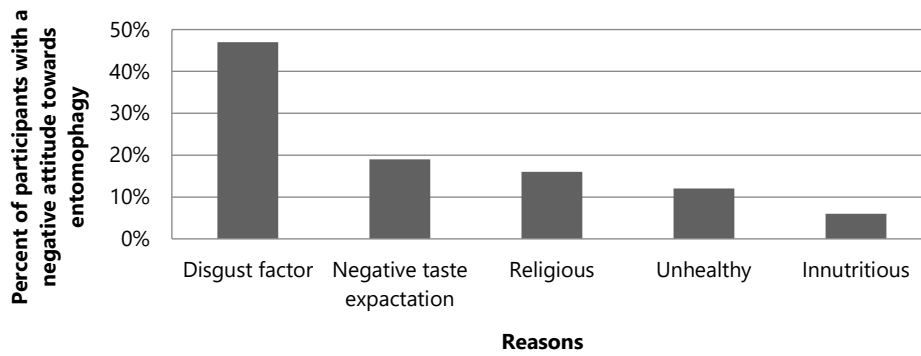


Figure 1. Reasons of participants for rejection of entomophagy.

Şekil 1. Katılımcıların entomofajiyi reddetme nedenleri.

et al., 2015; Verbeke 2015). Awareness of entomophagy among participants (76%) was very high which is higher than the study carried out in Belgium (61%) and lower than the study in Korea (88%) (Megido *et al.*, 2014; Gosh *et al.*, 2017). This high awareness of entomophagy can be a sign for future acceptance of entomophagy because studies showed that there is a positive correlation between awareness of people about the benefits of eating insects and acceptance of entomophagy (Verneau *et al.*, 2016; Stöger 2017).

Results revealed that participants had a low willingness to eat insects (20%) compared to another European country Belgium (77%) (Megido *et al.*, 2014). Similarly a low level of willingness was also observed in Germany (33%), in Italy (31%) and in Australia (25%) (Hartmann *et al.*, 2015; Cicatiello *et al.*, 2016; Stöger 2017). One of the biggest factor affecting people's willingness to eat insects is feelings of disgust as indicated in the previous study in the USA, 57% of the people surveyed rejected insects as food, due to the feeling of disgust (Ruby *et al.*, 2015). Culture has a strong influence on the feeling of disgust and perception of edible insects (Mela 1999; Mignon 2002). In some cultures, insects are associated with fear and are perceived as disgusting among the general public (Kellert 1993; Haidt *et al.*, 1994; Ramos-Elorduy 2009). However, this cultural perception can change in time and become popular as in the case of quinoa, kombucha, acai juice, and goji berries (Shelomi 2015). Several insects are often in contact with spoiled or decaying items and these images in people's memories would evoke disgust reaction and negative taste expectation (Rozin and Fallon 1987). In Islamic tradition, it is known to be eaten insects such

as locusts, bees, and ants (El-Mallakh and El-Mallakh 1994). Raising awareness of people about the origin, nutritional values and safety of edible insects can help take a positive attitude towards entomophagy (Nonaka 2005).

Several studies found no difference between gender and neophobia which are in line with our findings (Pliner and Hobden 1992; Johns *et al.*, 2011). Gender and willingness were found to have significant effects. Results showed that men participants (31%) are more willing to eat insects as food than women participants (13%) in our survey as in other studies. Verbeke *et al.* (2015), found that males are 2.17 times more likely than females to adopt insects which is close to our studies (2.38). The other studies also show that males are more positive towards entomophagy (Ruby *et al.*, 2015; Gosh *et al.*, 2017). The possible reasons for this low willingness in female participants may be due to the fact that they are more disgusted and more fearful of insects (Kellert 1993; Schösler *et al.*, 2012).

Although entomophagy is not common in the tradition of Turkish society to date, the results of this study seem promising for the future. The low level of neophobia found in this study shows that young generation is willing to try new things as food and they will adopt a much more positive attitude towards entomophagy with awareness-raising studies about the benefits of edible insects in the near future in Turkey.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by TUBITAK BİDEB-2209 student project. The author would like to thank

Ramazan Kara, Elif Dertli, Asım Gümüşsoy and Ebru Cetin of Erciyes University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection for helping data collection.

REFERENCES

- Akullo J., Obaa BB., Acai JO., Nakimbugwe D and Agea JG., 2017. Knowledge, attitudes and practices on edible insects in Lango sub-region, northern Uganda. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(2): 73-81.
- Anankware PJ., Osekre EA., Obeng-Ofori D and Khamala CM., 2017. Factors that affect entomophagical practices in Ghana. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(1): 33-41.
- Ash C., Jasny BR., Malakoff DA and Sugden AM., 2010. Feeding the future. *Science*, 327(5967): 797-797.
- Belluco S., Losasso C., Maggioletti M., Alonzi CC., Paoletti MG and Ricci A., 2013. Edible insects in a food safety and nutritional perspective: a critical review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(3): 296-313.
- Bukkens SGF., 1997. The nutritional value of edible insects. *Ecology of Food and Nutrition*, 36(2-4): 287-319.
- Cicatiello C., De Rosa B., Franco S and Lacetera N., 2016. Consumer approach to insects as food: barriers and potential for consumption in Italy. *British Food Journal*, 118(9): 2271-2286.
- Crabbe N., 2012. Local expert gets funding to develop insect-based food for starving children. <http://www.gainesville.com/news/20120509/local-expert-gets-funding-to-develop-food-based-on-insects>. [Access: January 20, 2018].
- DeFoliart GR., 1992. Insects as human food: Gene DeFoliart discusses some nutritional and economic aspects. *Crop protection*, 11(5): 395-399.
- DeFoliart GR., 1995. Edible insects as minilivestock. *Biodiversity and Conservation*, 4: 306-321.
- DeFoliart GR., 1997. An overview of the role of edible insects in preserving biodiversity. *Ecology of Food and Nutrition*, 36(2-4): 109-132.
- Durst PB., Johnson DV., Leslie RN and Shono K., 2010. *Forest Insects As Food: Humans Bite Back*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Chiang Mai, Thailand.
- Ebenebe CI and Okpoko VO., 2015. Edible insect consumption in the southeastern Nigeria. *International Journal of Science and Engineering*, 6(6): 171-177.
- El-Mallakh OS and El-Mallakh RS., 1994. Insects of the Qur'an (Koran). *American Entomologist*, 40: 82-84.
- FAO 2017. *The State of Food Insecurity in the World*. FAO, Rome.
- Gahukar RT., 2011. Entomophagy and human food security. *International Journal of Tropical Insect Science*, 31(3): 129-144.
- Ghosh S., Lee SM and Jung C., 2017. Perception of entomophagy in Korean population. *Korean Society of Applied Entomology Fall Conference and International Symposium*, 12-14 October, Seoul.
- Haidt J., McCauley C and Rozin P., 1994. Individual differences in sensitivity to disgust: A scale sampling seven domains of disgust elicitors. *Personality and Individual Differences*, 16(5): 701-713.
- Hardouin J., 1995. Minilivestock: from gathering to controlled production. *Biodiversity Conservation*, 4: 220-232.
- Hartmann C., Shi J and Giusto A., 2015. The psychology of eating insects: a cross-cultural comparison between Germany and China. *Food Quality and Preference*, 44: 148-156.
- Hoek AC., Luning PA., Weijzen P., Engels W., Kok FJ and de Graaf C., 2011. Replacement of meat by meat substitutes. A survey on person- and product-related factors in consumer acceptance. *Appetite*, 56: 662-673.
- House J., 2016. Consumer acceptance of insect-based foods in the Netherlands: academic and commercial implications. *Appetite*, 107: 47-58.
- Johns N., Edwards JS and Hartwell H., 2011. Food neophobia and the adoption of new food products. *Nutrition and Food Science*, 41(3): 201-209.
- Jongema Y., 2013. List of edible insects of the world. <http://www.wageningenur.nl/en/Expertise-Services/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm>. [Access: January 20, 2018].
- Kelemu S., Niassy S., Torto B., Fiaboe K., Affognon H and Tonnang H., 2015. African edible insects for food and feed: inventory, diversity, commonalities and contribution to food security. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(2): 103-119.
- Kellert SR., 1993. Values and perceptions of invertebrates. *Conservation Biology*, 7(4): 845-855.
- Kenis M., Kone N., Chrysostome CAAM., Devic E., Koko GKD and Clotey VA., 2014. Insects used for animal feed in West Africa. *Entomologia*, 2: 104-114.
- Luan Y., Cui X and Ferrat M., 2013. Historical trends of food self-sufficiency in Africa. *Food Security*, 5: 393-405.
- Megido RC., Sablon L., Geuens M., Brostaux Y., Alabi T., Blecker C and Francis F., 2014. Edible insects acceptance by Belgian consumers: promising attitude for entomophagy development. *Journal of Sensory Studies*, 29(1): 14-20.
- Megido RC., Gierts C., Blecker C., Brostaux Y., Haubruge É., Alabi T and Francis F., 2016. Consumer acceptance of insect-based alternative meat products in Western countries. *Food Quality and Preference*, 52: 237-243.

- Mela DJ., 1999. Food choice and intake: the human factor. *Proceedings of the Nutrition Society*, 58: 513-521.
- Mignon J., 2002. L'entomophagie: une question de culture? *Tropicultura*, 20(3): 151-155.
- Mitsuhashi J., 2010. The Future Use of Insects as Human Food, 115. *Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development*, 19-21 February, Chiang Mai, Thailand.
- Mlcek J., Rop O., Borkovcova M and Bednarova M., 2014. A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe – a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 64(3): 147-157.
- Morris B., 2008. Insects as food among hunter-gatherers. *Anthropology Today*, 24: 6-8.
- Nakagaki BJ and DeFoliart GR., 1991. Comparison of diets for mass-rearing acheta dornesticzs (Orthoptera: Gryllidae) as of food conversion efficiency with values reported for livestock. *Journal of Economic Entomology*, 84(3): 891-896.
- Narzari S and Sarmah J., 2015. A study on the prevalence of entomophagy among the Bodos of Assam. *Journal of Entomology and Zoological Studies*, 3(2): 315-320.
- Niassy S and Ekesi S., 2016. Contribution to the knowledge of entomophagy in Africa. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2(3): 137-138.
- Nisbett J., Pretty J., Robinson S., Toulmin C and Whiteley R., 2010. The future of the global food system. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 365: 2769-2777.
- Nonaka K., 2005. *Ethnoentomology: Insect Eating and Human-Insect Relationship*. University of Tokyo Press, Tokyo.
- Nonaka K., 2009. Feasting on insects. *Entomological Research*, 39(5): 304-312.
- Paoletti MG., 2005. *Ecological Implications of Minilivestock: Potential of Insects, Rodents, Frogs and Sails*. CRC Press.
- Pliner P and Hobden K., 1992. Development of a scale to measure the trait of food neophobia in humans. *Appetite*, 19: 105-120.
- Ramos-Elorduy J., 2009. Anthro-entomophagy: cultures, evolution and sustainability. *Entomological Research*, 39: 271-288.
- Rozin P and Fallon AE., 1987. A perspective on disgust. *Psychological Review*, 94(1): 23-41.
- Ruby MB., Rozin P and Chan C., 2015. Determinants of willingness to eat insects in the USA and India. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(3): 215-225.
- Rumpold BA and Schlüter OK., 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research*, 57(5): 802-823.
- Sabado EM and Aguanta LM., 2015. *Consumer Awareness and Acceptance of Edible Insects in Marawi City, Philippines: Potentials for Food Security*. BANWA Supplements, 1A.
- Shelomi M., 2015. Why we still don't eat insects: Assessing entomophagy promotion through a diffusion of innovations framework. *Trends in Food Science and Technology*, 45(2): 311-318.
- Shockley M and Dossey AT., 2014. *Insects For Human Consumption Mass Production of Beneficial Organisms: invertebrates and entomopathogens* (Eds. Morales-Ramos JA., Guadalupe Rojas M and Shapiro-Ilaned D), Academic Press.
- Schösler H., de Boer J and Boersema JJ., 2012. Can we cut out the meat of the dish? Constructing consumer-oriented pathways towards meat substitution. *Appetite*, 58(1): 39-47.
- Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar TD., Castel V and de Haan C., 2006. *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Stöger L., 2017. Entomophagy in Vienna—a vision for our future? http://www.schulentwicklung.at/joomla/images/stories/oekolog/Entomophagy_in_Vienna_a_Vision_for_Our_Future_Leo_Stoeger_2017.pdf. [Access: January 20, 2018].
- TUIK, 2016. Poverty statistics based on income. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1013 [Access: January 20, 2018].

Bahçeli Bir Konut Örneğinde Yağmur Suyu Hasadı

Melike Yalılı Kılıç* Merve Nur Abuş

Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bursa

Geliş tarihi (Received): 24.05.2018

Kabul tarihi (Accepted): 28.06.2018

Anahtar kelimeler:

Bursa, maliyet, su tüketimi,
yağmur suyu hasadı

Özet. Bu çalışmada yağmur suyu hasadıyla ilgili bilgiler verilmiş, örnek bir konutun çatısından toplanan yağmur sularının konut dışı su ihtiyacının karşılanmasındaki kullanım potansiyeli incelenmiştir. Bu amaçla konutun çatı alanı ve aylık yağış verileri kullanılarak konutun çatısından toplanan yağmur suyu miktarı hesaplanmıştır. Ayrıca konut dışındaki yeşil alanların sulanmasında, süs havuzunun doldurulmasında, araç yıkamada ve kümes hayvanlarının su ihtiyacının karşılanmasında gereken su miktarı ve yağmur suyu ihtiyacı hesaplanarak, toplanan yağmur suyunun bu ihtiyacın ne kadarını karşılayacağını belirlenmesi için maliyet hesabı yapılmıştır. İlave olarak, yağmur suyu toplama sisteminin ve yıllık tasarruf edilen şebeke suyunun maliyetlerinin karşılaştırılması neticesinde uygulanan sistemin amortisman süresi de bulunmuştur.

*Sorumlu yazar

myalili@uludag.edu.tr

Rain Water Harvesting in a Garden House Sample

Keywords:

Bursa, cost, water
consumption, rain water
harvesting

Abstract. In this study, some information was given about rain water harvesting and its potential to water supply was analyzed by sample taken from the roof of a model residence. Within this purpose, the amount of harvested rain water was calculated by using roof surface and monthly precipitation data. Furthermore, in order to determine how much water to be supplied, a cost analysis was made by calculating the amount of water to be used for irrigating the garden, filling in the pond, washing the car, and watering the barnyard fowl. Additionally, period of redemption was determined by comparison between the cost of rain water harvesting system and the cost of city water disposal per annum.

GİRİŞ

Su, nüfus artışı, iklim şartlarındaki değişim, çevre kirliliği, kontrolsüz su tüketimi gibi nedenlerle çevrimini tamamlayamadan tükenmektedir. Dünyadaki toplam su miktarı 1.4 milyar km^3 'tür. Bu suların % 97.5'i okyanuslarda ve denizlerde tuzlu su olarak, % 2.5'i ise nehir ve göllerde tatlı su olarak bulunmaktadır. Tatlı su kaynaklarının % 90'ının kutuplarda ve yeraltında bulunması nedeniyle, insanların kullanabileceği su miktarının oldukça sınırlı olduğu görülmektedir (Yalılı Kılıç *et al.*, 2008).

Su varlığına göre ülkeler sınıflandırıldığında yılda kişi başına düşen ortalama kullanılabilir su miktarı 1000 m^3 'ten az olan ülkeler su fakiri ülke, 1.000-3.000 m^3 olan ülkeler su sıkıntısı çeken ülke, 3.000-10.000 m^3 olan ülkeler suyun yeterli olduğu ülke, 10.000 m^3 'ten fazla olan ülkeler ise su zengini ülke olarak kabul edilmektedir (Alparslan *et al.*, 2008; Şahin ve Manioğlu 2011). Kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1.500-1.600 m^3 yıl⁻¹ olan Türkiye, su sıkıntısı çeken ülke konumundadır. Gelecek 20 yıl içinde Türkiye nüfusunun 87.000.000'a çıkacağı, kişi başı su miktarının 1042 m^3 yıl⁻¹'a düşeceği ve su fakiri ülkeler arasına katılacağımız öngörülmektedir (Eren *et al.*, 2016; Yağmur suyu 2017).

Doğal kaynak olan suyun insanlar tarafından bilinçli ve israf edilmeden kullanılması hayli önemlidir. Tatlı su kaynaklarının sınırlı ve temiz su elde etme tekniklerinin maliyetli olması, insanları farklı arayışlara yöneltmiştir. Nüfusla birlikte artan su talebine karşın temiz su kaynaklarını yenileyerek miktarını arttırmak teknik ve ekonomik açıdan mümkün değildir. Bu durumda doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi için alternatif su kaynakları arayışına gidilmesi, son yıllarda pek çok ülkede uygulanan ve üzerinde önemle durulan bir konudur (Asano and Levine 1996; Sturm *et al.*, 2009; Zhang *et al.*, 2010; Alternatif Su Kaynakları 2018).

Yağmur sularının yalnızca %30'u yeraltı sularına katılmakta, geri kalan %70'lik kısmından faydalanılamamaktadır. Başta konut çatıları olmak üzere, yollar, kaldırımlar ve otopark gibi açık alanlardan borularla toplanan yağmur suları filtrelendikten sonra depoya alınmakta ve depolanan bu su bahçe sulama, araç yıkama, tuvalet rezervuarı, temizlik işleri vb. ihtiyaçlar için kullanılabilir (Eren *et al.*, 2016; Yağmur suyu 2017). Yağmur sularının bu şekilde toplanıp, depolanması ve farklı amaçlarla kullanılabilmesi neticesinde, hem su kaynakları korunmakta hem de ekonomik kazanç sağlanmaktadır.

Bu çalışmada alternatif bir su kaynağı olan yağmur suyunun önemi vurgulanmış ve yağmur suyu hasadı hakkında bilgiler verilmiştir. İlave olarak, bahçeli bir konutun çatısından toplanacak yağmur sularının aynı

konutun yeşil alanlarının sulanmasında, süs havuzunun doldurulmasında, araç yıkanmasında ve kümes hayvanlarının su ihtiyacının karşılanmasındaki kullanım potansiyeli araştırılmıştır. Ayrıca, bu örnek konuta uygulanan yağmur suyu toplama sisteminin maliyeti ile yıllık tasarruf edilen şebeke suyu maliyeti karşılaştırılarak sistemin amortisman süresi hesaplanmıştır.

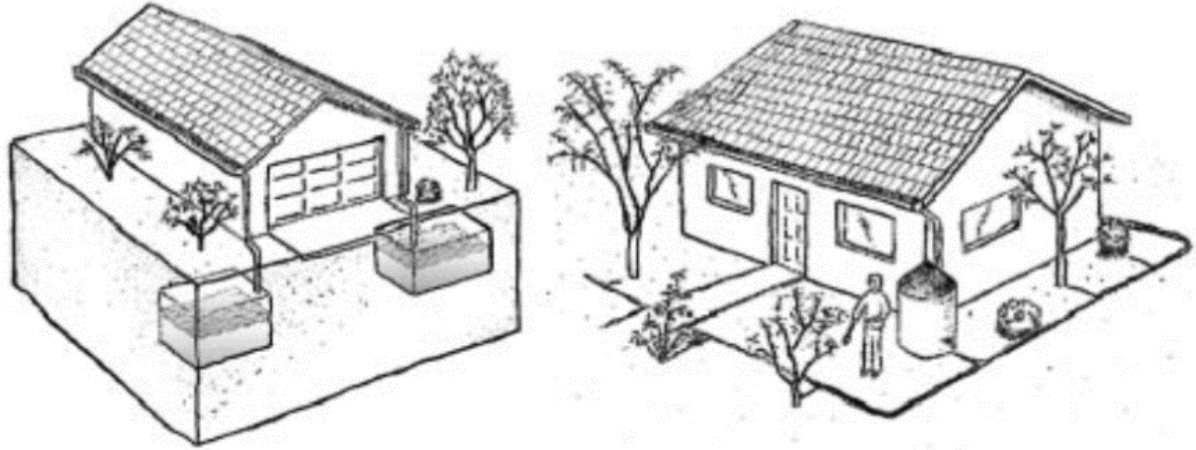
YAĞMUR SUYU HASADI

Yağmur suyu hasadı, yağmur sularının ve yüzeysel akışa geçen suların toplanıp biriktirilmesi ve bitkisel-hayvansal üretim ile evsel tüketim için gerekli olan suyun sağlanmasıdır (Oweis *et al.*, 2001; Kantaroğlu 2009). Yağmur suyu hasadı, Roma dönemindeki çatılardan yağmur suyu toplama sistemlerine kadar uzanmaktadır. İlk hasat örneği, Mısır'da bulunan 200 tondan 2000 tona kadar farklı boyutlardaki depolama tanklarıdır. Bu tankların bir kısmı günümüzde hala kullanılmaktadır. İstanbul'da artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak için çeşitli su yolları ile beslenen geleneksel sarnıçlara ait pek çok örnek bulunmaktadır. Sarnıçların en bilinenleri 336 sütunlu İmparator Sarnıcı (Yerebatan Sarayı), 224 sütunlu Pileksenus Sarnıcı (Binbirdirek) ve Acımusluk Sarnıcı'dır. Ayrıca eski dönemlerde su kaynaklarının mevcut nüfusa yetersiz gelmesi nedeniyle özellikle tarihi yarımada konutların ya da sarayların bodrum katları sarnıç olarak kullanılmıştır (Tema 2017).

Su hasadı teknikleri arasında bulunan çatı yüzeyinden su hasadı yönteminde çatı yüzeyine düşen yağış toplanmakta, yağmur olukları yardımıyla toprak yüzeyindeki bir tanka ya da yer altındaki bir depoya aktarılmaktadır (Şekil 1) (Pamuk Mengü ve Akkuzu 2008).

Evlerin çatılarından toplanan yağmur suları artırılarak içme suyu seviyesine getirilebildiği gibi bina içerisinde çamaşır makineleri ve tuvalet rezervuarlarında ya da bina dışında bahçe sulama, araç yıkama ve süs havuzunu doldurmada da kullanılabilir (Şahin ve Manioğlu 2011). Yağmur sularının içme suyu amaçlı kullanılma durumunda suyun filtrasyonu, klorlanması ve dezenfekte edilmesi ya da kaynatılması gerekmektedir (Kantaroğlu 2009).

Yağmur suyunun toplanarak binalarda kullanımının yaygınlaştırılması çeşitli teşvik ve yasalarla desteklenmektedir. Günümüzde Hindistan'ın birçok şehrinde 100 m^2 'den büyük çatı alanına sahip tüm yeni binalarda ve 1000 m^2 'den büyük inşaat alanına sahip yeni binalarda, altyapısı bulunan şehrsel alanlarda, yağmur suyu kullanılması zorunlu hale getirilmiştir (Tema 2017). Fiji adalarında okulların ve devlet



Şekil 1. Çatı yüzeyinden toplanan suyun depolama ortamı (Kantaroğlu 2009).

Figure 1. The storage area of the water collected from the roof surface.

kurumlarına ait binaların çatılarından, havaalanı vb. geniş yüzeye sahip yerlerden toplanan yağmur suları kullanılmaktadır. Tayland'da seksenli yıllardan bu yana çok sayıda beton sarnıç yapılmış olup, burada toplanan sular içme ve kullanma amaçlı değerlendirilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde ise yaklaşık 250.000 ev yağmur suyu toplama sistemine sahiptir. Karayipler'deki bazı adalarda yeni yapılara yağmur suyu toplama sistemi dahil edilmektedir (Alparlan *et al.*, 2008; İncebel 2012). Japonya'da 30.000 m²'den büyük binalarda gri su arıtma sistemlerinin veya yağmur suyu toplama sistemlerinin kullanılması, Japonya Bayındırlık Bakanlığı tarafından yasa ile zorunlu hale getirilmiştir. Almanya'da yağmur suyu toplama sistemleri konusunda DIN (1989) standardına göre yağmur suyuna ilişkin planlama, tesisat, uygulama ile bakım, yağmur suyu filtreleme, yağmur suyu rezervuarları ve ek bileşenleri konuları ele alınmaktadır. Su fiyatlarının yüksek olması nedeniyle konutlarda ve çalışma alanlarında 1.5 milyon üzerinde yağmur suyu toplama sistemi kurulmuştur. Sistemin kurulduğu bölgeye göre teşvik için 1200 Euro'ya kadar indirim yapılmaktadır. İngiltere'de yağmur suyu kullanımı konusunda BS 8515 (2009) yağmur suyu toplama sistemleri uygulama standardı çıkarılmıştır. Bu standart İngiltere'de yağmur suyunun kullanım suyuna eklenmesine ilişkin tasarımı, tesisatı ve bakımı hakkında bilgi vermektedir. Teşvik için sistemin uygulandığı ilk yıl %100 vergi indirimi sağlanmaktadır (Şahin ve Manioğlu 2011). Ülkemizde ise yağmur suyu kullanımına ilişkin Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkındaki Yönetmelik 30105 sayı ve 23.06.2017 tarih ile Çevre Şehircilik Bakanlığı tarafından Resmi Gazete'de yürürlüğe konulmuştur. Yağmursuyu hasat sistemlerinin çeşitlerine ait bilgilere Yönetmelik EK-1

de yer verilmiştir. Bu bölümde kullanma suyu temini amacıyla uygulanan yağmursuyu hasat sistemlerinin tasarımı, kurulumu, test edilmesi ve bakımı ile ilgili BS 8515 (2009) standardında yer alan hususlarda öneriler sunulmaktadır. BS 8515 (2009) standardı, içme suyu kalite standartlarını sağlaması beklenmeyen yıkama suyu, tuvalet suyu ve bahçe sulama suyu gibi evsel kullanma sularının (evsel, ticari, endüstriyel ve umuma mahsus yerlerdeki su ihtiyaçları) yağmur suyundan temin edilmesi ile ilgili hususları içermektedir. Söz konusu standart; içme, gıda hazırlama ile pişirme, bulaşık yıkama ve kişisel hijyenle ilgili su ihtiyaçlarının karşılanmasına dair hükümler içermemektedir. Yağmur suyunun yangın suyu veya ticari sulama suyu olarak kullanılmasıyla ilgili özel hükümler bulunmasa da bu alanlar standart kapsamı dışında bırakılmamıştır (Resmi Gazete 2017).

Yağmur suyunun toplanarak alternatif su ihtiyaçlarının giderilmesinde kullanılması hem su tasarrufu hemde su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilirliği açısından büyük önem arz etmektedir. Ülkemizde bina çatılarından yağmur suyu hasadı kullanım teknolojilerine ilişkin çeşitli örnekler mevcuttur. Siemens Gebze Organize Sanayi Bölgesi'nde "Yeşil Bina Konsepti"nde su korunumuna ilişkin pek çok teknoloji geliştirilmiştir. Çatıdan toplanan yağmur suyunun yangın sulama tertibatında ve yumuşatılarak tüm alan içerisinde kullanım suyu olarak değerlendirilmesi, bina dışında ise peyzaj sulamasında kullanılması söz konusudur. Diyarbakır Güneş Evi'nde çatılardan toplanarak su deposuna gelen yağmur suyu ile evsel atıksu arıtımından elde edilen su, karbon filtreden geçirilerek bahçe sulamasında ve tuvalet rezervuarlarda kullanılmaktadır. Borusan Oto İstinye Tesisleri'nde çatılardan toplanan yağmur suları, ayrı depolarda

toplanıp arıtılarak tuvalet rezervuarı, araç yıkama ile bahçe sulamada ve yangın deposunda kullanılmaktadır (Şahin ve Manioğlu 2011). Yeşil Bina Konsepti'yle tasarlanan Bursagaz'ın genel müdürlük binasının terasındaki yağmur suları ve binanın çevresindeki drenaj suları biriktirilip filtrelerden geçirilerek 20 m³ yağmur suyu depolanmakta ve depolanan bu su yeşil alanların sulanması ile tuvalet rezervuarlarında kullanılmaktadır (Bursagaz 2017). Bursa Hilton Otel, enerji verimliliğini arttıran ve çevreye duyarlı otellerde yer alan Yeşil Yıldız Konsepti'ne sahip örnek bir oteldir. Bu konsept, yağmur sularının veya arıtılmış atık suların bahçe sulaması ve/veya tuvalet rezervuarlarında kullanılmasını da kapsamaktadır (Hilton 2015).

BULGULAR

Bu çalışmada örnek alınan bahçeli bir konutun çatısından toplanacak yağmur suyu miktarının hesaplanması ve bu suyun konut dışı aktiviteler arasında yer alan bahçe sulama, kümes hayvanlarının günlük su ihtiyacı, süs havuzunun doldurulması, araba yıkama gibi ihtiyaçlarda kullanılabilirliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca konuta uygulanan yağmur suyu toplama sisteminin maliyeti ve amortisman süresi de hesaplanmıştır.

Yağmur Suyu Verimi Hesabı

Çatı yüzeyinden ne kadar yağmur suyunun toplanacağına ilişkin hesaplamalar aşağıda özetlenmiştir (Tema 2017).

Yağmur suyu verimi = Yağmur toplama alanı * yağış miktarı * çatı katsayısı * filtre etkinlik katsayısı.

Yağmur toplama alanı: Toplam çatı alanıdır.

Yağış miktarı: Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından belirlenen toplam yıllık yağış miktarıdır.

Çatı katsayısı: Alman standartları tarafından DIN (1989)'da 0.8 olarak belirtilen katsayıdır. Çatı katsayısı, çatıya düşen bütün yağmurun geri dönüştürülemediğini ifade etmektedir.

Filtre etkinlik katsayısı: Alman standartları tarafından DIN (1989)'da 0.9 olarak belirtilen katsayıdır. Filtre etkinlik katsayısı, çatıdan elde edilen yağmur suyunun görünen katı maddelerden ayrıştırılması için geçirilen ilk filtrenin verimlilik katsayısıdır. Suyun bir miktarının buradan geçemeyeceği hesaplanarak verilen bir katsayıdır.

Bu çalışmada örnek olarak alınan konutun çatı yüzey alanı 200 m²'dir. Bursa ilinde 1926 ile 2016 yılları arasında metrekareye düşen ortalama akış miktarı

707.5 mm (707.5 L m⁻²) olarak ölçülmüştür (Çizelge 1) (Resmî İstatistikler 2017).

Bu veriler doğrultusunda çatının kapladığı alana düşen yağış miktarı;

Yağmur suyu verimi = Yağmur toplama alanı * yağış miktarı * 0.8 * 0.9

Yağmur suyu verimi = 200 m² * 707.5 L m⁻² * 0.8 * 0.9 = 101.880 L = 101.88 m³ yıl⁻¹ ≈ 102 m³ yıl⁻¹

Yıllık Toplam Su İhtiyacı

Konutlarda, kullanma suyu miktarı evsel kullanım miktarının %78'ini oluşturmaktadır. Bu oranın %59'u konut dışında bahçe sulamasında, %19'luk kısmı ise konut içerisinde kullanılmaktadır. Konut içerisinde tesisat maliyeti, yağmur suyunun konut dışında kullanılmasını daha uygun duruma getirmektedir. Bu nedenle yağmur suyunun basit bir şekilde toplanarak bahçe sulamasında kullanılması oldukça yaygın bir uygulamadır (Şahin ve Manioğlu 2011).

Bu çalışmada örnek alınan konutun 400 m² alana sahip bir bahçesi bulunmaktadır. Bahçe içerisinde altı adet kümes hayvanı yetiştirilmekte ve 3.5 m³'lük bir süs havuzu yer almaktadır. Konut sahibine ait bir araç, konut dışı aktiviteler için su kullanımı hesabına dahil edilmiştir.

Bahçe sulaması için gereken su miktarı hesabı;

Yeşil alanların su ihtiyacının hesaplanmasında her bir sulama için su miktarı 5 L m⁻² olarak kabul edilmiştir (Eren et al., 2016).

400 m²'lik bir bahçe sulaması için;

400 m² * 5 L m⁻² = 2000 L = 2 m³ gün⁻¹

Her gün sulama yapılırsa; 2 m³ gün⁻¹ * 365 gün = 730 m³ yıl⁻¹

Haftada 2 kez sulama yapılırsa; 2 m³ gün⁻¹ * 365/(7/2) gün = 208.6 m³ yıl⁻¹

Haftada 1 kez sulama yapılırsa; 2 m³ gün⁻¹ * 365/7 gün = 104.3 m³ yıl⁻¹

Bahçe sulama suyu ihtiyaçları, sulamanın her gün, haftada iki kez ve haftada bir kez yapıldığı durumlar için ayrı ayrı hesaplanmış ve Çizelge 2'de verilmiştir. Buna göre sulamanın her gün yapılması durumunda çatı alanlarından toplanan su miktarı; toplam bahçe sulama suyu ihtiyacının %14'ünü, sulamanın haftada iki kez yapılması durumunda toplam bahçe sulama suyu ihtiyacının %49'unu ve sulamanın haftada bir kez yapılması durumunda toplam bahçe sulama suyu ihtiyacının %98'ini karşılayacağı tespit edilmiştir.

Çizelge 1. Bursa'da yıllara bağlı (1926-2016) olarak gerçekleşen ortalama akış değerleri (mm).
Table 1. Average flow values in Bursa due to the years (mm).

| Aylar | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Toplam |
|---------------------------|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|--------|
| Yağış miktarı (mm) | 89.1 | 76.7 | 70.1 | 63.0 | 49.2 | 33.3 | 21.6 | 16.6 | 42.0 | 66.8 | 78.4 | 100.7 | 707.5 |

Çizelge 2. Bahçe sulama suyu ihtiyaçları.
Table 2. The needs of garden irrigation water.

| Çatı yağmur suyu miktarı (Yıllık, m ³) | Yeşil alan su ihtiyacı (m ³) | Her gün sulama | | Haftada iki kez sulama | | Haftada bir kez sulama | |
|--|--|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| | | Su ihtiyacı (m ³) | Karşılanan su ihtiyacı yüzdesi (%) | Su ihtiyacı (m ³) | Karşılanan su ihtiyacı yüzdesi (%) | Su ihtiyacı (m ³) | Karşılanan su ihtiyacı yüzdesi (%) |
| 102 | 2 | 730 | 14 | 208.6 | 49 | 104.3 | 98 |

Kümes hayvanlarının su ihtiyacı;

Kümes hayvanlarının günlük su ihtiyacının hesaplanmasında, her bir kümes hayvanı için ihtiyaç duyulan su miktarı 0.25 L/gün olarak kabul edilmiştir (İller Bankası 2013).

Örnek konutta yetiştirilen altı tavuk için yıllık su ihtiyacı;

$$0.25 * 6 = 1.5 \text{ L} = 0.0015 \text{ m}^3\text{gün}^{-1}$$

$$0.0015 * 365 = 0.55 \text{ m}^3\text{yıl}^{-1}$$

Süs havuzunun doldurulması için gereken su miktarı;

Örnek konutta bulunan 3.5 m³lük süs havuzunun doldurulması için gereken su miktarının hesaplanmasında, yılda iki kez doldurulup boşaltılacağı düşünülerek ihtiyaç duyulan su miktarı;

$$3.5 * 2 = 7 \text{ m}^3\text{yıl}^{-1}$$

Araba yıkaması için gereken su miktarı;

Araba yıkamak için gereken su miktarı; bir seferde yaklaşık 50 litre su harcanacağı kabul edilmektedir (Araç yıkama 2013). Ayda bir kez araba yıkanacağı varsayılarak ihtiyaç duyulan yıllık su miktarı;

$$50 * 12 = 600 \text{ L} = 0.6 \text{ m}^3\text{yıl}^{-1}$$

Yıllık Toplam Su İhtiyacı;

Haftada iki kez bahçe sulanmasının yeterli olacağı düşünülerek,

Yıllık toplam su ihtiyacı = Bahçe sulaması için gereken su ihtiyacı + kümes hayv.su ihtiyacı + süs hav.su ihtiyacı + araba yıkama için gereken su ihtiyacı

$$208.6 \text{ m}^3\text{yıl}^{-1} + 0.55 \text{ m}^3\text{yıl}^{-1} + 7 \text{ m}^3\text{yıl}^{-1} + 0.6 \text{ m}^3\text{yıl}^{-1} = 216.75 \text{ m}^3\text{yıl}^{-1}\text{dir.}$$

Çatıdan toplanan yağmur suyu miktarı/kullanılan su miktarı = $102/216.75 = 0.47 \text{ yıl} \approx 172 \text{ gün}$

Depoda toplanan suyun 172 gün boyunca konut dışı aktivitelerde kullanılabileceği belirlenmiştir.

Depo hacmi hesabı;

Sistemin depo hacmi hesabı, maksimum yağışın olduğu Aralık ayı düşünülerek yapılmıştır (Çizelge 1).

Aralık ayı: 100.7 mm

$$\text{Depo hacmi} = \text{yağış miktarı} * \text{çatı metrekaresi} * 0.8 * 0.9$$

$$100.7 \text{ L m}^{-2} * 200 \text{ m}^2 * 0.8 * 0.9 = 14,501 \text{ L} = 14.5 \text{ m}^3\text{lük depo hacmi gerekmektedir.}$$

Yağmur Suyu Toplama Sisteminin Amortisman Süresi

Yağmur Suyu Toplama Sisteminin Maliyeti:

Yağmur suyu toplama sistemi için gerekli ekipman, yağmur suyu filtresi, dalgıç pompa ve yağmur suyu deposudur. Ekipmanın özelliği ve maliyeti Çizelge 3'te verilmektedir.

Buradan yağmur suyu toplama sistem maliyeti 3.463 TL olarak hesaplanmaktadır.

Yıllık tasarruf edilen tutar:

Yıllık toplam 216.75 m³ su tüketimi olan örnek konutun 102 m³lük su kullanımı yağmur suyundan karşılanabilmektedir.

Çizelge 3. Yağmur suyu toplama sistemi ekipmanının maliyeti.

Table 3. The cost of rain water collection system equipment.

| Ekipman | Birimleri | Özellikleri | Maliyet (TL) |
|--------------------|--|--|--------------|
| Yağmur suyu deposu | Hacim-15 m ³ | Poliyeten | 3000 |
| Filtre | Hız-4000m ³ h ⁻¹ | Paslanmaz çelik/Kendini temizleme tipi | 196 |
| Dalgıç pompa | Güç-550W | Paslanmaz temiz su dalgıç pompa | 267 |

Tasarruf edilen yıllık su miktarı 102 m³ ve Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi'nin (BUSKİ) su satış fiyatı (şebeke suyu ücreti) atıksu bedeli dahil 3.28 TL m⁻³ (Abone Rehberi 2017);

Yıllık tasarruf edilen tutar = 102 m³ * 3.28 TL m⁻³ = 335 TL

Toplam tüketimin %47'si yağmur suyundan sağlanabilmekte ve yıllık olarak 335 TL tasarruf edilebilmektedir.

Sistemin amortisman süresi:

Toplam sistem maliyeti / yıllık tasarruf edilen maliyet
= 3.463 TL / 335 TL = 10.3 yıl

SONUÇ VE TARTIŞMA

İçme ve kullanma amaçlı tüketilen suyun %70'i tuvaletler, bahçe sulama, araç ve çamaşır yıkama gibi işler için kullanılmaktadır. Yağmur sularının yalnızca %30'u yeraltı sularına katılmakta ve geri kalan %70'lik kısmı doğrudan kanalizasyona karışmaktadır. Suyun canlılar için önemi göz önünde bulundurulduğunda, yağmur sularının değerlendirilmesinin ne derece önemli olduğu ortaya çıkmaktadır (Eren *et al.*, 2016).

Bu çalışmada yağmur suyu hasadıyla ilgili bilgiler verilmiş, örnek bir konutun 200 m² yüzey alanına sahip çatısından toplanacak yağmur suyunun konut dışı su ihtiyacının karşılanmasındaki kullanım potansiyeli incelenmiştir. Bu amaçla Bursa ili aylık yağış verileri kullanılarak konutun çatısından toplanacak yağmur suyu miktarı hesaplanmıştır. Toplanabilecek yağmur

suyu ile karşılanan su ihtiyacı yüzdeleri sulamanın her gün, haftada iki kez ve haftada bir kez yapılması durumları için ayrı ayrı hesaplanmış; kümes hayvanlarının yıllık su ihtiyacı, süs havuzunun yılda iki kez doldurulması ve ayda bir kez araba yıkama aktiviteleri için su ihtiyacı her üç durum için de sabit tutulmuştur (Çizelge 4).

Örnek konutun çatısından toplanacak yağmur suyunun 172 gün boyunca bahçe sulamasında, süs havuzunun doldurulmasında, araç yıkama ve kümes hayvanlarının su ihtiyacının karşılanmasında kullanılabileceği belirlenmiştir. Konuta yapılacak yağmur suyu toplama sisteminin toplam maliyeti 3.463 TL olarak hesaplanmıştır. Konutun toplam su tüketiminin %47'si yağmur suyundan elde edilmekte ve yıllık olarak 335 TL tasarruf sağlanabilmektedir. Örnek konuta uygulanan yağmur suyu toplama sisteminin maliyeti ve yıllık tasarruf edilen şebeke suyu maliyeti karşılaştırıldığında, sistemin amortisman süresi 10.3 yıl olarak bulunmuştur.

Yapılan tüm bu hesaplamalardan yola çıkılarak, örnek konuta uygulanan yağmur suyu toplama sisteminin avantajlı bir sistem olduğu sonucuna varılmaktadır. Su sıkıntısının çekildiği ve su temininin büyük maliyetlere yol açtığı günümüzde, yağmur suyu hasadı gibi hem ucuz hem de pratik sistemler yaygınlaştırılmalıdır. Bu sistemlerin yaygınlaştırılması ile ekolojik dengenin korunacağı, sürdürülebilir kalkınmanın sağlanacağı ve su kaynaklarının daha verimli kullanılacağı düşünülmektedir.

Çizelge 4. Karşılanan su ihtiyacı yüzdeleri.

Table 4. The percentage of water needed.

| Çatı yağmur suyu miktarı (m ³ yıl ⁻¹) | Bahçe sulama (Her gün) | | Bahçe sulama (Haftada iki kez) | | Bahçe sulama (Haftada bir kez) | |
|--|---|------------------------------------|---|------------------------------------|---|------------------------------------|
| | Su ihtiyacı (m ³ yıl ⁻¹) | Karşılanan su ihtiyacı yüzdesi (%) | Su ihtiyacı (m ³ yıl ⁻¹) | Karşılanan su ihtiyacı yüzdesi (%) | Su ihtiyacı (m ³ yıl ⁻¹) | Karşılanan su ihtiyacı yüzdesi (%) |
| 102 | 738.15 | 14 | 216.75 | 47 | 112.45 | 91 |

KAYNAKLAR

- Abone Rehberi 2017. http://www.buski.gov.tr/tr/abonerehberi/kategori_17 [Erişim: 04 Aralık 2017].
- Alparslan N., Tanık A ve Dölgen D., 2008. Türkiye’de Su Yönetimi Sorunlar ve Öneriler. Türk Sanayicileri ve İşadamları Derneği (TÜSİAD) Yayın No: T/2008-09/469.
- Alternatif Su Kaynakları 2018. <http://docplayer.biz.tr/192040-Alternatif-su-kaynaklari.html> [Erişim: 12 Haziran 2018].
- Araç yıkama 2013. Araç yıkamada harcadığımız su ile 5 yılda bir baraj kuruyor. <http://www.ciftlikdergisi.com.tr/araç-yıkamada-harcadığımız-su-ile-5-yılda-bir-baraj-kuruyor.html> [Erişim: 06 Kasım 2017].
- Asano T and Levine A.D., 1996. Wastewater reclamation, recycling and reuse: past, present, and future, *Water Science and Technology*, 33(10-11): 1-14.
- BS 2009. Rainwater Harvesting Systems-Code of Practice. British Standard 8515: 2009, London.
- Bursagaz 2017. Bursagaz’a yeşil bina sertifikası. <http://www.milliyet.com.tr/bursagaz-a-yesil-bina-sertifikasi-bursa-yerelhaber-1991153/> [Erişim: 01 Aralık 2017].
- DIN 1989. Regenwassernutzungsanlagen. Deutsches Institut Normung DIN: 1989, German.
- Eren B., Aygün A., Likos S ve Damar A.İ., 2016. Yağmur Suyu Hasadı: Sakarya Üniversitesi Esentepe Kampüs Örneği. International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES), 3-5 November, Antalya.
- Hilton 2015. Hilton Bursa yeşil yıldız belgesi aldı. <http://www.turizm gazetesi.com/news.aspx?id=76656> [Erişim: 01 Aralık 2017].
- İller Bankası 2013. https://www.ilbank.gov.tr/dosyalar/icmesuyu/ICMESUYU_ETUT_FIZB_TEKN_SART.pdf [Erişim: 06 Kasım 2017].
- İncebel C., 2012. Alternatif su kaynaklarının endüstriyel kullanıma kazandırılması için çatı yağmur suyu hasadı (Ostim örneği). Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kantaroğlu Ö., 2009. Yağmur suyu hasadı plan ve hesaplama prensipleri. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 6-9 Mayıs, İzmir.
- Oweis T., Prinz Dand Hachum A., 2001. Water Harvesting: Indigenous Knowledge for The Future of The Drier Environments. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria.
- Pamuk Mengü G veAkkuzu E., 2008. Küresel su krizi ve su hasadı teknikleri. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 5(2): 75-85.
- Resmi Gazete 2017. T.C. Resmi Gazete, 30105, 23.06.2017. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/06/20170623-8.htm> [Erişim: 20 Aralık 2017].
- Resmi İstatistikler 2017. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=BURSA> [Erişim: 06 Kasım 2017].
- Sturm M., Zimmermann M., Schutz K., Urban W and Hartung H., 2009. Rainwater harvesting as an alternative Water resource in rural sites in central northern Namibia. *Physics and Chemistry of the Earth*, 34: 776-785.
- Şahin N ve Manioğlu G., 2011. Binalarda yağmur suyunun kullanılması. *Tesisat Mühendisliği*, 125: 21-32.
- Tema 2017. TEMA - Geleceğin suyu. http://sutema.org/resources/Document/FileName/2015-12-01_22-11-14-692%20GeleceginSuyu.pdf [Erişim: 20 Aralık 2017].
- Yağmur suyu 2017. Yağmur suyu filtreleme ve depolama sistemi. <http://www.sfr.com.tr/yagmur-suyu-hasatis6.html> [Erişim: 08 Kasım 2017].
- Yalılı Kılıç M., Kestioğlu K ve Aydınalp C., 2008. Atıksuların Sulama Suyu Olarak Kullanım Olanaklarının Değerlendirilmesi. Su Tüketimi Arıtma Yeniden Kullanım Sempozyumu, 3-5 Eylül, Bursa.
- Zhang Y., Grant A., Sharma A., Chen D and Chen L., 2010. Alternative water resources for rural residential development in Western Australia. *Water Resource Management*, 24: 25-36.

Farklı Nem İçeriklerindeki Siyez Buğdayı Tohumlarının Karbondioksit Değişimleri ve Bazı Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Hakan Kibar*

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tohum Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, Bolu

Geliş tarihi (Received): 08.11.2018

Kabul tarihi (Accepted): 12.12.2018

Anahtar kelimeler:

Einkorn siyez buğdayı, karbondioksit değişimi, solunum hızı, nem içeriği

Özet. Bu çalışmada; farklı nem içeriklerindeki (%5, 10.5, 15, 20, 25) kavuzlu siyez buğdayı tohumlarında (*Triticum monococcum* L.) karbondioksit (CO₂) solunum hızında meydana gelen değişimler ve bazı mekanik özellikler araştırılmıştır. Tohumlar 10 °C' de 3 ay süreyle sıcaklık ve nem test kabini içinde depolanmıştır. Bu süre sonunda CO₂ değişimi %5, 10.5 ve 15 nem içeriklerinde 120 saat, %20 ve 25 nem içeriklerinde sırasıyla 26 ve 29 saat süreyle ölçüm yapılmıştır. Araştırmanın sonucunda %5, 10.5, 15, 20 ve 25 nem içeriklerindeki CO₂ düzeyleri sırasıyla 504-555, 510-578, 568-1074, 762-9999 ve 1500-9999 ppm olarak tespit edilmiştir. Minimum CO₂ solunum hızı 120. saatte %5 ve 10.5 nem içeriğinde 0.06 mgCO₂ kg⁻¹ h⁻¹ olarak belirlenmiştir. Maksimum CO₂ solunum hızı ise %25 nem içeriğinde 1. saatte 18.09 mgCO₂ kg⁻¹ h⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Artan nem içeriğine bağlı olarak mühendislik özelliklerinin artış gösterdiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara bağlı olarak tohumların yüksek nem içeriğinde bozulması hızlanarak depo iç ortamının çevresel koşulları (sıcaklık ve bağıl nem) olumsuz olarak etkilenebilecektir. Farklı nem içeriklerine sahip tohumlarda daha düşük solunum hızları %5 nem içeriğinde belirlenmiştir. Ancak depolamada %5'lik nem düzeyini sağlamak daha fazla soğutma veya havalandırma maliyetine neden olacağından siyez buğdayı tohumlarının %10.5 nem içeriğinde depolanması tohumların mühendislik özellikleri açısından önerilmektedir.

*Sorumlu yazar

hakan.kibar@ibu.edu.tr

Determination of Carbon Dioxide Changes and Some Mechanical Properties of Siyez Wheat Seeds in Different Moisture Content

Keywords:

Einkorn siyez wheat, carbon dioxide change, respiration rate, moisture content

Abstract. The changes in carbon dioxide (CO₂) respiration rate and some mechanical properties of unhulled siyez wheat (*Triticum monococcum* L.) in different moisture contents (5, 10.5, 15, 20, 25%) were investigated in this study. The seeds were stored in the temperature and moisture test chamber at 10 °C for 3 months. At the end of this period, CO₂ changes were measured throughout 120 hours at 5, 10.5 and 15% moisture contents and 26 and 29 hours at 20 and 25% moisture contents. As a result of the study, CO₂ levels of 5, 10.5, 15, 20 and 25% moisture contents were ranged 504-555 ppm, 510-578 ppm, 568-1074 ppm, 762-9999 ppm and 1500-9999 ppm, respectively. Minimum CO₂ respiration rate was determined as 0.06 mgCO₂ kg⁻¹ h⁻¹ in 5 and 10.5% moisture content at 120th hours. The maximum CO₂ respiration rate was determined as 18.09 mgCO₂ kg⁻¹ h⁻¹ at 1th hour in 25% moisture content. It was determined that the some engineering properties increased due to increased moisture content. Depending on the results obtained, the degradation of the seeds will accelerate and the indoor environmental conditions (temperature and relative humidity) in storage may be adversely affected by high moisture contents. The lower respiration rates in seeds with different moisture contents were determined at 5% moisture content. However, it is determined that the seeds of wheat can be stored in 10.5% moisture content since storage at 5% moisture content may cause more cooling or ventilation cost.

GİRİŞ

Siyez (*Triticum monococcum* L.) buğdayı, diploid ($2n=14$), kavuzlu primitif bir buğday türüdür. Bu buğday türü ticari olarak üretimi yapılan buğday türlerine göre fitokimyasallar (karotenoidler, tokoferoller, fenolik asitler), protein ve mineral madde miktarları açısından önemli üstünlüklere sahiptir (Hidalgo *et al.*, 2006; 2008).

Çölyak hastalığı, buğday gluteni (gliadinler) ve ona benzer yapı gösteren alkolde çözünebilir bazı arpa ve çavdar proteinlerine (prolaminler) karşı oluşan uygunsuz bağışıklık sistemi tepkilerinin ince bağırsakta düzensizliğe neden olmasıdır (Sollid and Khosla 2005). Günümüzde buğday gluteni ve ona benzer yapı gösteren bazı arpa ve çavdar proteinlerini içeren gıdaları tüketemeyen çölyak hastaları için uygulanan tek tedavi yöntemi ise glutensiz diyet ile beslenmeleridir. Yapılan bazı çalışmalar siyez buğdayının (*Triticum monococcum*) çölyak hastalığına (gluten intoleransı) sebep olan α -gliadin' deki aminoasit dizilimine sahip olduğunu belirtse de (Fasano and Catassi, 2001; Wieser 2001; Vaccino *et al.*, 2009), siyez buğdayının çölyak hastalığına sebep olan toksisiteye çeşide bağlı olarak az neden olduğu veya neden olmadığı yönünde çalışmalar da mevcuttur (De Vincenzi *et al.*, 1996; Pizzuti *et al.*, 2006; Vincentini *et al.*, 2007).

Tohum depolama ortamı, tohum yığnında yer alan biyolojik işlemlerin tohum için faydalı olacağı veya tohum kalitesini etkilemeyeceği şekilde kontrol edilmelidir. Tohum nem içeriği (MC), tohum biyolojik aktivitesini tanımlayan en önemli faktörlerden biridir (Kaleta and Gornicki 2013). Tohumların nemli ortamda kurak koşullara göre daha hızlı bozulduğu bilinmektedir. Kuru koşullarda, bazı tohumlar, iyi bir depolama ortamının sağlanması ile fazla bir kayıp olmadan, 10 yıl veya daha uzun süre depolanabilir. Buna bağlı olarak düşük nemli tohumlar düşük oranda solunum hızına sahip olabilir. Bununla birlikte, nem içeriği yüksek olan tohumlar genellikle daha yoğun CO₂ üretim oranlarına neden olan mikrobiyal işlemler için iyi bir ortamdır. Nemli bir ortamda ise tohumlar birkaç ay içinde bünyesindeki enzim aktiviteleri sonucunda canlılıklarını kaybedebilir (Robertson *et al.*, 1939). Tohum bozulması, tohumun kendisinin ve beraberindeki mikroorganizmaların solunması ile ilgilidir. Solunum ise karbondioksit, su buharı ve termal enerji üreten karbonhidrat oksidasyonu (yanma) işlemidir (Kaleta and Gornicki 2013).

Throneberry and Smith (1955), mısırdaki canlılık kaybının solunum oranı ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar tarafından tohumlarda

meydana gelen bozulma sürecinin depo ortamındaki sıcaklık ve tohumdaki su aktivitesi ile değişebileceğini, ancak koruma önlemlerinin alınması ve enzim aktivitelerinin kontrol altına alınması ile önlenebileceğini vurgulamıştır (Walters and Engels 1998; McDonald 1999; Murthy *et al.*, 2003; Kibinza *et al.*, 2006).

Taneli ürünler katı, sıvı ve gaz formunu bünyelerinde barındırdıkları için depolama koşulları büyük oranda temel mühendislik özelliklerine bağlıdır. Bu ürünlerin yeterli düzeyde muhafazaları için mühendislik uygulamaları açısından önemli temel mühendislik özelliklerinin arasındaki ilişkilerin bilinmesi gerekir. Bu açıdan tohumlar için önem arz eden bazı temel mühendislik özellikleri nem içeriği, tohum taneleri arasındaki içsel sürtünme ve kayma açısı ile tohum ve depo malzemesi arasındaki statik sürtünme katsayısıdır (Horabik and Molenda 1988).

Bu çalışmanın amacı, Kastamonu ili İhsangazi ilçesinden toplanan kavuzlu siyez einkorn buğdayı tohumlarının %5, 10.5, 15, 20 ve 25 nem içeriğinde CO₂ seviyesindeki değişime bağlı olarak solunum hızında meydana gelen değişimleri ve bazı mekanik özelliklerini (içsel sürtünme açısı, kayma açısı ve statik sürtünme katsayısı) araştırmaktır.

MATERYAL VE METOT

Araştırmada materyal olarak Kastamonu İli İhsangazi ilçesinde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan ve 2017 yılı hasat sezonuna ait kavuzlu siyez buğdayı kullanılmıştır.

Siyez buğdayına ilişkin 10 g örnek 3 tekerrürlü olacak şekilde fırın kapları ile 130 °C'lik fırında 19 saat süre ile tutulmuştur. Bu sürenin sonunda fırından çıkarılan örnekler 30 dakika süre ile desikatörde soğumaya bırakılmıştır. Mühendislik uygulamalarında kuru ağırlığa göre hesaplanan nem içeriği kullanıldığı için doğal nem içeriği aşağıda verilen Eşitlik 1 ve 2 yardımıyla belirlenmiştir (Bakker-Arkema 1999; ASAE 2008).

$$M_{w.b} = \left(\frac{W_w}{W_t} \right) \times 100 \quad (1)$$

$$M_{d.b} = \left(\frac{W_{w.b}}{100 - M_{w.b}} \right) \times 100 \quad (2)$$

Eşitliklerde;

$M_{w.b}$: Örneğin yaş ağırlığa göre doğal nem içeriği, (%)

W_w : Örneğin içerdiği su miktarı, ($W_{yaş} - W_{kuru}$) (g)

W_t : Örneğin toplam ağırlığı, (g)

$M_{d.b}$: Örneğin kuru baza göre doğal nem içeriği, (%)

Yukarıda verilen eşitlik yardımıyla kavuzlu tohum örneklerinde başlangıç nemi %10.5 olarak belirlenmiştir. Çalışmada %10.5 nem düzeyinin üzerinde %15, 20 ve 25 nem düzeyleri de ele alınmıştır. Atmosfer koşullarına bağlı olarak depo iç ortamında havalandırma, ısıtma ve soğutma gibi nedenlerden dolayı sıcaklık ve bağıl nem ile meydana gelebilecek herhangi bir olumsuz durum depolanan tohum nem içeriğinde de değişimlere neden olabilecektir. Bu nedenle tohumlara daha yüksek nem düzeyleri uygulanmıştır. %5 nem düzeyi için kurutma fırınında tohum örnekleri kurutularak tohum nem düzeyi düşürülmüştür. %10.5 nem düzeyinin üzerindeki %15, 20 ve 25 nem içerikleri için aşağıda verilen Eşitlik 3 yardımıyla ilave diclek saf su miktarı hesaplanmış ve tohum örneklerine ilave edilmiştir. Daha sonra farklı nem içerikleri için her bir tohum partisi hava almayacak şekilde polietilen torbalara konulmuş ve bu torbalar 3 ay için sıcaklık ve nemi ayarlanabilen test kabininde 10 °C sıcaklıkta ve %65 nem içeriğinde depolanmıştır. Bu sürenin sonunda her bir tohum partisinde aşağıdaki deneyler 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır.

$$Q = \frac{W \times (M_f - M_i)}{100 - M_f} \quad (3)$$

Eşitlikte;

- Q : İlave edilmesi gereken su miktarı, (g)
W : Tohum örneklerinin ağırlığı, (g)
M_i : Tohum örneğinin ilk nem içeriği, (%)
M_f : Tohum örneğinin son nem içeriği, (%)

Farklı nem içeriklerindeki kavuzlu siyez buğdayı tohumlarının solunum hızlarının belirlenmesinde hızlı bir sonuç sağlayan Testo 535 CO₂ ölçüm cihazı ile tohumların ortama yaymış olduğu CO₂ düzeyi ppm olarak ölçülmüştür. Bu amaçla 1500 mL hacimli bir kaba yaklaşık 200 g tohum konulduktan sonra CO₂ ölçüm probu kaba yerleştirilmiş ve kabın hava almaması için parafilm ile sıkıca kapatılarak kabın sızdırmazlığı sağlanmıştır. Tohumların yaymış olduğu CO₂ miktarı ölçülmüş ve Eşitlik 4 ve 5 yardımıyla farklı nem içeriklerine bağlı olarak solunum değişimleri hesaplanmıştır (Raudiene *et al.*, 2017).

$$RR = \frac{\Delta_{CO_2} \times M_{CO_2} \times V_h}{V_m \times m \times \Delta t} \quad (4)$$

$$V_m = \frac{R \times T}{P} \quad (5)$$

Eşitliklerde;

- RR : CO₂ solunum hızı, (mgCO₂ kg⁻¹ h⁻¹)
Δ_{CO₂} : ppm düzeyinde CO₂ hacimsel konsantrasyon değişimi, (10⁻⁶ L L⁻¹)
M_{CO₂} : CO₂ gazının moleküler ağırlığı, (44.01 g mol⁻¹)
V_h : Kabın hacmi, (L)

- m : Siyez buğdayı tohum ağırlığı, (kg)
Δt : Deney süresi, (h)
V_m : Gazın molar hacmi, (L mol⁻¹)
R : Gaz sabiti, (0.08206 L⁻¹ mol⁻¹ K⁻¹)
T : Sıcaklık, (K)
P : Basınç, (atm)

Farklı nem içeriklerindeki siyez buğdayı örneklerinin içsel sürtünme açılarının belirlenmesinde Zou and Brusewitz (2001), Molenda *et al.*, (2002)' deki esaslar göz önüne alınarak direkt kesme yöntemi kullanılmıştır. Kavuzlu siyez buğdayı tohumlarının içsel sürtünme açılarının hesaplanmasında Eşitlik 6, 7 ve 8 kullanılmıştır.

$$\sigma = \frac{N}{A} \times 100 \quad (6)$$

$$\tau = \frac{T}{A} \times 100 \quad (7)$$

$$\tau = (c + \sigma \tan \varphi) \quad (8)$$

Eşitliklerde;

- σ : Normal gerilme, (kPa)
N : Örnek üzerine uygulanan sabit yük, (kg)
A : Hüresel alan, (cm²)
τ : Kesme gerilmesi, (kPa)
T : Kesme kuvveti, (kg)
c : Kohezyon katsayısı
φ : İçsel sürtünme açısı, (derece)

Kavuzlu siyez buğdayı tohumlarının kayma açısı üzerine farklı nem içeriklerinin etkisini belirlemek amacıyla tohum örnekleri 20 cm'lik çapa sahip polietilen huni yardımıyla temiz ve pürüzsüz bir yüzeye zeminden yaklaşık 25 cm yukarıdan boşaltıldıktan sonra dijital eğim açıölçer yardımıyla eğim ölçülerek kayma açısı belirlenmiştir.

Siyez buğdayı örneklerinin statik sürtünme katsayıları Beyhan *ve ark.*, (1994)'e göre belirlenmiştir. Yöntemde test yüzeyi olarak galvanize çelik yüzey kullanılmıştır. Deney sırasında test yüzeyi hızı ayarlanabilen doğru akım motoru ile düşük bir hızla hareket ettirilmiş, buna bağlı olarak oluşan sürtünme kuvveti dijital dinamometreden okunmuştur. Tohum örneklerinde statik sürtünme katsayıları Eşitlik 9 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\mu_s = \frac{F_s}{W} \quad (9)$$

Eşitlikte;

- μ_s : Statik sürtünme katsayısı,
F_s : Sürtünme kuvveti, (N)
W : Normal kuvvet, (N)

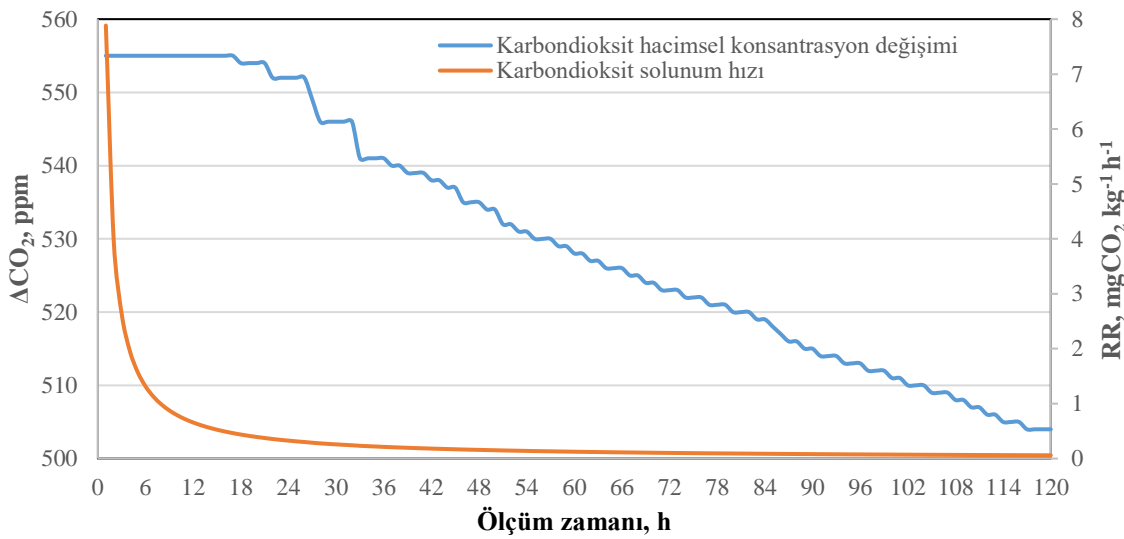
Çalışmada elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS 11.0 istatistik paket programı kullanılmıştır. Farklı nem içeriklerinde tekerrürlü olarak elde edilen veriler için varyans analizi uygulanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen ortalama değerler Duncan çoklu karşılaştırma testi ile $P < 0.05$ önem düzeyinde değerlendirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

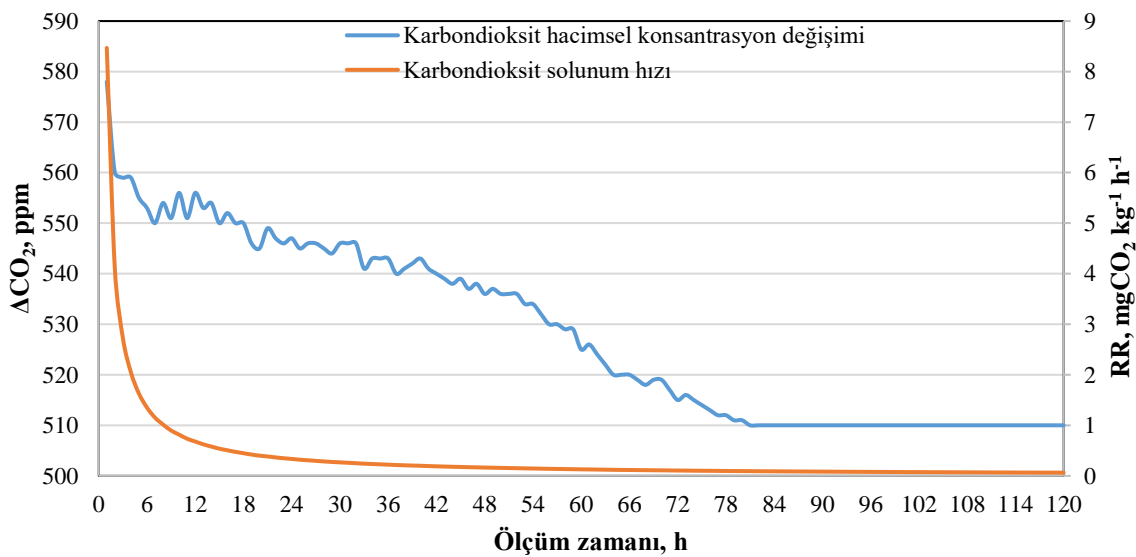
Farklı nem içeriklerine sahip tohum örneklerinde CO_2 ölçümleri 120 saat olarak planlanmıştır. Ancak tohum nem içeriğinin yükselmesi nedeni ile tohumun solunum hızı artışına bağlı olarak %20 ve 25 nem içeriklerinde sırasıyla 29. ve 26. saatte deneyler

sonlandırılmıştır. Bunun nedeni, ifade edilen zaman dilimlerinde CO_2 konsantrasyonu cihazın maksimum ölçüm değeri olan 9999 ppm düzeyine ulaşılmış olmasıdır.

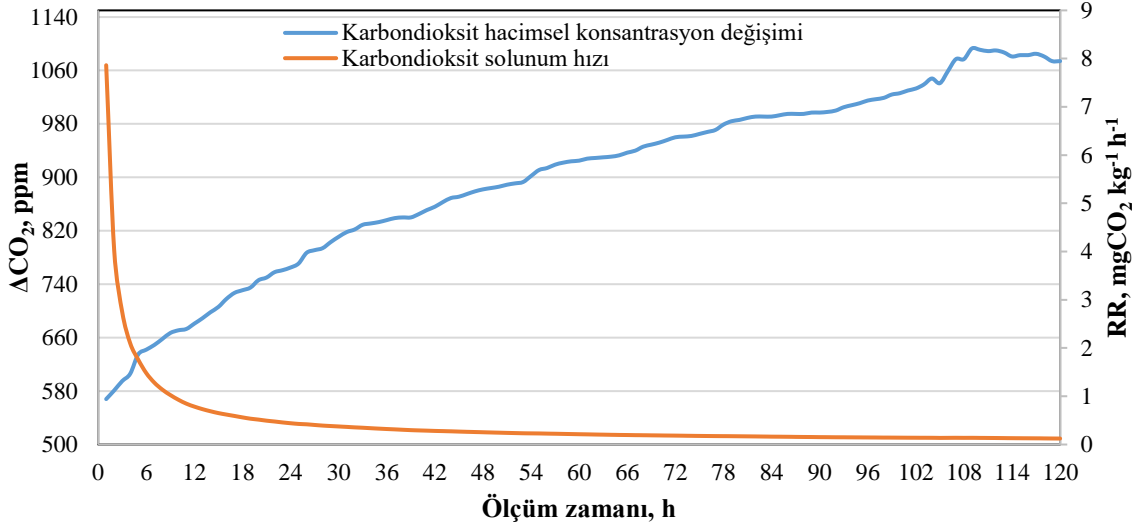
Çalışma sonucunda farklı nem içeriklerinde elde edilen CO_2 miktarları ve bunlara bağlı olarak belirlenmiş CO_2 solunum hızları Şekil 1'den Şekil 5'e kadar olan şekillerde verilmiştir. Şekiller incelendiğinde minimum CO_2 solunum hızı 120. saatte %5 ve 10.5 nem içeriğinde $0.06 \text{ mgCO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Maksimum CO_2 solunum hızı ise %25 nem içeriğinde 1. saatte $18.09 \text{ mgCO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir.



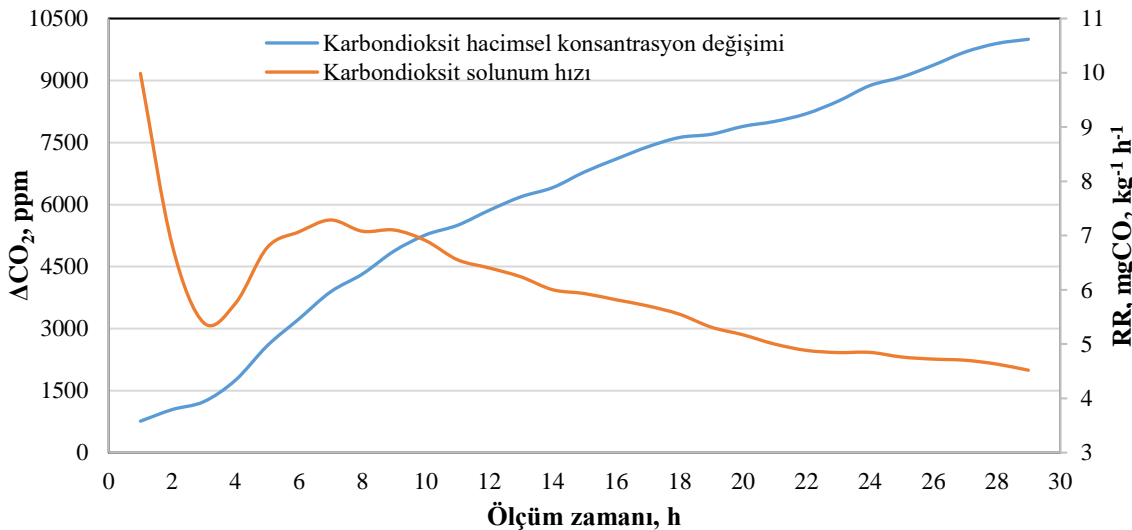
Şekil 1. Zamana bağlı olarak %5 tohum nem içeriğindeki CO_2 hacimsel konsantrasyon değişimi ve CO_2 solunum hızı.
Figure 1. CO_2 volumetric concentration change and CO_2 respiration rate at 5% seed moisture content depending on time.



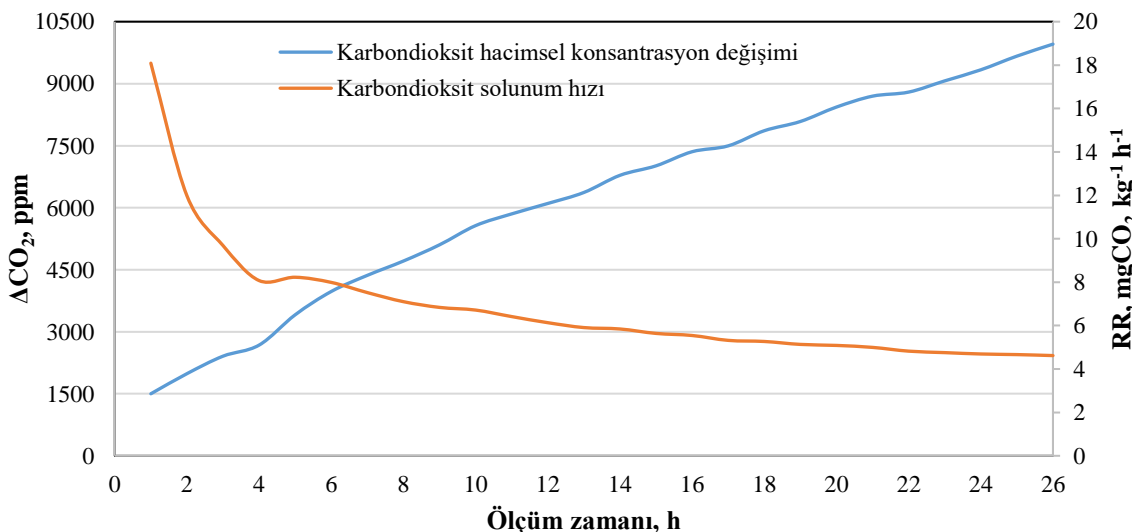
Şekil 2. Zamana bağlı olarak %10.5 tohum nem içeriğindeki CO_2 hacimsel konsantrasyon değişimi ve CO_2 solunum hızı.
Figure 2. CO_2 volumetric concentration change and CO_2 respiration rate at 10.5% seed moisture content depending on time.



Şekil 3. Zamana bağlı olarak %15 tohum nem içeriğindeki CO₂ hacimsel konsantrasyon değişimi ve CO₂ solunum hızı.
Figure 3. CO₂ volumetric concentration change and CO₂ respiration rate at 15% seed moisture content depending on time.



Şekil 4. Zamana bağlı olarak %20 tohum nem içeriğindeki CO₂ hacimsel konsantrasyon değişimi ve CO₂ solunum hızı.
Figure 4. CO₂ volumetric concentration change and CO₂ respiration rate at 20% seed moisture content depending on time.



Şekil 5. Zamana bağlı olarak %25 tohum nem içeriğindeki CO₂ hacimsel konsantrasyon değişimi ve CO₂ solunum hızı.
Figure 5. CO₂ volumetric concentration change and CO₂ respiration rate at 25% seed moisture content depending on time.

%5 ve 10.5 nem düzeylerinde ölçülen CO₂ miktarları 120 saat süresince azalma eğilimi göstermiştir. Burada tohum nem içeriği artmasına rağmen ölçülen CO₂ miktarları azalmış ve buna bağlı olarak da solunum hızları azalmıştır. Solunum hızının artmaması özellikle tohumun depolama süresince bozulmasının önüne geçebilecek en önemli etkenlerden bir tanesidir. Solunumun yavaş olması yine tohum bünyesindeki mekanizmanın yavaş çalışmasına ve besin kalitesinin azalmasının da önüne geçebilmektedir. Diğer bir etken solunumun düşük hızda olması tohumun canlılığını ve çimlenme kabiliyetinin de azalmasını engellemektedir. Çalışmada kullanılan tohum nem içeriklerindeki artışa bağlı solunum hızları azalış göstermiştir. Elde edilen sonuçlara bağlı olarak solunum hızının yüksekliği siyez buğdayının depo ömrünün kısa olacağına da bir göstergesidir. Solunumun artması kuru madde kaybını artırmaktadır. Ayrıca solunum artışı yine tohumun muhafaza edildiği depo ortamının sıcaklığının ve nem düzeyinin artışına neden olmaktadır.

Karaçalı (2009) ve Jian et al. (2014) solunum hızına etkili faktörleri; tohum genetik yapısı, olgunluk durumu, organ ve doku tipi, büyüklüğü ile yüzey/hacim oranı, tohumun mekanik olarak zarar görmesi, tohum nemi, depo ortamının sıcaklığı, bağlı nemi, oksijen konsantrasyonu, mikrobiyal bulaşma, ve tohum tarafından salınan CO₂ miktarı olarak belirtmişlerdir. Dolayısıyla bu çalışmada da etkili koşullardan tohum neminin farklı düzeyleri ele alınmış olup solunum hızı değişimi üzerine etkilerinin olduğu belirlenmiştir.

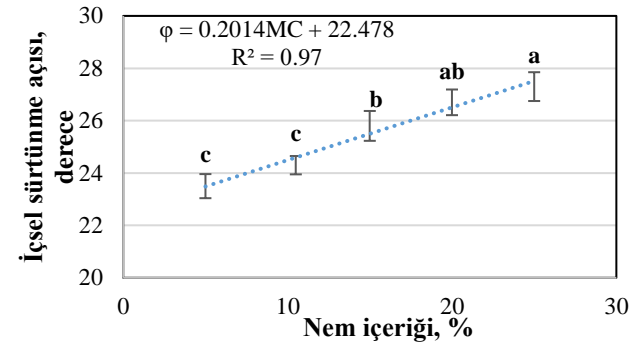
Er ve Başalma (2014), tohumlarda solunum hızının çok yükselmesi tohumdan değil, ortamda oluşan küf mantarlarından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Dolayısıyla depolama ortamı küf mantarlarının oluşmasına imkan vermeyecek düzeyde kalırsa, oluşabilecek kuru madde kayıplarının çok önemli olmadığını ifade etmişlerdir (Magan et al., 2004).

Huang et al. (2013) ve Chidananda et al. (2014) tohum nem içeriğindeki artış ile solunum hızının arttığını saptamışlardır. Bu çalışmada da benzer sonuçlar bulunmuştur.

Kavuzlu siyez tohum örnekleri için farklı nem içeriklerindeki içsel sürtünme açıları, R² ve standart sapma değerleri Şekil 6' da verilmiştir. Şekil 6' nın incelenmesiyle de görülebileceği gibi nem içeriği artışı ile içsel sürtünme açısının arttığı saptanmıştır. Bu bağlamda içsel sürtünme açısının en yüksek değeri %25 nem içeriğinde ($\phi = 27.3^\circ \pm 0.55$), en düşük değeri ise %5 nem içeriğinde ($\phi = 23.5^\circ \pm 0.46$) olduğu belirlenmiştir. Tohum örneklerinde %5-25 nem aralığı ile içsel sürtünme açıları arasında pozitif lineer ilişki

belirlenmiş olup bu ilişki Şekil 6' de verilmiştir. İçsel sürtünme açılarına ilişkin varyans analiz sonuçları incelendiğinde, nem içeriğinin içsel sürtünme açısına P<0.01 olasılık düzeyinde önemli etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Molenda et al. (1998), Baryeh (2002), Sahoo and Srivastava (2002), Rusinek and Stasiak (2004), farklı tohum örnekleri üzerinde yapmış oldukları çalışmalarında nem içeriğinin artması ile içsel sürtünme açısının arttığını belirtmişlerdir.

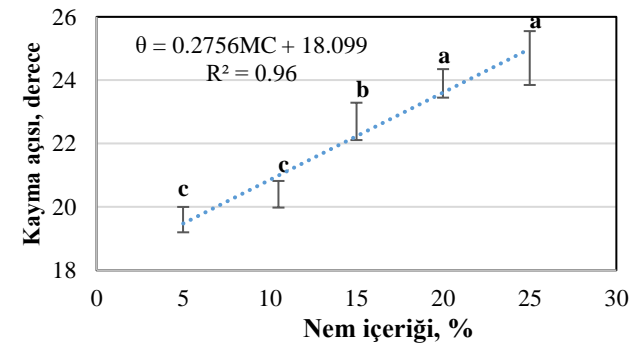


Şekil 6. Farklı nem içeriklerinin içsel sürtünme açısı üzerine etkileri.

Figure 6. Effects on the internal friction angle of different moisture contents.

Farklı nem içeriklerinde siyez buğdayı tohumlarının kayma açıları Şekil 7' de verilmiştir. %5, 10.5, 15, 20 ve 25 nem içeriklerine bağlı olarak açı değerleri sırasıyla; $19.6^\circ \pm 0.40$, $20.4^\circ \pm 0.42$, $22.7^\circ \pm 0.59$, $23.9^\circ \pm 0.45$ ve $24.7^\circ \pm 0.85$ olarak belirlenmiştir. Farklı nem içeriklerinin kayma açılarına ait değerler, istatistiki olarak değerlendirildiğinde nem içerikleri arasında önemli farklılıkların olduğu saptanmıştır (P<0.01).

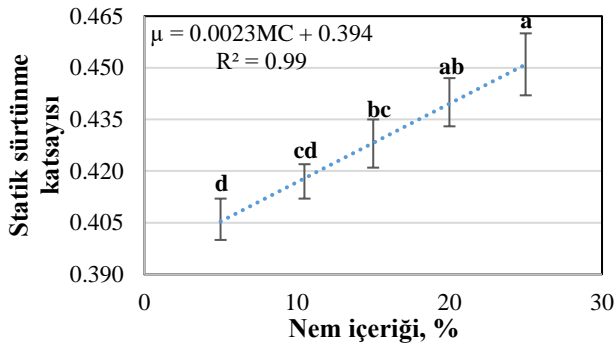
Mahjoub et al. (2014) iki farklı buğday çeşidinde ve %12, 15 ve 18 nem içeriğinde kayma açısını araştırmışlardır. Kayma açısının en düşük değerini 19.84° , en yüksek değerini ise 24.63° olarak belirlemişlerdir. Sonuç olarak nem içeriğinin artışı ile kayma açısının arttığını belirtmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen veriler, yapılmış olan çalışmayla benzerlik göstermektedir.



Şekil 7. Farklı nem içeriklerinin kayma açısı üzerine etkileri. Figure 7. Effects on the repose angle of different moisture contents.

Nem içeriğine (%5, 10.5, 15, 20 ve 25) ve yüzeye bağlı (galvanize çelik) olarak belirlenen statik sürtünme katsayıları, R² değerleri ile standart sapmalar Şekil 8' te verilmiştir. Şekil 8' ten de görülebileceği gibi nem içeriğinin artması ile statik sürtünme katsayısının lineer bir artış meydana getirdiği gözlemlenmiştir. Sürtünme yüzeyinde nem içeriğine bağlı artış, normal kuvvetin (W) neme bağlı artışı ile ilişkilendirilebilir. Tohum nem içeriğinin artması ile statik sürtünme katsayılarındaki en yüksek değerler %25 nem içeriğinde 0.451±0.009 olarak saptanmıştır. Yüzey mutlak pürüzlülük katsayısının galvanize çelik malzemede ise 0.12-0.15 (Kutoğlu 1980) arasında olması bu durum üzerinde önemli derecede etkili olmaktadır. Yapılan istatistik analiz sonucunda nem içeriklerinin galvanize çelik yüzeyin statik sürtünme katsayısı üzerine P<0.01 olasılık düzeyinde önemli etkisinin olduğu saptanmıştır.

Lawton (1980), Beyhan ve ark. (1994), Gupta and Das (1997), Jain and Bal (1997), Baryeh (2002), farklı biyolojik malzemeler üzerinde yapmış oldukları çalışmalarında nem içeriğinin artışı ile statik sürtünme katsayısının farklı test yüzeylerinde arttığını belirlemişlerdir. Bu çalışmada da diğer araştırmacıların sonuçlarına benzer sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 8. Farklı nem içeriklerinin statik sürtünme katsayısı üzerine etkileri.

Figure 8. Effects on the static coefficient of friction of different moisture contents.

SONUÇ

Çalışma sonucunda, kavuzlu siyez buğdayı tohumlarının 3 aylık depolama sonucunda özellikle yüksek nem içeriğinde CO₂ solunum hızının arttığı belirlenmiştir. Bu artış tohumun canlılığının ve besin kompozisyonunun azalması gibi kayıplara neden olabilmektedir. Nitekim bu çalışmada yüksek neme sahip tohumlarda çimlenmeler gözlemlenmiştir. Nem içeriğinin artmasıyla tohumların bazı mekanik özelliklerinde artış olduğu belirlenmiştir. Meydana gelen artışlar, depolama yapılarının konstrüksiyon malzemesinde daha yüksek basınçlara neden olarak yapısal sorunların ortaya çıkmasına sebep olabilecektir. Bu nedenle, tohumların düşük nem

içeriğinde depolanması ve uygun çevre koşullarının sağlanması ile ortaya çıkan depolama kayıpları ve bazı mühendislik özellikleri ile ilgili artışlar önlenebilir. Besin kayıpları ile mühendislik özelliklerinde ortaya çıkan artış oranını en az düzeye indirmek için tohum neminin depolama sırasında %10 veya daha düşük seviyede tutulması gerekmektedir. Depolama ortamında düşük sıcaklık ve bağıl nem gibi çevresel koşulların sağlanabilmesi için uygun hızda yeterli miktarda havalandırma ile soğutma veya ısıtma yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- ASAE 2008. ASAE S352.2 APR1988 (R2008), Moisture Measurement - Underground Grain and Seeds. USA.
- Bakker-Arkema FW., 1999. Grains and grain quality. CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Agro-processing Engineering, Vol. IV (Eds. Bakker-Arkema FW., De Baerdemaeker J., Amirante P., Ruiz-Altisent M and Studman CJ), American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, USA, pp. 1-11.
- Baryeh EA., 2002. Physical properties of millet. Journal of Food Engineering, 51(1): 39-46.
- Beyhan MA., Nalbant M ve Tekgüler A., 1994. Tane ve Zurufu Fındıkların Sürtünme Katsayılarının Değişik Yüzeyler için Belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 15. Ulusal Kongresi, 20-22 Eylül, Antalya.
- Chidananda K., Chelladurai V., Jayas D., Alagusundaram K., White N and Fields P., 2014. Respiration of pulses stored under different storage conditions. Journal of Stored Products Research, 59: 42-47.
- De Vincenzi M., Luchetti R., Giovannini C., Pogna NE., Saponaro C., Galterio G and Gasbarrini G., 1996. In vitro toxicity testing of alcohol-soluble proteins from diploid wheat triticum monococcum in celiac disease. Journal of Biochemical and Molecular Toxicology, 11(6): 313-318.
- Er C ve Başalma D., 2014. Tohumluk ve Tohumculuk: Temel İlkeler ve Teknoloji. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Fasano A and Catassi C., 2001. Current approaches to diagnosis and treatment of celiac disease: An evolving spectrum. Gastroenterology, 120: 636-651.
- Gupta RK and Das SK., 1997. Physical properties of sunflower seeds. Journal of Agricultural Engineering Research, 66(1): 1-8.
- Hidalgo A., Brandolin A., Pompei C and Piscozzi R., 2006. Carotenoids and tocopherols of einkorn wheat (*Triticum monococcum* ssp. *monococcum* L.). Journal of Cereal Science, 44: 182-193.
- Hidalgo A., Brandolini A and Gazza L., 2008. Influence of steaming treatment on chemical and technological characteristics of einkorn (*Triticum monococcum* L. ssp. *monococcum*) wholemeal flour. Food Chemistry, 111: 549-555.

- Horabik J and Molenda M., 1988. Force and contact area of wheat grain in friction. *Journal of Agriculture England Research*, 41(1): 32-42.
- Huang H., Danao M., Rausch K and Singh V., 2013. Diffusion and production of carbon dioxide in bulk corn at various temperatures and moisture contents. *Journal of Stored Products Research*, 55: 21-26.
- Jain RK and Bal S., 1997. Properties of pearl millet. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 66(1): 85-91.
- Jian F., Chelladurai V., Jayas D., Demianyk C and White N., 2014. Interstitial concentrations of carbon dioxide and oxygen in stored canola, soybean, and wheat seeds under various conditions. *Journal of Stored Products Research*, 57: 63-72.
- Kaletka A and Gornicki K., 2013. Criteria of determination of safe grain storage time-a review. *Advances in Agrophysical Research* (Eds. Grundas S and Stepniewski A), IntechOpen, pp. 295-317.
- Karaçalı İ., 2009. Bahçe Ürünlerinin Muhafaza ve Pazarlanması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 494, İzmir.
- Kibinza S., Vinel D., Come D., Bailly C and Corbineau F., 2006. Sunflower seed deterioration as related to moisture content during ageing, energy metabolism and active oxygen species scavenging. *Physiologia Plantarum*, 128: 496-506.
- Kutoğlu HY., 1980. Uygulamalı Hidrolik ve Hidroloji. Mesleki ve Teknik Öğretim Kitapları No: 137, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul.
- Lawton PJ and Marchant JA., 1980. Direct shear testing of seeds in bulk. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 25(2): 189-201.
- Mahjoub M., Movahhed S and Chenarbon HA., 2014. Effective parameters on angle of repose, internal and external friction coefficient in two wheat varieties (Behrang and Shirudi). *International Journal of Biosciences*, 5(9): 117-124.
- Magan N., Sanchis V and Aldred D., 2004. Role of spoilage fungi in seed deterioration. *Fungal Biotechnology in Agricultural, Food and Environmental Applications* (Eds. Arora DK., Bridge PD and Bhatnagar D), Marcell Dekker, New York, pp. 311-323.
- McDonald MB., 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. *Seed Science and Technology*, 27: 177-237.
- Molenda M., Horabik J and Ross IJ., 1998. Stress and deformation of wheat in direct shear test. *International Agrophysics*, 12: 115-118.
- Molenda M., Montross MD., Horabik J and Ross IJ., 2002. Mechanical properties of corn and soybean meal. *Transactions of the ASAE*, 45(6): 1929-1936.
- Murthy UMN., Kumar PP and Sun WQ., 2003. Mechanisms of seed ageing under different storage conditions for *Vigna radiata* (L.) Wilczek: lipid peroxidation, sugar hydrolysis, Maillard reactions and their relationship to glass state transition. *Journal of Experimental Botany*, 54: 1057-1067.
- Pizzuti D., Buda A., D'odorico A., D'inca R., Chiarelli S., Curioni A and Martines, D., 2006. Lack of intestinal mucosal toxicity of *Triticum monococcum* in celiac disease patients. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 41: 1305-1311.
- Raudienė E., Rušinskas D., Balčiūnas G., Juodeikienė G and Gailius D., 2017. Carbon dioxide respiration rates in wheat at various temperatures and moisture contents. *Mapan*, 32(1): 51-58.
- Robertson DW., Lute AM and Gardner R., 1939. Effect of relative humidity on viability, moisture content, and respiration of wheat, oats, and barley seed in storage. *Journal of Agricultural Research*, 59(4): 281-291.
- Rusinek R and Stasiak M., 2004. Mechanical Parameters of Agro-Bulk Materials. EU 5th Framework Program, Institute of Agrophysics PAS, Lublin.
- Sahoo PK and Srivastava AP., 2002. Physical properties of okra seed. *Biosystems Engineering*, 83(4): 441-448.
- Sollid LM and Khosla C., 2005. Future therapeutic options for celiac disease. *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology*, 2(3): 140-147.
- Throneberry GU and Smith FG., 1955. Relation of respiratory and enzymatic activity to corn seed viability. *Plant Physiology*, 30: 336-43.
- Vaccino P., Becker HA., Brandolini A., Salamini F and Kilian B., 2009. A catalogue of *Triticum monococcum* genes encoding toxic and immunogenic peptides for celiac disease patients. *Molecular Genetics and Genomics*, 281: 289-300.
- Vincentini O., Maialetti F., Gazza L., Silano M., Dessi M., De Vincenzi M and Pogna NE., 2007. Environmental factors of celiac disease: Cytotoxicity of hulled wheat species *Triticum monococcum*, *T. Turgidum* ssp. *dicoccum* and *T. aestivum* ssp. *Spelta*. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 22: 1816-1822.
- Walters C and Engels J., 1998. The effects of storing seeds under extremely dry conditions. *Seed Science Research*, 8(Supplement): 3-8.
- Wieser H., 2001. Comparative investigations of gluten proteins from different wheat species. III. N-terminal amino acid sequences of α -gliadins potentially toxic for coeliac patients. *European Food Research and Technology*, 213: 183-186.
- Zou Y and Brusewitz GH., 2001. Angle of internal friction and cohesion of consolidated ground marigold petals. *Transactions of the ASAE*, 44(5):1255-1259.

Bursa Bölgesinde Faaliyet Gösteren Üç Adet Broiler İşletmesinin Karbon Ayak İzinin Tahminlenmesi

İlker Kılıç* Büşra Yaylı Aydın Elekberov

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa

Geliş tarihi (Received): 09.11.2018

Kabul tarihi (Accepted): 10.12.2018

Anahtar kelimeler:

Karbon ayak izi, küresel ısınma, sera gazı, broiler kümesi

Özet. Türkiye’de nüfusun artması, buna bağlı olarak hayvansal kaynaklı proteine ihtiyacın artış göstermesi, tarımsal arazilerin yok olması, ürün veriminde sürekli artış elde edilmek istenmesi gibi nedenlerle entansif işletmeler yaygınlık kazanmıştır. Birim alanda daha fazla üretim yapılan yoğun işletmecilik sistemlerinin bir sonucu olarak olumsuz çevresel etkileri artmakta ve gaz emisyonlarıyla küresel ısınmaya katkı sağlamaktadır. Küresel ısınmaya sebep olan sera gazlarının başında metan (CH₄), karbondioksit (CO₂) ve diazot oksit (N₂O) gelmektedir. Bir işletmenin küresel ısınmaya katkısının en önemli göstergelerinden birisi karbon ayak izidir. İşletmenin karbon ayak izi hesaplanmasıyla o işletmenin küresel ısınmaya olan katkısı da belirlenmiş olacaktır. Karbon ayak izinin hesaplanmasında kullanılan en yaygın yöntem Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından geliştirilen Tier yaklaşımlarıdır. Tier yaklaşımı 1, 2 ve 3 olmak üzere üç çeşittir. Bu çalışmada; Bursa bölgesinde faaliyet gösteren üç farklı broiler kümesinin karbon ayak izi belirlenmesi amacıyla Tier 1 yöntemi kullanılarak küresel ısınmaya etkisinin ortaya konması amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda, incelenen broiler kümeslerinde üretilen 1 kg tavuk eti başına karbon ayak izi broiler kümesi 1, 2 ve 3 için sırasıyla 2.2, 3.4 ve 3 kg CO₂ eşdeğeri olarak bulunmuştur.

*Sorumlu yazar

ikilic@uludag.edu.tr

Estimation of Carbon Footprint of Three Broiler Houses Operated in Bursa Region

Keywords:

Carbon footprint, global warming, greenhouse gas, broiler farm

Abstract. Increasing the population in Turkey, accordingly, the increase in the need for animal-derived protein, destruction of agricultural lands, demand continuous input of product yield for reasons such as intensive operation have gained widespread. As a consequence of intensive management system where more production is made in the unit area, negative environmental impacts are increasing and contribute to global warming with gas emissions. Methane (CH₄), carbon dioxide (CO₂) and diazot oxide (N₂O) are the main greenhouse gases that cause global warming. Carbon footprint is the measure of the damage caused by human activities to the environment in terms of the amount of greenhouse gases that are measured in units of carbon dioxide. The most common method used in calculating carbon footprint are Tier 1-2-3 approaches developed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). The aim of this study is to determine the effect of three different broiler farms in Bursa region on global warming by using Tier 1 method to determine the carbon footprint. At the end of the study, carbon footprint per kg of produced hen meat in monitored broiler houses 1,2 and 3 were calculated as 2.2, 3.4 and 3 kg CO₂ equivalent, respectively.

GİRİŞ

Dünya nüfusu sürekli olarak artmaktadır. Birleşmiş Milletler (BM) tarafından yapılan son tahminlere göre, dünya nüfusunun 2030 yılında 8.6 milyar, 2050 yılında 9.8 milyar ve 2100 yılında 11.2 milyara ulaşması beklenmektedir. Artan nüfusla birlikte gıdaya olan talep de artmaktadır. Dengeli beslenme için günlük alınması gereken besin ihtiyacının önemli bir kısmını hayvansal kaynaklı proteinler oluşturmaktadır. Yapılan bir çalışmaya göre ülkemizde tavuk etinin az yağlı, protein değerinin yüksek, vitamin ve mineraller açısından zengin olması, hazırlanmasının kolaylığı, çok çeşitli yemeklerde kullanılabilmesi ve fiyatlarının kırmızı ete kıyasla çok daha uygun olması gibi nedenler tavuk eti tüketimini arttırmıştır (Dokuzlu ve ark., 2013). Artan nüfustaki bu istekleri karşılamak için birim alanda yoğun üretim yapılan broyles işletmeleri yaygınlık kazanmaya başlamıştır. Ancak hayvansal üretimde entansifleşmenin olumsuz bir sonucu olarak çevre üzerindeki baskılar ve küresel ısınmaya sebep olan sera gazları emisyonlarının etkileri artmıştır.

Küresel ısınma; çoğunlukla insan faaliyetlerinin sonucunda ortaya çıkan sera gazı emisyonlarının (başlıca karbondioksit, metan ve diazot oksit) dünya üzerinde sıcaklık artışına neden olmaktadır. Kyoto Protokolü'nde küresel ısınmaya neden olan sera gazları ve salınım kaynakları karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), diazot oksit (N₂O), hidroflorür karbonlar (HFCs), perfloro karbonlar (PFCs) ve sülfürhekza florid (SF₆) olarak belirtilmiştir.

Endüstriyel işletmelerin küresel ısınmaya olan etkilerini belirlemek amacıyla karbon ayak izi kavramı ortaya çıkmıştır. Karbon ayak izi; birim karbondioksit cinsinden ölçülen, üretilen sera gazı miktarı açısından insan faaliyetlerinin çevreye verdiği zararın ölçüsüdür (Çınar 2007; Kılıç ve Amet 2017). Diğer bir ifadeyle; kurum veya bireylerin ulaşım, ısınma, elektrik tüketimi gibi faaliyetlerden kaynaklanan toplam sera gazları salım miktarının karbondioksit cinsinden ifadesidir. Karbon ayak izi; birincil ayak izi ve ikincil ayak izi olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Birincil ayak izi; evsel enerji tüketimi ve ulaşım da dâhil olmakla birlikte fosil yakıtların yanmasından ortaya çıkan doğrudan CO₂ emisyonlarının ölçüsüdür. İkincil ayak izi ise; kullandığımız ürünlerin tüm yaşam döngüsünden, bu ürünlerin imalatı ve en sonunda bozulmalarıyla ilgili olan dolaylı CO₂ emisyonlarının ölçüsüdür. Bu çalışmada ikincil karbon ayak izi incelenecektir. IPCC sera gazları emisyonlarının ölçülerinin hesaplanabilmesi için Tier 1-2-3 yöntemlerini geliştirmiştir.

Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO)'a göre toplam sera gazının %18'i tarımsal faaliyetler sonucunda açığa çıkmaktadır ve bu değer %14.5'i hayvancılık işletmelerinden kaynaklanmaktadır. Gerber *et al.* (2013), küresel ısınma potansiyelinin (CO₂ eşdeğerlik olarak) %14.5'ini hayvansal üretim oluşturmaktadır ve hayvancılık sektöründen kaynaklanan emisyonların %8'inin ise kümes hayvancılığı ve büyükbaş hayvancılıktan kaynaklandığını belirtmişlerdir. Hayvancılık işletmeleri, CH₄ ve N₂O emisyonları açısından önemli üretici kaynaklardır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin 100 yıllık bir zaman sürecini göz önüne alarak CO₂ eşdeğerliği cinsinden küresel ısınma potansiyellerinin 1 kg CH₄ gazının 25 kg CO₂ ve 1 kg N₂O gazının 298 kg CO₂ ile eşdeğer olduğunu belirtmiştir. Bu veriler N₂O gazının atmosferde ısıyı absorbe etme kapasitesinin CH₄ gazından daha yüksek olduğunu göstermektedir. Broyles kümeslerinden kaynaklanan gaz emisyonlarını N₂O, NH₃, CH₄ ve CO₂ oluşturmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; Bursa ilinde faaliyet gösteren üç adet broyles işletmesinde barınak sınırları içerisinde ortaya çıkan sera gazlarının emisyonlarının ölçülerek karbon ayak izinin tahminlenmesidir.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışmanın materyalini karbon ayak izinin tahminlenmesi amacıyla Bursa'da faaliyet gösteren üç adet broyles işletmesi oluşturmaktadır.

Broyles sektöründe çevresel etkilerde önemli rol oynayan konular şunlardır: üretim performansları (besleme, yem dönüşüm oranı, canlı ağırlığı, ölüm oranı), gübre yönetimi, enerji sarfiyatı ve birim alandaki yoğunluktur (Bengtsson and Seddon 2013; Da Silva *et al.*, 2014; Leinonen *et al.*, 2014). Karbon ayak izi tahminlenirken CO₂, N₂O, CH₄ emisyonları incelenmektedir ve N₂O ve CH₄ gazlarının CO₂ cinsinden eşdeğerlikleri belirlenmektedir. Dunkley *et al.* (2015)'nin yaptıkları bir çalışmada, hayvancılık işletmelerindeki emisyonları mekanik ve mekanik olmayan emisyonlar şeklinde belirtmişlerdir.

Yapılan çalışmada barınaklardan oluşan emisyonlar; üretime yardımcı sistemlerden oluşan emisyonlar ve üretimden olan emisyonlar olarak incelenmiştir.

Üretime Yardımcı Sistemlerden Oluşan Emisyonlar

Broyles işletmelerindeki emisyonların çoğunluğunu üretime yardımcı sistemlerden oluşan emisyonlar

oluşturmaktadır. Çalışmada incelenen broylar işletmelerinde üretime yardımcı sistemlerden olan emisyon kaynaklarını; havalandırma, aydınlatma ve elektrik tüketimi ile ısıtma için kullanılan yakıtlardan kaynaklanan emisyonlar oluşturmaktadır.

Barınak ortamında hayvanlar için temiz iç ortam havasının oluşması havalandırmayla mümkün olmaktadır. Havalandırma yapmak tavukların sağlıklı kalabilmesi ve yemlemede randıman açısından önemlidir. Çalışmamız kapsamındaki broylar kümeslerinde havalandırma mekanik yolla sağlanmaktadır. Kümeslerde aydınlatma tavukların fizyolojik davranışları ve verimlilikleri açısından önemlidir. Genel olarak gündüzleri pencere ile akşamları ise lambalar ile aydınlatma yapılmaktadır. İncelenen işletmelerdeki aydınlatma planına göre 12 saat aydınlatma yapılmaktadır. Karbon ayak izinin tahminlenmesi için elektrik emisyon faktörü 0.40 kg CO₂ eşdeğerlik kW h⁻¹ (Jacobsen *et al.*, 2014) olarak alınmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Karbon ayak izinde kullanılan elektrik ve yakıt için emisyon faktörleri (Jacobsen *et al.*, 2014).

Table 1. Electric and fuel emission factors used in carbon footprint.

| İsim | Katsayı | Birim |
|----------|---------|--|
| Elektrik | 0.40 | kg CO ₂ eşdeğerliği kWh ⁻¹ |
| Motorin | 2.66 | kg CO ₂ eşdeğerliği kg ⁻¹ |
| Kömür | 2.86 | kg CO ₂ eşdeğerliği kg ⁻¹ |

Tavuklar sıcaklığa karşı hassas hayvanlardır ve kümes iç ortam ısısı önemlidir. Barınağın ısıtılmasında yakıt olarak kömür kullanılmaktadır. Ayrıca ölmüş hayvanların imhası için kullanılan yakma fırınlarında da kömür kullanılmaktadır. Yakma işlemi sonucunda salınan en önemli gazlar CO₂, SO₂ ve CO'dur. Kömürün yakılmasıyla açığa çıkan emisyon faktörü 2.86 kg CO₂ eşdeğerlik kg⁻¹ (EIA 1994) ve dizel yakıt emisyon faktörü ise 2.66 kg CO₂ eşdeğerlik kg⁻¹ (Jacobsen *et al.*, 2014) olarak alınmıştır (Çizelge 1).

Barınak ortamında yem dağıtım gibi çeşitli amaçlarla kullanılan çiftlik ekipmanları için de yararlanılan yakıtlardan emisyonlar ortaya çıkmaktadır.

Üretimden ya da Kümeslerden olan Emisyonlar

İncelenen broylar işletmelerinden açığa çıkan gübre ve altlık materyalinden oluşan emisyonlar bu gruba girmektedir. Tavuklarda ruminant sistem yoktur, geniş getirmezler. Basit mideye sahiptirler ve çok az mikrobiyal fermantasyon gerçekleştirirler. Organik atıklardan temel olarak (gübre ve altlık malzeme atıkları) NH₃, N₂O ve CH₄ gazı emisyonları ortaya çıkmaktadır. Yapılan bir çalışmada, altlık materyal ve

gübrenin karışımından (taşımaya, depolama ve uygulama dâhil) NH₃, N₂O, CH₄, NO₃⁻ ve PO₃⁻³ emisyonlarının açığa çıktığını belirtilmiştir (González-García *et al.*, 2014).

Çalışmada sera gazı konsantrasyon değerleri kış ve yaz mevsimleri boyunca 24 saat sürekli olarak üç adet broylar işletmesinde çoklu gaz analizörü (Multi RAE Lite, Honeywell, USA) ile ölçülmüştür. Ölçülen sera gazları için aşağıda verilen eşitlik (Eşitlik 1) yardımıyla emisyon değerleri hesaplanmıştır (Hinze and Linke 1998). N₂O için emisyon değerleri literatürde yapılan çalışmalardan alınmıştır (Burns *et al.*, 2008).

$$E = (C_e - C_i) \cdot Q \quad (1)$$

Eşitlikte;

E = Kümesten olan emisyon miktarı, (g h⁻¹)

C_e=Kirlenici gazların barınak içerisindeki konsantrasyonu, (g m⁻³)

C_i=Kirlenici gazların giriş konsantrasyonu, (g m⁻³)

Q=Barınakta uygulanan havalandırma miktarı, (m³ h⁻¹)

Üretimden olan emisyonlar için CH₄ ve N₂O emisyonlarının CO₂ eşdeğerlikleri IPCC (2006)'den alınmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. CH₄ ve N₂O emisyon faktör değerleri.

Table 2. CH₄ and N₂O emission factor values.

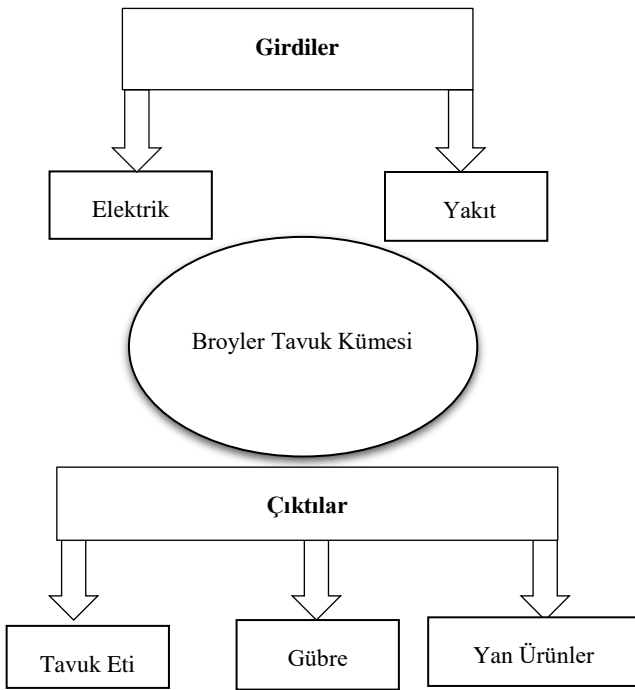
| Parametre | Emisyon Faktörü kg CO ₂ eşdeğerliği | Kaynak |
|------------------|---|-------------|
| CH ₄ | 25 | IPCC (2006) |
| N ₂ O | 298 | IPCC (2006) |

Çalışmanın Sistem Sınırları

Bu çalışmanın sistem sınırlarını, ham maddenin işletmeye girmesinden ürünün çiftlik kapısından çıkmasına kadar ki benzin ve ilaç tüketimi dışındaki tüm süreçleri içermektedir. Çalışmada dikkate alınan tüm girdi ve çıktılar Şekil 1'de verilmiştir. İşletmedeki elektrik kullanımı, çiftlik yakıtı, yem takviyeleri girdileri oluştururken; tavuk eti, diğer yan ürünler ve atık gübre çıktıları oluşturmaktadır.

Fonksiyonel Birim

Çalışmada karbon ayak izi belirlenen fonksiyonel birim başına hesaplanmıştır. Buna göre broylar et üretimi konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde (González-García *et al.*, 2014), fonksiyonel birim olarak 1 kg tavuk eti veya marketlerde satışa sunulan 1.2 kg ağırlığında 1 paket tavuk eti olarak alındığı görülmüştür. Bu noktadan hareketle çalışmada, fonksiyonel birim olarak 1 kg çiğ tavuk eti göz önüne alınmıştır.



Şekil 1. Çalışmanın sistem sınırları.
Figure 1. The system boundaries of this study.

Çizelge 3. İncelenen işletmelerin yapısal özellikleri.

Table 3. Structural characteristics of the monitored operations.

| Kümesler | İşletme yeri | Yetiştiricilik sistemi | Kapasite | Yerleşim sıklığı tavuk m ⁻² | Havalandırma sistemi | Gübre temizleme | Bina yönü |
|----------|--------------|------------------------|----------|--|----------------------|-----------------|------------|
| BK1 | Akçalar | Altılık Sistem | 10000 | 33 | Mekanik | Altılık+Gübre | Kuzey-Doğu |
| BK2 | Gölkıy | Altılık Sistem | 12000 | 10 | Mekanik+Doğal | Altılık+Gübre | Kuzey-Doğu |
| BK3 | Görükle | Altılık Sistem | 24000 | 33 | Mekanik | Altılık+Gübre | Doğu-Batı |

Çizelge 4. İncelenen kümeslerin boyutsal özellikleri.

Table 4. Dimensional properties of the examined shelter.

| Kümesler | En (m) | Boy (m) | Duvar Yüksekliği (m) |
|----------|--------|---------|----------------------|
| BK1 | 8.6 | 39 | 2.2 |
| BK2 | 12.5 | 100 | 2.9 |
| BK3 | 14.4 | 27.7 | 2.7 |

İncelenen broyler işletmeleri ile ilgili genel bilgiler Çizelge 5’de verilmiştir. Karbon ayak izi için önemli olan işletme özellikleri emisyonların miktarını önemli düzeyde etkilemektedir.

Çizelge 5. İncelenen kümeslerin üretim özellikleri.

Table 5. Productional characteristics of the shelter examined.

| Parametre | Miktar |
|------------------------------|--------|
| Yem tüketimi (kg) | 4.4 |
| Yetiştirme süresi (gün) | 40 |
| Ortalama kesim ağırlığı (kg) | 2 |
| Tavuk Eti Üretimi (kg) | |
| BK 1 | 20000 |
| BK 2 | 24000 |
| BK 3 | 48000 |

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada; Bursa ilinde faaliyet gösteren üç adet broyler işletmesinde barınak sınırları içerisinde ortaya çıkan sera gazlarının emisyonlarının ölçülerek karbon ayak izinin tahminlenmesi amaçlanmıştır.

Araştırma, hayvansal üretimin yoğun olarak yapıldığı Bursa ilinin Nilüfer ilçesine bağlı Akçalar ve Görükle Mahalleleri (Broyler Kümesi (BK) 1 ve 3) ile Karacabey ilçesine bağlı Gökıy Köyü (Broyler Kümesi 2)’nde bulunan kümeslerde yürütülmüştür. İncelenen kümeslere ilişkin yapısal ve boyutsal özellikler Çizelge 3 ve 4’de verilmiştir.

BK1’de mekanik havalandırma sisteminde 150 cm çapında 4 adet fan kullanırken, BK2’de 120 cm çapında 5 adet ve BK3’de ise bir adet 200 cm çapındaki havalandırma fanı kullanılmaktadır. Yaz döneminde BK1 ve BK3’te iç ortam sıcaklığını azaltmak için havalandırma dışında soğutma pedleri de kullanılmaktadır.

Buna göre üretilen 1 kg tavuk eti başına gereksinim duyulan girdi miktarları Çizelge 6’da verilmiştir.

Çizelge 6. Üretilen 1 kg tavuk eti için gereksinim duyulan üretim girdileri.

Table 6. Required production inputs per kg of chicken meat.

| Parametre | Miktar |
|-----------------------------|--------|
| Yem tüketimi (kg) | |
| BK1 | 0.95 |
| BK2 | 0.95 |
| BK3 | 1.05 |
| Kömür kullanımı (kg) | |
| BK1 | 0.22 |
| BK2 | 0.25 |
| BK3 | 0.20 |

Çalışmada incelenen kümeslerde, 1 kg tavuk eti başına ortalama 1.76 kg gübre üretilmiştir. İşletmelerde üretilen gübre miktarı üretilen tavuk eti miktarına oranlanarak bu değer hesaplanmıştır. İncelenen işletmelerin gübrelerini çevrede bitkisel üretimde organik gübre olarak kullanmak üzere diğer çiftçilere ücretsiz olarak verdikleri belirlenmiştir. Ancak gübrelerin işletme içerisinde uygun koşullarda depolanmadığı da gözlemlenmiştir.

Çalışmada incelenen kümeslerden 1 kg tavuk eti başına açığa çıkan N₂O, CH₄ ve CO₂ gaz emisyon miktarları Çizelge 7’de verilmiştir.

Çizelge 7. Üretilen 1 kg tavuk eti başına açığa çıkan N₂O, CH₄ ve CO₂ gaz emisyonları.

Table 7. N₂O, CH₄ and CO₂ gas emissions per kg chicken meat produced.

| Kaynak | Kümes | N ₂ O | CH ₄ | CO ₂ |
|--|-------|------------------|-----------------|-----------------|
| Kümes (kg/40 gün.1 kg tavuk eti) | BK1 | 0.0131 | 0.000004 | 0.960 |
| | BK2 | 0.0131 | 0.000008 | 1.069 |
| | BK3 | 0.0131 | 0.000001 | 0.420 |
| Gübre (kg/40 gün.1 kg tavuk eti) | BK1 | 0.0557 | 0.000019 | 4.094 |
| | BK2 | 0.0557 | 0.000034 | 4.558 |
| | BK3 | 0.0557 | 0.000004 | 1.789 |

Üretilen kirlenici gaz emisyonlarından CH₄ ve CO₂ barınak içerisinde yapılan ölçümler sonucunda bulunurken N₂O değerleri Burns *et al.* (2008)’ten alınmıştır. Bu çalışmada, incelenen broiler kümesi ile benzer özellikler gösteren bir broiler kümesinde yapılan ölçümler sonucunda N₂O emisyonunu tavuk başına 1.72 gr olarak ölçmüşlerdir. Bu değer kullanılarak çalışmamızda incelenen broiler kümeslerinden kaynaklanan N₂O emisyonları hesaplanmıştır. Barınak iç ortamında ölçülen CH₄ konsantrasyonunun yaklaşık %81’i altlık ile karışmış olan gübre sonucunda oluşmaktadır. Kalan %19’luk kısım ise kümeden iç ortamından kaynaklanmaktadır (Cederberg *et al.*, 2009).

Çizelge 8’de incelenen broiler kümeslerinin karbon ayak izini oluşturan farklı parametreler verilmiştir. Çalışma sınırları içerisinde değerlendirilen her bir parametrenin karbon ayak izinden hareketle işletmenin toplam karbon ayak izine ulaşılmıştır.

Cesari *et al.* (2017), İtalya’da faaliyet gösteren broiler işletmelerinin karbon ayak izini belirledikleri çalışmalarında, 1.6 kg’lık ortalama canlı ağırlığa sahip olan tavuklar için küresel ısınma potansiyelini 1 kg tavuk eti başına 3.03 kgCO₂ eşdeğerliği olarak bulmuşlardır. Bu değer, çalışmamızda bulduğumuz değerler ile uyum içerisindedir. Gonzalez-Garcia *et al.* (2014), Portekiz et tavukçuluğunun yaşam döngüsü değerlendirmesini yaptıkları çalışmalarında ise 1.2 kg’lık ortalama canlı ağırlığa sahip olan tavuklar için

küresel ısınma potansiyelini 2.7 kg CO₂ eşdeğerliği olarak hesaplamışlardır. Bu çalışmada incelenen kümesteki tavukların canlı ağırlıklarının çalışmamızda incelenen tavuklara göre daha az olması nedeniyle yem tüketimlerinin azalması ve dolayısıyla üretilen birim tavuk eti başına üretilen CO₂ miktarını azaltmıştır. Ancak, çalışmamızda hesaplanan ortalama karbon ayak izi değeri ile benzerlik göstermektedir.

Çizelge 8. İncelenen broiler kümeslerinin karbon ayak izi.
Table 8. Carbon footprint of the monitored broiler houses.

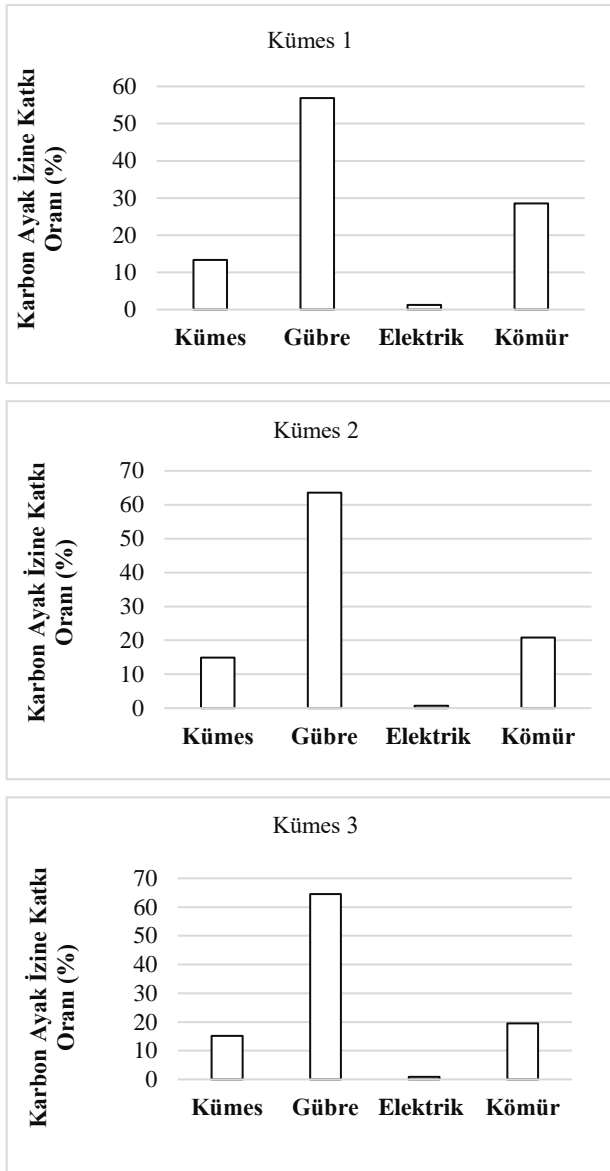
| Kaynak | Kümes | Karbon Ayak İzi (1 kg tavuk eti için) | |
|-----------------|-------|--|------|
| | | kg CO ₂ eşdeğerliği | % |
| Kümes | BK 1 | 0.3 | 13.3 |
| | BK 2 | 0.5 | 14.9 |
| | BK 3 | 0.4 | 15.1 |
| Gübre | BK 1 | 1.3 | 56.9 |
| | BK 2 | 2.2 | 63.6 |
| | BK 3 | 1.9 | 64.5 |
| Elektrik | BK 1 | 0.0 | 1.2 |
| | BK 2 | 0.0 | 0.7 |
| | BK 3 | 0.0 | 0.9 |
| Kömür | BK 1 | 0.6 | 28.5 |
| | BK 2 | 0.7 | 20.8 |
| | BK 3 | 0.6 | 19.5 |
| Toplam | BK 1 | 2.2 | |
| | BK 2 | 3.4 | 100 |
| | BK 3 | 3.0 | |

Çalışmada incelenen kümeslerde karbon ayak izinin mevsimlere göre değişimi Çizelge 9’da verilmiştir. Çizelgeye göre yaz mevsiminde gerçekleşen karbon ayak izi değerleri kış mevsimine göre daha düşük seyretmiştir.

Çizelge 9. Karbon ayak izinin mevsimlere göre değişimi.
Table 9. The variations in carbon footprint of broiler houses in different season.

| Kaynak | Kümes | Kış | Yaz |
|---|-------|------|------|
| Kümes kg CO ₂ eşdeğerliği | BK 1 | 0.07 | 0.23 |
| | BK 2 | 0.26 | 0.25 |
| | BK 3 | 0.24 | 0.21 |
| Gübre kg CO ₂ eşdeğerliği | BK 1 | 0.29 | 0.98 |
| | BK 2 | 1.12 | 1.06 |
| | BK 3 | 1.02 | 0.89 |
| Elektrik kg CO ₂ eşdeğerliği | BK 1 | 0.02 | 0.01 |
| | BK 2 | 0.01 | 0.01 |
| | BK 3 | 0.02 | 0.01 |
| Kömür kg CO ₂ eşdeğerliği | BK 1 | 0.64 | - |
| | BK 2 | 0.72 | - |
| | BK 3 | 0.58 | - |
| Toplam kg CO ₂ eşdeğerliği | BK 1 | 1.0 | 1.2 |
| | BK 2 | 2.1 | 1.3 |
| | BK 3 | 1.8 | 1.2 |

Şekil 2’ye göre broiler işletmelerinin karbon ayak izinin önemli bir bölümü gübreten kaynaklanmaktadır. Buna karşın en az katkıyı tüketilen elektriğin neden olduğu CO₂ eşdeğerliğinde sera gazı emisyonları sağlamaktadır.



Şekil 2. Parametrelerin karbon ayak izine katkıları.
Figure 2. Contributions of parameters to carbon footprint.

SONUÇ

Çalışma sonuçlarına göre incelenen broiler işletmelerinin 1 kg tavuk eti üretimine karşılık BK1, BK2 ve BK3 için sırasıyla 2.2, 3.4 ve 3.0 kg CO₂ ürettiği belirlenmiştir. Çalışmada Bursa bölgesi koşullarında yetiştiricilik yapan broiler kümeslerinin 1 kg tavuk eti üretimi için ortalama 2.9 kg CO₂ ürettikleri hesaplanmıştır.

İşletmenin girdi ve çıktılarının karbon ayak izi üzerindeki etkileri açısından değerlendirildiğinde en büyük kısmını gübreden kaynaklanan emisyonlardan oluştuğu ve işletmede kullanılan elektriğin ise en küçük paya sahip olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle Bursa bölgesinde faaliyet gösteren broiler işletmelerinin karbon ayak izinin azaltılması için gübreden kaynaklanan emisyonlar üzerinde durulması gerekmektedir. Özellikle gübrenin uygun koşullarda

depolanması ve gaz emisyonlarının azaltılmasına yönelik işletmelere özgü en uygun azaltma stratejilerinin uygulanması gerekmektedir.

Bu kapsamda, gübreden kaynaklanan emisyonları azaltacak, yem rasyonunda değişiklik, yeme ilave maddeler eklenmesi, iyi planlanmış gübre işletim sistemleri gibi çeşitli stratejilerin uygulanması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Bengtsson J and Seddon J., 2013. Cradle to retailer or quick service restaurant gate life cycle assessment of chicken products in Australia. *Journal of Cleaner Production*, 41: 291-300.
- Burns RT., Li H., Xin H., Gates RS., Overhults DG., Earnest J and Moody L., 2008. Greenhouse Gas (GHG) Emissions from Broiler Houses in the Southeastern United States. *American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting*, June 29-July 2, USA.
- Cederberg C., Sonesson U., Henriksson M., Sund V and Davis J., 2009. Greenhouse Gas Emissions from Swedish Production of Meat, Milk and Eggs 1990 and 2005. SIK Report No 794, SIK-the Swedish Institute for Food and Biotechnology, Gothenburg.
- Cesari V., Zucali M., Sandrucci A., Tamburini A., Bava L and Toschi I., 2017. Environmental impact assessment of an Italian vertically integrated broiler system through a Life Cycle approach. *Journal of Cleaner Production*, 143: 904-911.
- Çınar E., 2007. İneklerin ekolojik ayak izi raporu. *Animal Science Journal*, 2013(Rum 38): 210-218.
- Da Silva VP., Van der Werf HMG., Soares SR and Corson MS., 2014. Environmental impacts of French and Brazilian broiler chicken production scenarios: an LCA approach. *Journal of Environmental Management*, 133: 222-231.
- Dokuzlu S., Barış O., Hecer C ve Güldaş M., 2013. Türkiye'de tavuk eti tüketim alışkanlıkları ve marka tercihleri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(2):83-92.
- Dunkley CS., Fairchild BD., Ritz CW., Kiepper BH and Lacy MP., 2015. Carbon footprint of poultry production farms in South Georgia: A case study. *Poultry Science Association*, 24: 73-79.
- EİA 1994. Carbon Dioxide Emission Factors for Coal. https://www.eia.gov/coal/production/quarterly/co2_article/co2.html. [Erişim: 29 Ağustos 2018].
- González-García S., Gomez-Fernández Z., Dias AC., Feijoo G., Moreira MT and Arroja L., 2014. Life cycle assessment of broiler chicken production: A Portuguese case study. *Journal of Cleaner Production*, 74: 125-134.
- Gerber PJ., Steinfeld H., Henderson B., Mottet A., Opio C., Dijkman J., Falcucci A and Tempio G., 2013. Tackling Climate Change through Livestock - A Global

-
- Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
- Hinz T and Linke S., 1998. A comprehensive experimental study of aerial pollutants in and emissions from livestock buildings Part 2: Methods. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 70: 111-118.
- IPCC 2006. Guidelines for national Greenhouse Gas Inventories. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>. [Erişim: 26 Ağustos 2018].
- Jacobsen R., Vandermeulen V., Vanhuylbroeck G and Gellynck X., 2014. A life cycle assessment application: the carbon footprint of beef in Flanders (Belgium). *Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors*, Springer Science+Business Media, 24(1): 73-79.
- Kılıç İ ve Amet B., 2017. Bir süt sığırlı işletmesinin karbon ayak izinin tahminlenmesi: Bursa örneği. *Gaiosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(Ek Sayı): 134-142.
- Leinonen I., Williams AG and Kyriazakis I., 2014. The effects of welfare-enhancing system changes on the environmental impacts of broiler and egg production. *Poultry Science*, 93: 256-266.
- United Nations 1998. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. <https://unfccc.int/kyoto-protocol-html-version>. [Erişim: 7 Ağustos 2018].

Tıbbi Adaçayı (*Salvia officinalis* L.)'nda Uçucu Yağ Oranı ve Kompozisyonu Üzerine Ontogenetik Varyabilitenin Etkisi

Nimet Katar¹ Duran Katar^{2*} Doğan Aydın¹ Murat Olgun²

¹Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir

²Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Eskişehir

Geliş tarihi (Received): 21.01.2018

Kabul tarihi (Accepted): 04.07.2018

Anahtar kelimeler:

Salvia officinalis L., uçucu yağ oranı ve komponentleri, ontogenetik varyabilite

Özet. Bu araştırma Eskişehir ekolojik koşullarında 2015 yılında yürütülmüştür. Çalışmada bitkiler dört farklı gelişim döneminde (çiçeklenme öncesi, çiçeklenme başlangıcı, tam çiçeklenme ve tohum bağlama dönemi) üç tekerrürlü olarak hasat edilmiştir. Örnekler kurutma dolabında (35 °C) kurutulduktan sonra su distilasyonu yöntemiyle uçucu yağ oranları belirlenmiştir. Uçucu yağların bileşenleri ise GS/MS ile tayin edilmiştir. Araştırmanın sonuçlarına göre, uçucu yağ oranı farklı gelişme dönemlerinden istatistiki olarak önemli düzeyde etkilenmiştir. Nitekim drog yaprakta uçucu yağ oranı %1.0-2.0 arasında değişmiştir. En yüksek uçucu yağ oranı (%2.0) çiçeklenme öncesi dönemde yapılan hasattan elde edilirken, en düşük uçucu yağ oranı (%1.0) tam çiçeklenme ve tohum bağlama döneminde yapılan hasattan elde edilmiştir. Diğer taraftan, α -thujone ve camphor tüm gelişme dönemlerinde ana bileşen olarak tespit edilmiştir. En yüksek α -thujone oranı (%47.24) tam çiçeklenme döneminde yapılan hasattan elde edilirken, en düşük oran (%23.09) ise çiçeklenme başlangıcı döneminde yapılan hasattan elde edilmiştir. Bu yüzden, tıbbi adaçayından α -thujone oranı düşük ve en yüksek düzeyde uçucu yağ elde etmek için hasadın çiçeklenme başlangıcı döneminde yapılması tavsiye edilmektedir.

*Sorumlu yazar

durankatar@gmail.com

Effect of Ontogenetic Variability on Essential Oil Content and Its Components in Sage (*Salvia officinalis* L.)

Keywords:

Salvia officinalis L., essential oil content and components, ontogenetic variability

Abstract. This experiment was carried out in Eskişehir ecological conditions in 2015. In the study, the plants were harvested at different four growth stages (pre-flowering, beginning of flowering, full flowering and seed formation stages) with three replications. After leaf samples were dried in the drying-oven (at 35 °C), the essential oil contents were determined by hydro-distillation and its compositions were analyzed by GC/MS. The results indicated that essential oil contents were significantly influenced by different growth stages. Essential oil contents in drug leaf samples were ranged from 1.0% to 2.0%. The maximum essential oil content (2.0%) was obtained in plants harvested during before flowering stage, while the minimum oil contents (1.0%) were detected in the plants harvested at full flowering and seed formation stages. On the other hand, α -thujone and camphor were detected as the main components at all growth stages. The maximum α -thujone content (47.24%) was obtained from full flowering stage, while the minimum rate (23.09%) belonged to the beginning of flowering stage. So, it is recommended that in Eskişehir conditions, *Salvia officinalis* should be harvested in pre-flowering stage in terms of the highest essential oil and the lowest α -thujone content.

GİRİŞ

Dünyada, çoğunlukla aromatik bitkileri içeren Lamiaceae/Labiatae (Ballıbabagiller) familyası 45 farklı cins ile temsil edilmektedir (Şenkal ve ark., 2012; Yılmaz ve Gokduman 2015). Bu familyanın *Salvia* cinsine ait, tropik ve subtropik bölgelerinde yayılış gösteren 1000'e yakın türü bulunmakta ve bu türler Amerika'da, Asya'da, Avrupa'nın ve Kuzey Afrika'nın Akdeniz'i kuşatan sahil bölgelerinde yayılış göstermektedir (Başa et al., 2012; Lakusic et al., 2013; Kilic 2016). *Salvia officinalis*, ülkemiz florasında doğal olarak bulunmamakla birlikte ekonomik önemi olan ve yetiştiriciliği konusunda çalışmaların yürütülmekte olduğu bir tür olup, son yıllarda kültür koşullarında konvansiyonel ve organik tarım sistemlerinde üretimi giderek artmaktadır. Ayrıca bu tür süs bitkisi olarak da park ve bahçelerde değerlendirilmektedir (Ekren ve ark., 2007; Bayram ve ark., 2010; Özcan ve ark., 2014; Yılmaz ve Gokduman 2015; Kilic 2016).

Adaçayının drog olarak kullanılan kısımları, yaprakları (*Folia Salviae*), çiçekleri (*Flores Salviae*) ve yaprak ve çiçeklerinden elde edilen uçucu yağ (*Oleum Salviae*) olup, en önemli biyoaktif maddesi ise içerdiği uçucu yağdır (Ekren ve ark., 2007; Başa et al., 2012; Yılmaz ve Gokduman 2015). Bitkinin taze yapraklarında uçucu yağ oranı % 0.38 dolayında iken, drog yapraklarda bu oran % 0.50-2.50 arasında değişmektedir (Başa et al., 2012; Yılmaz ve Gokduman 2015). Kodekslerde ise uçucu yağ oranının en az %1.5 olması istenmektedir (Ekren ve ark., 2007). Tıbbi adaçayı günümüz Avrupa'sında tıbbi kullanımı resmen kabul edilmiş bir bitkidir (Ekren ve ark., 2007). Bitkinin uçucu yağının ana bileşenleri alfa ve beta tujon, 1,8-sineol, kafur, borneol ve bornilasetattır. Hatta bazı uçucu yağlarda timol ve karvakrol'un bulunduğu da bildirilmektedir (Ekren ve ark., 2007; Aziz et al., 2013).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin uçucu yağ oranı ve bileşenleri çevrenin, genetik faktörlerin ve yetiştiricilik uygulamalarının etkisi altında değişim göstermektedir (Hadiana et al., 2008). Aynı şekilde aromatik bitkilerin uçucu yağ oranı ve bileşimi bitkilerin hasadının yapıldığı gelişim dönemine bağlı olarak da farklılık göstermektedir. Bu durum dikkate alındığında aromatik bitkilerin kültürü yapılırken, en yüksek oranda uçucu yağ ve üretim amacına en uygun olan uçucu yağ kompozisyonuna sahip yağların elde edilmesi için uygun zamanda bitkilerin hasadının yapılması büyük öneme sahiptir. Yapılan çok sayıda araştırma en uygun hasat zamanının üretimde kullanılan bitkinin türüne ve üretimin yapıldığı bölgenin iklim ve toprak koşullarına bağlı olarak

farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur (Aziz et al., 2013; Lakusic et al., 2013; Mammadov 2014).

Bu çalışmanın amacı, Eskişehir ekolojik koşullarında üretimi yapılan tıbbi adaçayı (*S. officinalis* L.) bitkisi için uçucu yağ oranı ve kompozisyonu dikkate alınarak en uygun hasat zamanını belirlemektir.

MATERYAL VE METOT

Araştırmada bitki materyali olarak Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü'nün çeşit bahçesinden temin edilen tıbbi adaçayı (*Salvia officinalis* L.) tohumlardan üretilen fideler kullanılmıştır.

Çalışmanın yürütüldüğü Eskişehir ilinin uzun yıllar ve 2015 yılına ait, aylar itibarıyla yağış miktarı incelenecek olursa, denemenin yürütüldüğü 2015 yılında uzun yılların üzerinde bir yağış alınmış olup, özellikle Haziran ayında uzun yılların bu aya ait yağışına kıyasla çok daha yüksek bir yağış aldığı görülmektedir (Çizelge 1).

Benzer şekilde çalışmanın yürütüldüğü yıldaki ortalama sıcaklıklar uzun yıllar ortalamasının bir miktar üzerinde seyretmesine rağmen genel anlamda uzun yıllar ortalamasına benzer bir seyir izlemiştir (Çizelge 1).

Çalışma yerine ait toprağın özelliklerini belirlemek amacıyla alınan örnekler üzerinde yapılan analiz sonucunda elde edilen veriler dikkate alındığında; toprak pH'ı 7.44 olup, hafif alkali bir durum arz etmektedir. Organik madde (%3.18) bakımından ise toprak orta düzeydedir. Yararlanılabilir potasyum ve fosfor düzeyleri sırasıyla 246 kg da⁻¹ ve 29.1 kg da⁻¹'dir. Kireç oranı ise %5.78 olarak belirlenmiştir. Ayrıca toprak tuzluluğu 0.32 ds m⁻¹ olduğu görülmektedir (Çizelge 2).

Tıbbi adaçayı tohumlarından elde edilen fideler kullanılarak 2014 yılında plantasyon Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma tarlasında kurulmuştur. Deneme için ihtiyaç duyulan fideleri yetiştirmek amacıyla 03.03.2014 tarihinde serada hazırlanmış olan (1/3 oranında kum + 2/3 oranında torf içeren) yastıklara tohum ekimi yapılmıştır. Yaklaşık 3 hafta süreyle yastıkta gelişen fideler daha sonra viyollere şaşırtılmıştır. Viyollerde 3 hafta süreyle gelişen ve şaşırtılacak olgunluğa ulaşan fideler 25.04.2014 tarihinde bitki sıklığı 40 × 20 cm olacak şekilde dikimleri yapılmıştır (Bayram ve Sönmez 2006). Deneme Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuş ve her tekerrürde 4 parsel bulunmaktadır. Her parselde 4 sıra bitki bulunmakta olup, 1.6 × 3 m= 4.8 m² alana sahiptir. Denemenin ilk yılında bitkilerin gelişimi yavaş olmuş ve ancak tek biçim (25/09/2014) yapılabilmektedir.

Çizelge 1. Deneme alanına ait bazı iklim verileri.

Table 1. Some climate datas for the experiment area.

| İklim Faktörleri | Toplam Yağış (mm) | | Ortalama Sıcaklık (°C) | | |
|------------------------|-------------------|---------------|-------------------------|--------------|-------------------------|
| | Yıllar | 2015 | Uzun Yıllar (1970-2011) | 2015 | Uzun Yıllar (1970-2011) |
| Aylar | Ocak | 29.90 | 30.60 | -0.80 | -0.20 |
| | Şubat | 44.80 | 26.10 | 2.70 | 0.90 |
| | Mart | 38.90 | 27.60 | 5.60 | 4.90 |
| | Nisan | 26.60 | 43.10 | 7.90 | 9.60 |
| | Mayıs | 47.80 | 40.00 | 15.50 | 14.90 |
| | Haziran | 151.10 | 23.70 | 17.10 | 19.10 |
| | Temmuz | 0.00 | 13.10 | 22.10 | 22.10 |
| | Ağustos | 37.20 | 9.20 | 22.70 | 21.80 |
| | Eylül | 3.10 | 18.10 | 20.90 | 16.70 |
| | Ekim | 34.00 | 32.80 | 13.10 | 11.70 |
| | Kasım | 8.20 | 34.00 | 7.90 | 5.60 |
| | Aralık | 1.10 | 40.50 | -0.70 | 1.70 |
| Toplam/Ortalama | 422.70 | 338.80 | 11.17 | 10,73 | |

Meteoroloji 3. Bölge Müdürlüğü-Eskişehir.

Çizelge 2. Deneme tarlası toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Table 2. Some physical and chemical properties of the soil of experiment area.

| Bünye | Kireç (%) | Tuz (ds m ⁻¹) | Yarayışlı Fosfor (P ₂ O ₅) (kg da ⁻¹) | Yarayışlı Potasyum (K ₂ O) (kg da ⁻¹) | pH | Organik Madde |
|-------------|-----------|---------------------------|--|--|------|---------------|
| Killi-tınlı | 5.78 | 0.32 | 29.1 | 246 | 7.44 | 3.18 |

Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Toprak-Bitki-Su analiz ve Fizyoloji laboratuvarlarında yapılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan materyaller plantasyonun 2. yılından (2015) elde edilmiş bitki materyalleridir. Bitki plantasyonlarında özellikle ilkbaharda sorun oluşturan yabancı otlar çapayla temizlenmiştir. Plantasyon her iki yıl için ihtiyaç durumu dikkate alınarak 15-25 gün aralıklarla sulanmıştır. Plantasyona her iki yılda da gübre uygulaması yapılmamıştır. Ontogenetik varyabilitenin uçucu yağ oranı ve bileşenleri üzerine olan etkisini belirlemek için dört farklı dönemde (çiçeklenme öncesi, çiçeklenme başlangıcı, tam çiçek ve tohum bağlama dönemi) bitkilerin hasadı yapılmıştır. Farklı dönemlerde biçimi yapılan parsellerden elde edilen taze herbaların yaprakları ayrılarak 35-38 °C sıcaklıktaki etüvde sabit ağırlığa ulaşmaya kadar (24-30 saat) kurutulmuştur. Kurutulmuş yapraklardan alınan örneklerin uçucu yağ oranları su distilasyonu yöntemiyle belirlenmiştir. Uçucu yağların distilasyonu için ayıklanmış ve kurutulmuş 100 g yaprak örnekleri 2000 ml'lik balonlara yerleştirildikten sonra 1000 ml saf su eklenerek 3 saat boyunca distilasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Distilasyon işlemi tamamlandıktan sonra clevenger aparatının dereceli kısmından yağ miktarı okunarak yüzde (%) olarak belirlenmiştir. Clevenger cihazından alınan uçucu yağlar bileşenlere bakılacağı zamana kadar 3-4 °C sıcaklıktaki buzdolabında saklanmıştır.

Uçucu yağların bileşenleri çalışma koşulları aşağıda verilen GC/MS cihazıyla Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü/Tıbbi Araştırmalar Merkezi Laboratuvar'ında belirlenmiştir. Örnekler analiz edilmek üzere 1:100 oranında hekzan ile seyreltilmiştir. Örneklerin uçucu yağ bileşen analizi GC/GC-MS (Gaz kromatografisi (Agilent 7890A)-kütle detektör (Agilent 5975C)) cihazı ile kapiler kolon (HP InnowaxCapillary; 60.0 m x 0.25 mm x 0.25 µm) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizde taşıyıcı gaz olarak 0.8 ml/dk akış hızında helyum kullanılmış, örnekler cihaza 1 µl olarak 40:1 split oranı ile enjekte edilmiştir. Enjektör sıcaklığı 250°C'de tutulmuş, kolon sıcaklık programı 60 °C (10 dakika), 60 °C'den 250 °C'ye 20 °C/dakika ve 250 °C (10.5 dakika) olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu sıcaklık programı doğrultusunda toplam analiz süresi 30 dakika olmuştur. Kütle detektörü için tarama aralığı (m/z) 35-450 atomik kütle ünitesi ve elektron bombardımanı iyonizasyonu 70 eV kullanılmıştır. Uçucu yağın bileşenlerinin teşhisinde ise WILEY ve OIL ADAMS kütüphanelerinin verileri esas alınmıştır. Sonuçların bileşen yüzdeleri FID dedektör kullanılarak, bileşenlerin teşhisi ise MS dedektör kullanılarak yapılmıştır.

Uçucu yağ oranlarına ait veriler TARIST paket programı (Açıkgöz ve ark., 1994) kullanılarak, tesadüf blokları deneme desenine göre varyans analizine tabi

tutularak incelenen özelliklerin önemlilik düzeyleri belirlenmiştir. Önemli çıkan uygulamalar arasındaki farklılıklar hesaplanan LSD değerine göre gruplandırılmıştır (Düzgüneş ve ark., 1987).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Uçucu Yağ Oranı

Dünyada üretimi yapılan önemli tıbbi aromatik bitkilerin büyük bir kısmının etkili maddesi uçucu yağlardır (Mammadov 2014). Bitkiler için önemli bir sekonder metabolit olan uçucu yağların oranı birçok faktöre bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Uçucu yağların oranı üzerinde; üretimde kullanılan bitkilerin genotipi, üretimin yapıldığı bölgenin iklim ve toprak özellikleri ve yetiştiricilik teknikleri etkili olmaktadır (Hadiana *et al.*, 2008). Uçucu yağın oranı üzerinde etkili olan en önemli yetiştiricilik tekniklerinden birisi de bitkilerin hasadının yapıldığı zamandır. Aromatik bitkilerin içermiş olduğu uçucu yağın oranının bitkinin gelişim dönemine bağlı olarak değişiklik gösterdiği yapılan araştırmalarla ortaya konmuştur (Toncer *et al.*, 2009; Lakusic *et al.*, 2013; Uyanık ve Gürbüz 2015). Bu durum standart kalitede ürün üretmek isteyen üreticiler için büyük öneme sahiptir. Çünkü üretimle ilgili uygulamaların tümü eksiksiz yerine getirilse bile yanlış zamanda yapılacak olan hasat ürünün uçucu yağ içeriğini büyük oranda olumsuz yönde etkilemektedir. Bu da ürünün piyasa değerini düşürmektedir. Bu olumsuzluğun ortadan kaldırılması için üretilecek olan aromatik bitkilerin üretim bölgelerine göre en uygun hasat zamanlarının yapılacak olan çalışmalarla belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Tıbbi adaçayında, Eskişehir koşullarında yürütülen çalışmayla bitkinin farklı gelişim dönemlerinde yapılan hasadın uçucu yağ oranı üzerinde önemli düzeyde (%1) etkili olduğu görülmüştür. Değişen hasat zamanına bağlı olarak drog yapraklardaki uçucu yağ oranı % 1-2 arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 3). En yüksek uçucu yağ oranı (% 2) çiçeklenme öncesinde yapılan hasattan alınırken, en düşük oran ise (% 1) tam çiçeklenme ve tohum bağlama döneminde yapılan hasattan alınmıştır. Bu da bölgemiz için tıbbi adaçayında değişen hasat zamanlarının uçucu yağ oranı üzerinde %100'e varan düzeyde değişikliğe neden olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum da bölgede yapılacak olan tıbbi adaçayı üretiminden standart ve kaliteli ürün elde etmek için yapılacak olan hasadın zamanının bilinmesinin büyük öneme sahip olduğunu göstermektedir. Yapılan çalışma uçucu yağ oranının çiçeklenme öncesinden tam çiçeklenmeye kadar geçen zaman içerisinde azaldığını göstermiştir. Fakat bu değişimin tam çiçeklenmeden sonra tohum

bağlamaya kadar geçen sürede devam etmediği tespit edilmemiştir (Çizelge 3).

Bu durum genç bitkilerde uçucu yağ oranının yaşlı bitkilere kıyasla daha yüksek olması ve aromatik bitkilerde uçucu yağların en fazla biriktiği dönemin çiçek tomurcuklarının ve çiçeklerin olduğu dönem olmasıyla açıklanabilir (Mammadov 2014). Ayrıca bitkinin hasadının yapıldığı farklı gelişim dönemlerine bağlı olarak değişen iklim koşulları (sıcaklık, ışık yoğunluğu, nem vb.) da sekonder metabolitlerin üretimi (oranı) üzerinde etkili olmaktadır. Bu da uçucu yağ oranının hasat zamanlarına bağlı olarak değişimini açıklamaktadır (Ramakrishna and Ravishankar 2011).

Uçucu Yağ Bileşenleri

Çalışmada yapılan analizlerin sonucunda elde edilen uçucu yağ bileşenlerine ait veriler, her ne kadar farklı hasat zamanlarına bağlı olarak bir miktar değişiklik gösterse de uçucu yağın %98-99'luk kısmını 18 farklı bileşenin oluşturduğunu ortaya ortaya koymuştur (Çizelge 3). Bu bileşenlerin içerisinde alfa-thujon ve kafur ana bileşenler olarak öne çıkmaktadır. Alfa-thujon gelişim dönemlerine bağlı olarak %23.09-47.24 arasında değişim göstermiştir. En yüksek alfa-thujon oranına tam çiçeklenme döneminde ulaşırken, en düşük orana ise çiçeklenme başlangıcında ulaşılmıştır. Kafur oranı ise yine bitkinin gelişim dönemine bağlı olarak %12.41-20.63 arasında değişiklik göstermiştir. En düşük kafur oranı tam çiçekte yapılan hasattan alınırken, en yüksek kafur oranı ise çiçeklenme öncesi yapılan hasattan alınmıştır. Tıbbi adaçayı uçucu yağının diğer önemli bir bileşen olan 1.8-sineol ise %4.10-6.30 arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek 1.8-sineol oranı tohum bağlama döneminde yapılan hasattan elde edilirken, en düşük oran ise çiçeklenme başlangıcında yapılan hasattan elde edilmiştir. Bitkinin çiçeklenme başlangıcında yapılan hasattan düşük oranda alfa-thujon ve kafur elde edilirken, bu dönemde bornil asetat (% 10.49) ve germakren (%9.36) oranı yüksek bulunmuştur. Farklı hasat zamanları bornil asetat oranı üzerinde de büyük oranda değişikliğe neden olmuştur. Yapılan çalışmada elde edilen uçucu yağlarda bu bileşenin %0.64-10.49 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Aynı durum germakren içinde geçerli olup, bu bileşen de ise farklı hasat zamanlarına bağlı olarak %1.20-9.39 arasında değişim belirlenmiştir (Çizelge 3).

Farklı hasat zamanlarının uçucu yağ bileşenleri üzerindeki etkisi genel olarak değerlendirildiğinde çiçeklenme öncesi ve çiçeklenme başlangıcında bileşenlerin oranları birbirine yakın iken, tam çiçeklenme ve tohum bağlama dönemine ait değerler de birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir. Bu durum

Çizelge 3. *Salvia officinalis*'de gelişim dönemlerine bağlı olarak uçucu yağ oran ve bileşenlerinin değişimi (%).

Table 3. Change of essential oil content and components depending on developmental stages in *Salvia officinalis* (%).

| Uçucu Yağ Bileşenleri | Gelişme Dönemleri | | | |
|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Çiçeklenme Öncesi | Çiçeklenme Başlangıcı | Tam Çiçeklenme Dönemi | Tohum Bağlama Dönemi |
| α -pinene | 1.45 | 2.63 | 4.72 | 4.91 |
| camphene | 4.13 | 6.11 | 3.04 | 3.14 |
| β -pinene | 2.16 | 3.89 | 2.49 | 2.49 |
| β -myrcene | 1.13 | 0.91 | 1.15 | 1.17 |
| limonene | 1.66 | 1.87 | 1.33 | 1.37 |
| 1,8-cineole | 4.28 | 4.10 | 6.17 | 6.30 |
| gamma-terpinene | 0.75 | 0.69 | 0.54 | 0.55 |
| α -thujone | 35.70 | 23.09 | 47.24 | 46.73 |
| trans-sabinenehydrate | 4.44 | 2.21 | 6.62 | 6.60 |
| linalool | 0.44 | 0.83 | 0.28 | 0.28 |
| camphor | 20.63 | 19.73 | 12.41 | 12.81 |
| bornyl acetate | 4.67 | 10.49 | 0.67 | 0.64 |
| β -caryophyllene | 1.58 | 1.66 | 2.42 | 2.53 |
| isothujol | 0.96 | 0.79 | 0.47 | 0.49 |
| α -humulene | 3.20 | 3.78 | 3.11 | 3.19 |
| germacrene | 5.53 | 9.39 | 1.20 | 1.21 |
| humulene epoxide | 0.48 | 0.47 | 0.71 | 0.71 |
| viridiflorol | 5.32 | 5.70 | 3.27 | 3.19 |
| tanımlanamayanlar | 0.70 | 1.01 | 1.10 | 0.51 |
| Toplam | 99.21 | 99.35 | 98.94 | 98.82 |
| Yağ Oranları (%) | 2.00^A | 1.80^B | 1.00^C | 1.00^C |
| | CV(%): 32.9634 | F_{Değeri}: 299.099** | LSD(%): 0.160 | |

** : Significant at 1%; C.V.: Coefficient of Variance; LSD.: Least Significant Difference.

bize uçucu yağ bileşenleri arasındaki büyük farklılığın çiçeklenme başlangıcı ile tam çiçeklenme arasında olduğunu göstermektedir.

Aromatik bitkilerin uçucu yağlarının kimyasal kompozisyonları üretimde kullanılan bitkilerin genotipleri, üretimin yapıldığı bölgenin ekolojik koşulları ve yetiştiricilik uygulamalarının etkisi altında farklılık göstermektedir. Uçucu yağ kompozisyonunun değişimi üzerinde etkili olan faktörlerden biri de hasadın yapıldığı bitki gelişim dönemidir. Bitkilerde uçucu yağın bileşenlerinin oranı hasadın yapıldığı gelişim dönemine bağlı olarak büyük oranda değişim göstermektedir. Bu değişim daha çok uçucu yağı oluşturan ana bileşenlerde dikkat çekmektedir. Bu çalışmada tıbbi adaçayının uçucu yağının ana bileşenleri olan alfa-thujon, kafur, bornil asetat, germakren ve 1.8-sineol hasadın yapıldığı farklı gelişim dönemlerine bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Bu durum bitkinin gelişim dönemlerine bağlı olarak değişen çevre koşullarının bitkinin fizyolojik durumu (biyosentez yolu) üzerine olan etkisi

ve vejetasyon süresinin ilerlemesi ile bitki organlarında meydana gelen yaşlanmayla açıklanabilir (Lakusic *et al.*, 2013; Mammadov 2014).

SONUÇ

Tıbbi adaçayı yaprak droglarından baharat ve herbal çay olarak faydalanılırken toksik etkileri belirlenmiş olan alfa-thujon ve kafur oranlarının mümkün olduğunca düşük olması istenmektedir. Ayrıca uçucu yağ oranının %1.5'un üzerinde olması da ürünün kalitesi açısından büyük bir öneme sahiptir (Ekren *ve ark.*, 2007; Shahabi *et al.*, 2012). Yapılan çalışmadan elde edilen veriler birlikte değerlendirildiğinde Eskişehir koşullarında yapılacak olan tıbbi adaçayı üretiminde en yüksek uçucu yağ oranı, en düşük alfa-thujon ve kafur içeriğine sahip drog elde etmek için hasadın çiçeklenme başlangıcında yapılmasının uygun olduğu anlaşılmaktadır.

KAYNAKLAR

- Açıkgöz N., Akbaş ME., Moghaddam A ve Özcan K., 1994. PC'ler İçin veritabanı Esaslı Türkçe İstatistik Paketi: TARIST, 1. Tarla Bitkileri Kongresi Bildiri Kitabı, 24-28 Nisan, İzmir.
- Aziz EE., Sabry RM and Ahmed SS., 2013. Plant growth and essential oil production of sage (*Salvia officinalis* L.) and curly-leafed parsley (*Petroselinum crispum* ssp. *crispum* L.) cultivated under salt stress conditions. World Applied Sciences Journal, 28(6): 785-796.
- Başa AG., Roman GV., Ion V., Toader M and Epure LI., 2012. Research on productivity and yield quality of *Salvia officinalis* L. species grown in organic agriculture conditions. Scientific Papers Series A Agronomy, LV: 271-278.
- Bayram E., Kırıcı S., Tansı S., Yılmaz G., Arabacı O., Kızıl S ve Telci I., 2010. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Üretimini Artırılması Olanakları. Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi Bildiri Kitabı I, 11-15 Ocak, Ankara.
- Düzgüneş O., Kesici T., Kavuncu O ve Gürbüz F., 1987. Araştırma ve Deneme Metotları. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara.
- Ekren S., Sözmez Ç., Sancaktaroğlu S ve Bayram E., 2007. Farklı biçim yüksekliklerinin adaçayı (*Salvia officinalis* L.) genotiplerinde agronomik ve teknolojik özelliklere etkisinin belirlenmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 44(1): 55-70.
- Hadiana J., Tabatabaieia SMF., Naghavib MR., Jamzadc Z and Ramak-Masoumia T., 2008. Genetic diversity of Iranian accessions of *Satureja hortensis* L. based on horticultural traits and RAPD markers. Scientia Horticulturae, 115(2): 196-202.
- Kilic Ö., 2016. Chemical composition of four *Salvia* L. species from Turkey: a chemotaxonomic approach. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 19(1): 229-235.
- Lakusic BS., Ristic MS., Slavkovska VN., Stojanovic DL and Lakusic DV., 2013. Variations in essential oil yields and compositions of *Salvia officinalis* (Lamiaceae) at different developmental stages. Botanica Serbica, 37(2): 127-139.
- Mammadov R., 2014. Tohumlu Bitkilerde Sekonder Metabolitler. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Özcan İ., Arabacı O ve Öğretmen NG., 2014. Bazı adaçayı türlerinde farklı tohum çimlendirme uygulamalarının belirlenmesi. Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2(5): 203-207.
- Ramakrishna A and Ravishankar GA., 2011. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. Plant Signaling & Behavior, 6(11): 1720-1731.
- Shahabi S., Jorsaraei SGA., Moghadamnia AA., Zabihi E., Aghajanpour SM., Kani SNM., Pourbagher R., Hosseini SA., Esmaili M., Yoonesi AA., Zarghami A and Alinezhad F., 2012. Central effects of camphor on gnRH and sexual hormones in male rat. International Journal of Molecular and Cellular Medicine, 1(4): 191-196.
- Şenkal BC., İpek A., Gürbüz B., Türker A ve Bingöl MÜ., 2012. Bolu ekolojik koşullarında yetiştirilen *Salvia officinalis* L. ve *Salvia tomentosa* L. türlerinin bazı önemli tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 5(2): 38-42.
- Toncer O., Karaman S., Kızıl S ve Dıraz E., 2009. Changes in essential oil composition of oregano (*Origanum onites* L.) due to diurnal variations at different development stages. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 37(2): 177-181.
- Uyanık M ve Gurbuz B., 2015. Effect of ontogenetic variability on essential oil content and its composition in lemon balm (*Melissa officinalis* L.). Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 12(1): 91-96.
- Yılmaz D ve Gokduman ME., 2015. Adaçayı (*Salvia officinalis* L.) Bitkisinin farklı nem düzeylerinde fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 10(1): 73-82.

Tuzlu-Alkali Meralarda Yaygın Olarak Yetişen Çorak Çimi (*Puccinellia distans*) ve Sahil Ayırığı (*Aeluropus littoralis*) Bitkilerinin Farklı Gelişme Dönemlerindeki Besin İçeriklerinin Belirlenmesi

Süleyman Temel*

İğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, İğdır

Geliş tarihi (Received): 03.07.2018

Kabul tarihi (Accepted): 11.08.2018

Anahtar kelimeler:

Çorak çimi, çorak meralar, fenolojik dönemler, sahil ayırığı, yem kalitesi

Özet. Bitki yetiştiriciliği ve çeşitliliğini kısıtlayan özellikle iklim ve topraktan kaynaklanan stres koşulları bitkilerde önemli verim ve kalite kayıplarına neden olabilmektedir. Oysa ekstrem ekolojik koşullara uyum sağlayabilen halofit türler üretim güçlerini devam ettirerek, yeter miktar ve kalitede yem materyali üretebilmektedir. Bu araştırma, hiçbir kültür bitkisinin yetiştirilemediği aşırı tuzlu-alkali otlak alanlarında yaygın olarak yetişen halofit *Puccinellia distans* ve *Aeluropus littoralis* türlerinin farklı gelişme dönemlerinde sahip oldukları besin değerlerini belirlemek ve incelenen kalite özellikleri açısından ruminantların beslenmesinde yem kaynağı olarak değerlendirilip değerlendirilemeyeceğini ortaya koymak amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla vejetatif, çiçeklenme ve tohum olgunlaştırma döneminde mevcut türlerin sahip oldukları ham protein, nötr çözücülerde çözünemeyen lif, asit çözücülerde çözünemeyen lif, kuru madde sindirilebilirliği, sindirilebilir enerji, metabolik enerji ve nispi yem değerleri tespit edilmiştir. Araştırma İğdir coğrafyasında iki yıl süre ile (2015-2016) korunan 4 dekarlık bir alanda tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırma sonucunda incelenen tüm parametrelerin türlere (nötr çözücülerde çözünemeyen lif hariç), fenolojik dönemlere ve yıllara bağlı olarak önemli farklılıklar gösterdiği ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak, *A. littoralis* gelişme dönemlerine bağlı olarak *P. distans* türüne göre daha yüksek kalitede yem materyali sağlayabildiği ve tuzlu mera alanlarında otlayan ruminantlar için iyi bir alternatif yem kaynağı olabileceği ortaya konulmuştur.

*Sorumlu yazar

stemel33@hotmail.com

Determination of Nutritional Contents at the Different Development Stages of *Puccinellia distans* and *Aeluropus littoralis* Commonly Growing in Saline-Alkaline Pastures

Keywords:

Weeping alkaligrass, coast aeluropus, arid grazings, phenological stages, forage quality

Abstract. Stress conditions, especially due to climate and soil, which limit plant growing and diversity can cause important yield and quality losses in plants. However, halophytic species which can adapt to extreme ecological conditions can produce feed material at adequate amounts and quality by continuing to production potential. Our aim was to determine the forage qualities at different developmental stages of *Puccinellia distans* and *Aeluropus littoralis*, halofite species, which grow extensively in excessive-salted and alkaline pastures, and to reveal whether they can be evaluated as feed for ruminants in terms of the quality characteristics examined. For this purpose, crude protein, neutral detergent fibre, acid detergent fibre, dry matter digestibility, digestible energy, metabolic energy and relative feed values were determined at vegetative, flowering and seed maturation stages of the studied species. The experiment was established in randomized blocks with three replications according to the Split Parsel trial design on a protected 4 da pasture in İğdir conditions between the years of 2012-2013. As a result of the research, all the parameters examined showed significant differences depending on species (except for neutral detergent fibre), phenological stages and years. As a result, it was revealed that *A. littoralis* can be provided a higher quality feed than *P. distans* depending on development stages and, also be a good alternative source of fodder for ruminant in saline-grazing.

GİRİŞ

Kurak ve tuzdan etkilenmiş marjinal alanlarda farklı amaçlar (yağlı tohum, gıda, kaba yem, yakıt, lif, v.b.) için kullanım potansiyeline sahip pek çok halofit tür bulunmaktadır (Temel *et al.*, 2015). Bu gibi marjinal alanlara uyum sağlamış kserofit ve halofit türler özellikle otsu türlerin dormant olduğu yaz ve sonbahar dönemlerinde üretim güçlerini devam ettirerek ruminantların beslenmesinde oluşan kaba yem ve besin açığını kapatmada önemli rol oynamaktadırlar (Ahmadi *et al.*, 2015; Temel *et al.*, 2015). Çünkü tuza toleranslı yem bitkileri halofit olmayan türlerin yetişemediği kurak ve tuzlu alanlarda yüksek yenilebilir biyomasa sahip yem üretebilmektedirler (El-Shaer 2010). Nitekim halofit bitkilerin kurak ve yarı kurak bölgelerde koyun, keçi ve develerin beslenme programlarının önemli bir kısmını oluşturduğu rapor edilmiştir (Squires and Ayoub 1994; El Shaer 1997). Ancak maksimum hayvansal performansa ulaşmak ve çiftlik hayvanlarının dengeli bir şekilde beslenmesini sağlamak için otlayan hayvanların yem gereksinimlerinin ve otlatmaya başlama zamanlarının bilinmesi önemlilik arz etmektedir (Asadi and Dadkhah 2010). Bunun için de mera alanlarında hayvanlar tarafından otlanan türlerin besin değerlerinin ortaya konulması gerekmektedir.

Kurak ve tuzlu otlak alanlarda yetişen halofit türler dahil mera yem bitkilerinin besin değerleri ve sindirilebilirlikleri; bitki türü, genotip, yetiştiği yerdeki iklim-toprak özellikleri, hastalık-zararlılar ve gelişme dönemine bağlı olarak farklılık göstermektedir (Arzani *et al.*, 2001; El Shaer 2010; Temel 2015; Temel *et al.*, 2015). Bu faktörler içerisinde fenolojik dönemler yem kalitesini belirleyen en önemli faktördür (Martiniello and Teixeira da Silva 2011; Ahmadi *et al.*, 2005). Halofit türlerle yürütülen birçok çalışmada yem kalitesinin fenolojik dönemlere bağlı olarak değiştiği ortaya konulmuştur (Esfahan *et al.*, 2010; Panahi *et al.*, 2012; Valipoor Dastenai *et al.*, 2012; Temel 2015; Temel *et al.*, 2015). Yine baklagiller buğdaygillerden daha yüksek protein içeriğine (Norton 1982), tuza toleranslı bitki türleri ise genellikle yüksek protein, ancak düşük metabolik enerji ve yüksek tuz içeriğine sahiptirler (Norman *et al.*, 2002). Besin profillerindeki farklılıklardan dolayı tuza toleranslı bitkiler ancak diğer bitki türleri ile birlikte otlanırsa hayvansal üretimde iyileşme sağlanabilir. Nitekim Norman *et al.* (2002), tuza toleranslı buğdaygiller, baklagiller ve tuz çalılarının kombinasyonu ile yapılan bir otlatmanın hayvansal performansı ve besleme değerini iyileştirdiğini rapor etmişlerdir.

Puccinellia distans ve *Aeluropus littoralis* türleri

kurak iklimlere ve aşırı tuzlu-alkali toprak koşullarına uyum sağlayabilen çok yıllık serin mevsim halofit buğdaygiller olup (Hughes 1972; Brotherson 1987; Scalia *et al.*, 2009; Ali Ehsani *et al.*, 2016), hem tuzlu topraklarda kolayca tesis oluşturabilmekte hem de bu alanların iyileştirilmesinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar (Hitchcock 1971; Tarasoff *et al.*, 2007). Tuzlu çayır-mera alanları içerisinde yayılmış olan *Puccinellia distans* yılda hektara 4 ila 10 ton arasında kuru madde üretmekte (Warren *et al.*, 1994) ve lezzetli olan bu tür (Shidai and Namati 1978) genellikle koyunlar tarafından otlanmaktadır (Peng *et al.*, 2004; Robinson *et al.*, 2004). Yine vejetatif (rizomla) olarak üreyebilen *Aeluropus littoralis* türü (Gulzar and Khan 2001), gelişmekte olan ülkelerde yem kaynağı olarak yaygın kullanımının yanı sıra silaj olarak ve tuzlu alanların biyolojik ıslahında büyük bir kullanım potansiyeline sahiptir (Gulzar *et al.*, 2003). Nitekim Rad *et al.* (2013), İran'ın tuzlu otlaklarında *Aeluropus littoralis* türünün dominant olduğunu ve çiftlik hayvanlarının yem gereksinimlerinin önemli bir kısmını karşıladığını rapor etmişlerdir. Sonuç olarak bu türler özellikle sonbahar ve kış dönemlerinde hayvanların gereksinim duydukları besinleri sağlamak için tuzlu otlak alanlarında kullanılmaktadırlar.

Kurak iklim özelliğine sahip Türkiye'nin kuzey doğusunda yer alan İğdır coğrafyasında tarım alanlarının önemli bir kısmı çoraklıktan etkilenmiş ve üretim dışı kalmıştır (Özdoğan 1976; Temel ve Şimşek 2011). Başka kültür bitkilerinin yetiştirilemediği halomorfik topraklarda doğal olarak yetişebilen *Aeluropus littoralis* ve *Puccinellia distans* türleri, bölgede otlayan çiftlik hayvanları için önemli yem kaynakları olarak görülmüşlerdir. Ancak tuzlu-alkali otlak alanlarda yetişen ve çiftlik hayvanları tarafından tercih edilen bu türlerin gelişme dönemlerine göre yem kalitesinin belirlenmesine yönelik yeterli bir bilimsel çalışma bulunmamaktadır. Bu amaçla; İğdır coğrafyasından toplanan *Aeluropus littoralis* ve *Puccinellia distans* türlerinin fenolojik dönemlere göre yem kalitesinin (HP, NDF, ADF KMS, ME, SE ve NYD) belirlenmesi amacıyla bu çalışma yürütülmüştür.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışma 2015 ve 2016 yıllarında Türkiye'nin kuzey doğusunda yer alan İğdır ilinin tuzlu-alkali otlak alanlarında iki yıl süre ile yürütülmüştür. Araştırmanın yürütüldüğü İğdır ilinin 2015 ve 2016 ile uzun yıllar ortalamasına ait ortalama sıcaklık, nispi nem ve toplam yağış miktarları Çizelge 1'de sunulmuştur. Çizelge 1 incelendiğinde denemenin yürütüldüğü yılların uzun

yıllar ortalamasına göre daha sıcak ve nemli olduğu görülmektedir. Araştırmanın yürütüldüğü 2015 ve 2016 yıllarına ait iklim değerleri incelendiğinde ise 2015 yılı 2016 yılına göre daha yüksek sıcaklık derecesine ve yağış miktarına, buna karşılık daha düşük bir nispi nem değerine sahip olmuştur. Bu sonuçlara göre 2015 yılının bitki gelişimi açısından daha uygun bir yıl olduğu söylenebilir.

Araştırma sahasının toprak özelliklerini ortaya koymak için farklı noktalardan 0-30 cm derinliğinde toprak örnekleri alınmış ve örnekler Atatürk Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Laboratuvarında analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre deneme sahası topraklarının killi-tınlı yapıda, pH, EC (elektriksel iletkenlik), DSY (değişebilir sodyum yüzdesi), organik madde, tuz, kireç, fosfor ve potasyum değerlerinin ise sırasıyla 8.88, 22.59 mS cm⁻¹, %42.9, %0.85, %1.8, %11.75, 2.04 kg da⁻¹ ve 1.95 me 100⁻¹ g+65 olduğu saptanmıştır. Bu verilere göre araştırma sahası toprakların tuzlu-alkali yapıda olduğu görülmüştür (Kacar 1986).

Araştırmada *Aeluropus littoralis* ve *Puccinellia distans* türleri bitki materyali olarak kullanılmış, fenolojik dönem olarak da vejetatif gelişme dönemi (çiçek salkımlarının oluştuğu ancak çiçeklenmenin başlamadığı dönem), çiçeklenme dönemi (bitkilerdeki salkımların %90'nun çiçeklendiği dönem) ve tohum olgunlaştırma dönemleri (salkımdaki tüm tohumların sarardığı dönem) deneme materyali olarak yer almıştır. Araştırma korunan 4 dekarlık bir alan üzerinde tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Denemede ana parsellerde türler, alt parsellerde de fenolojik dönemler yer almıştır. Bitki örnekleri her iki yılda da vejetatif gelişme dönemi için Mayıs ayının son haftasında, çiçeklenme dönemi için Haziran ayının son

haftasında ve tohum olgunlaştırma dönemi için de Ağustos ayının ilk haftasında alınmıştır. Bitkiler toprak seviyesinden biçilmiş ve biçilen bitki örnekleri 65 °C'ye ayarlı kurutma fırınında ağırlıkları sabit oluncaya kadar kurutulmuştur. Daha sonra kuruyan örnekler 1 mm'lik çapa sahip elekten geçecek şekilde ot değirmeninde öğütülmüş ve kalite analizleri için hazır hale getirilmiştir. Bitki örneklerinin N içeriği Kjeldahl Methodu ile belirlenmiş (AOAC 1997) ve belirlenen %N içeriği 6.25 katsayısı ile çarpılarak yem örneklerin ham protein (HP) içeriği hesaplanmıştır. Yem örneklerinin asit çözücülerde çözünemeyen lif (ADF) ve nötr çözücülerde çözünemeyen lif (NDF) oranları Van Soest *et al.* (1991) tarafından geliştirilen metotla belirlenmiştir. Örneklerin kuru madde sindirilebilirlikleri (KMS), Sheaffer *et al.* (1995) tarafından geliştirilen formül kullanılarak tahmin edilmiştir (%KMS = 88.9 - (0.779 x %ADF)). Sonra KMS değerleri, Fonnesbeck *et al.* (1984) tarafından geliştirilen regresyon denklemi kullanılarak yemlerin sindirilebilir enerji (SE) oranları saptanmıştır (SE = 0.27 + 0.0428 x %KMS). Daha sonra SE değerleri Khalil *et al.* (1986) tarafından geliştirilen eşitlik (Mcal kg⁻¹ = 0.821 x SE (Mcal kg⁻¹)) kullanılarak metabolik enerji (ME) içeriği belirlenmiştir. Sonrasında ise Sheaffer *et al.* (1995) tarafından geliştirilen eşitlikler kullanılarak, önce kuru madde tüketimi (KMT = 120/% NDF), sonra da nispi yem değerleri (NYD) hesaplanmıştır (NYD = KMS x KMT/1.29).

Araştırma sonucunda elde edilen veriler JMP 5.1 istatistik paket programı kullanılarak iki yıl tekrarlanan bölünmüş parseller deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli çıkan ortalamaların karşılaştırılması LSD testine göre yapılmıştır.

Çizelge 1. Araştırmanın yürütüldüğü İğdir ilinin 2015 ve 2016 ile uzun yıllar (1960-2014) ortalamasına ait iklim değerleri*
Table 1. Some meteorological data of Iğdır province for the experimental years and as long term average (1960-2014)*

| Aylar | Ortalama Sıcaklık (°C) | | | Toplam Yağış (mm) | | | Nispi Nem (%) | | |
|-----------|------------------------|------|------|-------------------|-------|-------|---------------|------|------|
| | UYO** | 2015 | 2016 | UYO** | 2015 | 2016 | UYO** | 2015 | 2016 |
| Ocak | -3.1 | 1.2 | -1.3 | 13.6 | 2.2 | 24.7 | 64.5 | 63.3 | 68.2 |
| Şubat | 0.4 | 4.3 | 4.6 | 14.9 | 4.4 | 6.2 | 57.0 | 59.5 | 63.7 |
| Mart | 7.3 | 8.5 | 9.2 | 20.5 | 52 | 10 | 46.2 | 50.8 | 48.7 |
| Nisan | 13.6 | 13.8 | 14.5 | 44.3 | 44.1 | 20.1 | 47.1 | 47.7 | 48.4 |
| Mayıs | 18.0 | 18.3 | 18.5 | 50.6 | 41.5 | 23.5 | 48.5 | 52.9 | 55.3 |
| Haziran | 22.9 | 25.1 | 22.6 | 31.8 | 27.8 | 25.7 | 42.3 | 40 | 51.1 |
| Temmuz | 26.5 | 28.7 | 26 | 15.1 | 0.3 | 22 | 39.9 | 33.6 | 47.9 |
| Ağustos | 26.5 | 27.2 | 27.2 | 9.4 | 14.3 | 4.1 | 40.5 | 40.7 | 45.3 |
| Eylül | 20.7 | 22.6 | 20.4 | 12.8 | 1.4 | 5.9 | 46.5 | 43.6 | 49.9 |
| Ekim | 13.7 | 16.6 | 12.5 | 22.0 | 96.2 | 12.9 | 59.2 | 71.3 | 69 |
| Kasım | 5.7 | 9.2 | 3.7 | 16.8 | 4.5 | 17.3 | 61.9 | 66 | 70.5 |
| Aralık | -0.6 | 1.5 | -3.8 | 11.9 | 13.7 | 35.1 | 67.0 | 68.8 | 69.8 |
| Ort./Top. | 12.6 | 14.8 | 12.8 | 263.8 | 302.4 | 207.5 | 51.7 | 53.2 | 57.3 |

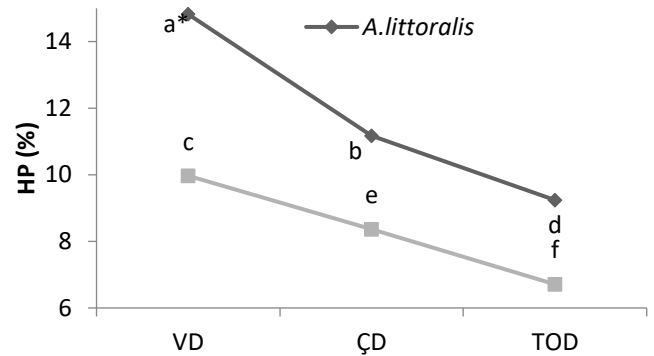
*MGM, 2016; **Uzun yıllar ortalaması

BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan istatistik analizler sonucu interaksiyonların önemli çıktığı parametrelerde (HP oranı) ana faktörler üzerinde ayrı ayrı durulmamış, ikili interaksiyonlara göre veri sunumu ve tartışması yapılmıştır. İnteraksiyonlarının önemsiz çıktığı parametrelerde ise ana faktörler dikkate alınarak yorumlamaya gidilmiştir. Yemin gerçek protein değerini vermeyen ancak organik maddeler içerisinde nitrojen içeren tüm maddeleri kapsayan ham protein (HP) içeriği, yemin kalitesini ortaya koyan önemli bir parametredir (Ball *et al.*, 2001). Yürütülen bu çalışmada ham protein oranı üzerine tür x gelişme dönemi interaksiyonunun etkisi %1 ihtimal seviyesinde önemli bulunmuştur (Şekil 1). Şekil 1 incelendiğinde her iki türde de gelişme dönemlerinin ilerlemesiyle HP oranlarının azaldığı görülmüş ve *A. littoralis* türü gelişme dönemlerine göre *P. distans* türüne göre daha yüksek bir HP içeriğine sahip olmuştur. Buna göre en yüksek HP oranı %14.83 ile vejetatif dönemde örneklemesi yapılan *A. littoralis* türünde belirlenmiştir (Şekil 1). Nitekim vejetatif ve tohum olgunlaştırma dönemlerinde hasat edilen çok sayıdaki halofit türlerde olgunlaşma (tohum olgunlaştırma döneminde) ile birlikte HP oranlarının azaldığı ifade edilmiştir (Arzani *et al.*, 2008; Asaadi and Dadkhah 2010; Temel 2015). Ayrıca Rad *et al.* (2013) yürüttükleri bir çalışmada en yüksek ham protein içeriğinin (%13.21) vejetatif dönemde toplanan *A. littoralis* türünde, başka bir araştırmacı ise en düşük ham protein oranının (%4.0) tohum olgunlaştırma döneminde hasat edilen *P. distans* türünde ölçüldüğünü rapor etmiş (Hossaini 2004) ve bu bulgular bizim sonuçlarımızla paralellik göstermiştir. Mevcut sonuçlar dikkate alındığında *A. littoralis* türü her üç fenolojik dönemde de ruminantların yaşama payı için gereksinim duyulan protein ihtiyacını sağlayabilirken, *P. distans* türü vejetatif ve çiçeklenme döneminde bu gereksinimi karşılayabildiği görülmüştür. Çünkü %8.0 ham proteinden daha az protein içeren yemlerin optimum performans için rumen mikro-organizmaları tarafından gereksinim duyulan minimum amonyak seviyelerini sağlayamadığından yetersiz olduğu düşünülmektedir (Norton 2003).

Farklı fenolojik dönemde hasat edilen türlerin ham protein içeriği üzerine gelişme dönemi x yıl interaksiyonunun etkileri önemli bulunmuş ve ortalama değerler Şekil 2'de yer almıştır. Doğru açıklama: vejetatif gelişme döneminde bitkilerin HPO ortalaması yıllara bağlı olarak önemli derecede değişmesine ve 2016 yılında 2015 yılına göre önemli derecede daha

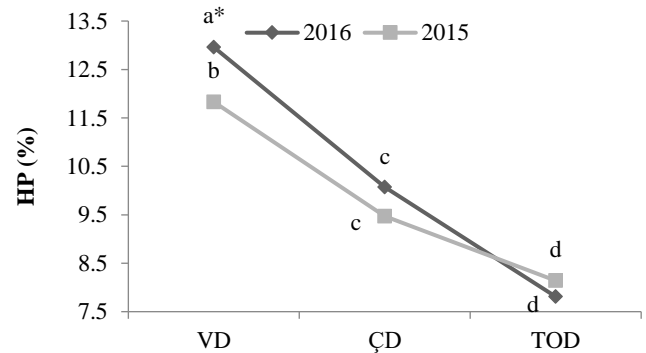
yüksek olmasına karşılık, diğer gelişme dönemlerinde HPO ortalaması yıllara bağlı olarak önemli bir farklılık göstermemiştir.



Şekil 1. HP (%) üzerine tür x gelişme dönemi interaksiyonunun etkileri.

Figure 1. The effects of speciesxstage interaction on the CP (%).

*Aynı harfler ile gösterilen HP ortalamaları $P \leq 0.01$ hata sınırları içinde LSD testine göre istatistiksel olarak farklıdır. VD: Vejetatif dönem, TOD: Tohum olgunlaştırma dönemi, ÇD: Çiçeklenme dönemi.



Şekil 2. HP (%) üzerine yıl x gelişme dönemi interaksiyonunun etkileri.

Figure 2. The effects of yearxstage interaction on the HP (%).

*Aynı harfler ile gösterilen HP ortalamaları $P \leq 0.01$ hata sınırları içinde LSD testine göre istatistiksel olarak farklıdır. VD: Vejetatif dönem, TOD: Tohum olgunlaştırma dönemi, ÇD: Çiçeklenme dönemi

Yemin hacmi veya kabalığı hakkında fikir veren nötr çözücülerde çözünmeyen lif (NDF) oranı, hayvanlar tarafından tüketilecek yem miktarını belirleyen iyi bir ölçüdür. Dolayısıyla bir yemin NDF değeri ne kadar yüksek ise o yem, hayvanın midesinde (sindirim sisteminde) daha fazla yer kaplamakta, bu da hayvanın yem tüketimini sınırlamaktadır. Sonuçta ise NDF oranının yüksekliği hayvanın daha az protein ve enerji tüketmesine neden olmaktadır. Asit çözücülerde çözünmeyen lif (ADF) oranı ise yemin sindirilebilirliği ve hayvanın enerji alımı hakkında fikir veren iyi bir göstergedir. Başka bir ifade ile ADF oranı, en az sindirilebilir bitki karbonhidratlarının (selüloz ve lignin) bir ölçüsü olup, sindirilebilirlikle negatif bir ilişkisi vardır.

Sonuç olarak ADF içeriği yemin enerji içeriğinin hesaplanmasında sıklıkla kullanılan bir kalite parametresidir. Yıllara göre iki halofit türün üç farklı fenolojik dönemde sahip oldukları ortalama NDF içerikleri Çizelge 2’de, ADF oranları ise Çizelge 3’de sunulmuştur. Yıllar arasında NDF ve ADF içerikleri istatistiki olarak önemli bulunmuş ve her iki parametre açısından 2016 yılı 2015 yılına göre daha düşük bir değere sahip olmuştur. Yıllar arasında oluşan bu farklılık iklim koşullarından kaynaklanmış olabilir. Nitekim Çizelge 1 incelendiğinde 2015 yılı 2016 yılına göre daha yağışlı, bitki gelişimi açısından sıcaklık ve nispi nem koşulları daha uygun geçmiştir. Bu da bitkilerin daha fazla boylanmasına, sap/yaprak oranının artmasına ve daha fazla yapısal karbonhidratların oluşmasına neden olduğu düşünülmektedir. Farklı halofit ve kserofit yem bitkisi türleri ile yürütülen çalışmalarda da, yağış ve sıcaklık değerlerinin yüksek olduğu yıllarda veya dönemlerde NDF ve ADF gibi değerlerin yüksek olduğu ortaya konmuştur (Temel *et al.*, 2015).

ADF içeriği açısından türler arasında önemli bir değişim görülürken ($P < 0.01$) (Çizelge 3), NDF içeriği

açısından önemli bir farklılık bulunmamıştır (Çizelge 2). *P. distans* türünün kuru maddesindeki ADF içeriğinin *A. littoralis* türüne göre istatistiki olarak önemli derecede daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Türlerin sahip oldukları genetik ve morfolojik yapı farklılıkları ADF oranlarının farklılık göstermesine neden olmuş olabilir. Çünkü *P. distans*, *A. littoralis* türüne göre daha fazla boylanma ve sap oluşturmaktadır. Farklı ekolojilerde yürütülen çalışmalarda da ADF oranının halofit türler arasında farklılık gösterdiği ortaya konulmuş (Rad *et al.*, 2013; Ahmadi *et al.*, 2015; Temel 2015; Temel *et al.*, 2015) ve bu sonuçlar bizim bulgularımızla paralellik göstermiştir. NDF ve ADF içeriği açısından gelişme dönemleri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuş ve vejetatif gelişme döneminde diğer iki fenolojik döneme göre bitkilerin kuru maddelerinin daha düşük NDF ve ADF içeriğine sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Başka bir ifade ile bitkilerde gelişme dönemlerinin ilerlemesiyle NDF ve ADF değerlerinde önemli artışların olduğu saptanmıştır (Çizelge 2 ve 3).

Çizelge 2. Türler ve gelişme dönemlerine göre *A. littoralis* ve *P. distans* türlerinin NDF içeriği (%).

Table 2. The NDF contents (%) of *A. littoralis* and *P. distans* at different development stages in the years of 2015 and 2016.

| Yıllar | Türler | Fenolojik dönemler | | | Yılların ortalaması |
|-----------------------|-----------------------------|--------------------|---------|---------|---------------------|
| | | VD | ÇD | TOD | |
| 2015 | <i>Aeluropus littoralis</i> | 64.77 | 68.01 | 71.61 | 68.04 a* |
| | <i>Puccinellia distans</i> | 64.50 | 68.59 | 70.78 | |
| 2016 | <i>Aeluropus littoralis</i> | 63.10 | 66.01 | 69.01 | 65.84 b |
| | <i>Puccinellia distans</i> | 61.93 | 66.45 | 68.56 | |
| Dönemlerin ortalaması | | 63.58 c* | 67.26 b | 69.99 a | |
| Türlerin ortalaması | <i>Aeluropus littoralis</i> | 67.09 | | | |
| | <i>Puccinellia distans</i> | 66.80 | | | |
| LSD (0.05) | | Dönem: 1.53** | | | |

*Aynı sütun ve satırda benzer harf ile gösterilen ortalamalar LSD testine göre $P \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiki olarak birbirinden farklıdır. ** $P < 0.01$ seviyesinde önemlidir. VD: Vejetatif dönem, TOD: Tohum olgunlaştırma dönemi, ÇD: Çiçeklenme dönemi.

Çizelge 3. Türler ve gelişme dönemlerine göre *A. littoralis* ve *P. distans* türlerinin ADF içeriği (%).

Table 3. The ADF contents (%) of *A. littoralis* and *P. distans* at different development stages in the years of 2015 and 2016.

| Yıllar | Türler | Fenolojik dönemler | | | Yılların ortalaması |
|-----------------------|-----------------------------|--------------------|---------|---------|---------------------|
| | | VD | ÇD | TOD | |
| 2015 | <i>Aeluropus littoralis</i> | 33.6 | 36.52 | 38.64 | 37.07 a* |
| | <i>Puccinellia distans</i> | 34.3 | 36.78 | 42.61 | |
| 2016 | <i>Aeluropus littoralis</i> | 30.33 | 34.37 | 36.39 | 34.80 b |
| | <i>Puccinellia distans</i> | 33.03 | 36.14 | 38.53 | |
| Dönemlerin ortalaması | | 32.81 c* | 35.95 b | 39.04 a | |
| Türlerin ortalaması | <i>Aeluropus littoralis</i> | 34.98 b* | | | |
| | <i>Puccinellia distans</i> | 36.90 a | | | |
| LSD (0.05) | | Dönem: 1.37** | | | |

*Aynı sütun ve satırda benzer harf ile gösterilen ortalamalar LSD testine göre $P \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiki olarak birbirinden farklıdır. ** $P < 0.01$ seviyesinde önemlidir. VD: Vejetatif dönem, TOD: Tohum olgunlaştırma dönemi, ÇD: Çiçeklenme dönemi.

Konu ile ilgili olarak Rad *et al.* (2013) *A. littoralis* türü ile yürüttükleri bir çalışmada en düşük ADF oranını (%35.0) vejetatif dönemde yapılan hasattan, Yousef Elahi (2013) ise en yüksek NDF içeriğinin (%66.90) sonbahar döneminde (tohum olgunlaştırma) yapılan biçimden elde ettiklerini ifade etmişler ve bu sonuçlar bizim bulgularımızla benzerlik göstermiştir. Ayrıca Panahi *et al.* (2012), üç soda otu (*Salsola* sp) türünde NDF ve ADF içeriklerinin büyüme döneminin ilerlemesiyle arttığını rapor etmişlerdir. Yine halofit türlerle yürütülen çalışmalarda bitkilerin olgunlaşmasıyla ADF ve NDF oranlarının arttığı ortaya konulmuştur (Asaadi and Dadkhah 2010). Oluşan bu farklılıklar olgunlaşma ile birlikte bitki bünyesindeki lifli bileşiklerin oranının artmasından kaynaklanmaktadır. Çünkü genç bitki hücreleri primer hücre duvarı olan tek bir katmana sahipken, bitkiler olgunlaştıkça ikinci bir hücre duvarı daha oluşmakta ve bu hücre duvarında ise selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi yapısal karbonhidratlar daha yoğun bir şekilde bulunmaktadır (Asaadi and Yazdi 2011; Martiniello and Teixeira da Silva 2011). Nitekim halofitlerde olgunlaşmanın ilerlemesiyle selüloz, hemiselüloz, lignin ve silika gibi hücre duvarı bileşenlerinin arttığı rapor edilmiştir (Arzani *et al.*, 2006). Kuru madde sindirilebilirliği (KMS), ADF değeri kullanılarak hesaplanmakta ve daha düşük ADF içeriği daha yüksek sindirilebilirliği

göstermektedir. Metabolik enerji (ME) içeriği ise dışkı, idrar veya rumen gazı ile kaybolmayan yemdeki enerjiyi belirlemektedir (Ball *et al.*, 2001). Varyans analiz sonuçları KMS, sindirilebilir enerji (SE) ve ME içeriklerinin türler, gelişme dönemleri ve yıllar arasında önemli farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuştur (Çizelge 4, 5 ve 6).

İki tür arasında *A. littoralis* türünün KMS, SE ve ME içeriği ortalamalarının *P. distans* türüne göre istatistiksel olarak önemli derecede daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Çizelge 4, 5 ve 6). Bu durum, türlerin sahip oldukları genetik ve morfolojik yapı farklılığından kaynaklanmış olabilir. Yapılan gözlemler ve araştırmalar sonucu rizom habitus formuna sahip *A. littoralis* türünün yumak formuna sahip *P. distans* türüne göre hem daha kısa boylu hem de bitki taç kısmında daha fazla yapraklılık bulundurduğu görülmüştür. Bu da, *A. littoralis* türünde yaprak/sap oranının daha yüksek olmasına neden olmuş olabilir. Çünkü yapraklar saplara göre sindirilebilirliği zor olan daha az hücre duvarı maddelerini (selüloz, hemiselüloz ve lignin) ve daha fazla hücre içi maddelerini (protein, nişasta, şeker ve yağ) içermektedir (Nelson and Moser 1994). Dolayısıyla bu durum *A. littoralis* türünün *P. distans* türüne göre daha yüksek sindirilebilirliğe ve enerji içeriğine sahip olmasına neden olmuş olabilir.

Çizelge 4. Türlere ve gelişme dönemlerine göre *A. littoralis* ve *P. distans* türlerinin KMS (%).

Table 4. DDM ratios (%) of *A. littoralis* and *P. distans* at different development stages in the years of 2015 and 2016.

| Yıllar | Türler | Fenolojik dönemler | | | Yılların ortalaması |
|-----------------------|-----------------------------|--------------------|---------|---------|---------------------|
| | | VD | ÇD | TOD | |
| 2015 | <i>Aeluropus littoralis</i> | 62.73 | 60.45 | 58.80 | 60.02 b* |
| | <i>Puccinellia distans</i> | 62.18 | 60.25 | 55.71 | |
| 2016 | <i>Aeluropus littoralis</i> | 65.28 | 62.12 | 60.56 | 61.79 a |
| | <i>Puccinellia distans</i> | 63.17 | 60.75 | 58.89 | |
| Dönemlerin ortalaması | | 63.34 a* | 60.89 b | 58.49 c | |
| Türlerin ortalaması | | 61.66 a* | | | |
| | | 60.16 b | | | |
| LSD (0.05) | | Dönem: 1.07** | | | |

*Aynı sütun ve satırda benzer harf ile gösterilen ortalamalar LSD testine göre $P \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. ** $P < 0.01$ seviyesinde önemlidir. VD: Vejetatif dönem, TOD: Tohum olgunlaştırma dönemi, ÇD: Çiçeklenme dönemi.

Çizelge 5. Türlere ve gelişme dönemlerine göre *A. littoralis* ve *P. distans* türlerinin SE içeriği (Mcal kg^{-1}).

Table 5. DE contents (Mcal kg^{-1}) of *A. littoralis* and *P. distans* at different development stages in the years of 2015 and 2016.

| Yıllar | Türler | Fenolojik dönemler | | | Yılların ortalaması |
|-----------------------|-----------------------------|--------------------|--------|--------|---------------------|
| | | VD | ÇD | TOD | |
| 2015 | <i>Aeluropus littoralis</i> | 2.96 | 2.86 | 2.78 | 2.84 b* |
| | <i>Puccinellia distans</i> | 2.93 | 2.85 | 2.65 | |
| 2016 | <i>Aeluropus littoralis</i> | 3.06 | 2.93 | 2.86 | 2.91 a |
| | <i>Puccinellia distans</i> | 2.97 | 2.87 | 2.79 | |
| Dönemlerin ortalaması | | 2.98 a* | 2.88 b | 2.77 c | |
| Türlerin ortalaması | | 2.91 a* | | | |
| | | 2.85 b | | | |
| LSD (0.05) | | Dönem: 0.04** | | | |

*Aynı sütun ve satırda benzer harf ile gösterilen ortalamalar LSD testine göre $P \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. ** $P < 0.01$ seviyesinde önemlidir. VD: Vejetatif dönem, TOD: Tohum olgunlaştırma dönemi, ÇD: Çiçeklenme dönemi.

Konu ile ilgili olarak Negus (1982), *P. distans*'ın yaklaşık %50 sindirilebilirliğe sahip olduğunu ifade etmiş ve bu sonuçlar bizim bulgularımızı destekler niteliktedir. Ayrıca farklı ekolojilerde yürütülen çalışmalarda halofit türler arasında KMS, SE ve ME değerlerinin farklılık gösterdiği ortaya konulmuştur (Rad *et al.*, 2013; Ahmadi *et al.*, 2015).

Gelişme dönemleri arasında en yüksek değerler vejetatif gelişme döneminde belirlenmiş ve olgunlaşma döneminin ilerlemesiyle KMS, SE ve ME değerlerinde düşüşler görülmüştür (Çizelge 4, 5 ve 6). Gelişme döneminin ilerlemesiyle KMS, SE ve ME değerlerindeki azalma muhtemelen bitki bünyesindeki yapısal karbonhidratların yapısal olmayan karbonhidratlara olan oranındaki artıştan kaynaklanmış olabilir. Çünkü olgunlaşma ile birlikte bitki bünyesinde lifli bileşiklerin oranında önemli artışlar olmakta, bu da bitkilerin sindirilebilirliğini ve enerji içeriğini düşürmektedir. Nitekim Rad *et al.* (2013) yem kalitesi ve besin değerindeki artışın bitkilerdeki HP, KMS ve ME içeriği ile pozitif, ADF ve ham lif içeriği ile de negatif ve doğrusal bir ilişki içinde olduğunu rapor etmişlerdir. Konu ile ilgili olarak Arzani *et al.* (2004), bitkilerin olgunlaşmasıyla KMS, SE ve ME içeriklerinin azalmasının saplardaki yapısal dokuların artmasından kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Ayrıca halofit türlerle yürütülen çalışmalarda bitki büyüme döneminin ilerlemesiyle selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi yapısal karbonhidratların arttığı, yemlerin sindirilebilirliği, ME ve SE içeriğinin ise azaldığı rapor edilmiş (McDonald *et al.*, 1995; Arzani *et al.*, 2006; Asaadi and Dadkhah 2010; El-Shaer 2010; Esfahan *et al.*, 2010; Panahi *et al.*, 2012; Ahmadi *et al.*, 2015, Temel 2015; Temel *et al.*, 2015) ve bu bulgular bizim sonuçlarımızı destekler niteliktedir. Dolayısıyla bitkilerin olgunlaşması ve olgunlaşma ile birlikte yapısal karbonhidratlardaki artış yemde daha yüksek lifli bileşiklerin bulunmasına ve daha az oranda KMS,

SE ve ME içeriğine sahip olmasına neden olabilmektedir.

Yıllara göre KMS, SE ve ME değerleri sırasıyla Çizelge 4, 5 ve 6'da görülmektedir. Her üç özellik için ortalama değerler 2016 yılında 2015 yılına göre istatistiksel olarak daha yüksek olmuştur. Yıllar arasında oluşan bu farklılığın iklim koşullarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çizelge 1'de görüldüğü üzere çalışmanın yürütüldüğü 2015 yılı, 2016 yılına göre daha fazla miktarda yağış almış ve daha yüksek sıcaklık derecesine sahip olmuştur. Bu da 2015 yılında bitkilerin 2016 yılına göre daha fazla bir boylanma ve daha gümrah bir gelişme göstermesine neden olmuştur. Daha fazla bir boylanma ve gümrah gelişme ise bitki bünyesinde yapısal karbonhidratlar olan lifli bileşiklerin oranında artışlara neden olmuş olabilir. Çünkü yapısal karbonhidratlar yemlerin sindirilebilirliğini, ME ve SE içeriğini önemli oranda azaltmaktadır (McDonald *et al.*, 1995; Arzani *et al.*, 2006; Asaadi and Dadkhah 2010; El-Shaer 2010; Esfahan *et al.*, 2010; Panahi *et al.*, 2012; Ahmadi *et al.*, 2015).

Mevcut çalışmada nispi yem değeri (NYD) üzerine türlerin, gelişme dönemlerin ve yılların etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 7).

Çizelge 7 incelendiğinde; *A. littoralis* türünün *P. distans* türüne göre istatistiksel olarak önemli derecede daha yüksek NYD'ne sahip olduğu, 2016 yılında NYD ortalamasının 2015 yılına göre önemli derecede daha yüksek olduğu ve bitkilerin vejetatif gelişme döneminde NYD'nin diğer iki fenolojik döneme göre daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumun, *A. littoralis* türünün *P. distans* türüne göre daha düşük ADF ve NDF içeriğine sahip olması, 2016 yılında NDF ve ADF ortalamasının 2015 yılına göre daha düşük olması ve vejetatif gelişme döneminde bitkilerinin NDF ve ADF içeriklerinin çiçeklenme ve tohum olgunlaştırma dönemindekine göre daha

Çizelge 6. Türler ve gelişme dönemlerine göre *A. littoralis* ve *P. distans* türlerinin ME içeriği (Mcal kg⁻¹).

Table 6. ME contents (Mcal kg⁻¹) of A. littoralis and P. distans at different development stages in the years of 2015 and 2016.

| Yıllar | Türler | Fenolojik dönemler | | | Yılların ortalaması |
|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------|---------------------|
| | | VD | ÇD | TOD | |
| 2015 | <i>Aeluropus littoralis</i> | 2.42 | 2.35 | 2.29 | 2.33 b* |
| | <i>Puccinellia distans</i> | 2.41 | 2.34 | 2.18 | |
| 2016 | <i>Aeluropus littoralis</i> | 2.52 | 2.40 | 2.35 | 2.39 a |
| | <i>Puccinellia distans</i> | 2.44 | 2.36 | 2.29 | |
| Dönemlerin ortalaması | | 2.45 a* | 2.36 b | 2.28 c | |
| Türlerin ortalaması | | <i>Aeluropus littoralis</i> 2.38 a* | <i>Puccinellia distans</i> 2.34 b | | |
| LSD (0.05) | | Dönem: 0.04** | | | |

*Aynı sütun ve satırda benzer harf ile gösterilen ortalamalar LSD testine göre P≤0.01 hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. **P<0.01 seviyesinde önemlidir. VD: Vejetatif dönem, TOD: Tohum olgunlaştırma dönemi, ÇD: Çiçeklenme dönemi.

Çizelge 7. Türler ve gelişme dönemlerine göre *A. littoralis* ve *P. distans* türlerinin NYD.

Table 7. RFV of *A. littoralis* and *P. distans* at different development stages in the years of 2015 and 2016.

| Yıllar | Türler | Fenolojik dönemler | | | Yılların ortalaması |
|-----------------------|-----------------------------|--------------------|---------|---------|---------------------|
| | | VD | ÇD | TOD | |
| 2015 | <i>Aeluropus littoralis</i> | 90.12 | 82.68 | 76.40 | 82.32 b* |
| | <i>Puccinellia distans</i> | 89.72 | 81.78 | 73.21 | |
| 2016 | <i>Aeluropus littoralis</i> | 96.30 | 87.55 | 81.62 | 87.57 a |
| | <i>Puccinellia distans</i> | 94.93 | 85.06 | 79.93 | |
| Dönemlerin ortalaması | | 92.77 a* | 84.27 b | 77.79 c | |
| Türlerin ortalaması | <i>Aeluropus littoralis</i> | 85.79 a* | | | |
| | <i>Puccinellia distans</i> | 84.11 b | | | |
| LSD (0.05) | Dönem: 2.82** | | | | |

*Aynı sütun ve satırda benzer harf ile gösterilen ortalamalar LSD testine göre $P \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. +Aynı sütunda benzer harf ile gösterilen ortalamalar $P \leq 0.05$ hata sınırları içinde LSD testine göre istatistiksel olarak farklıdır. ** $P < 0.01$ seviyesinde önemlidir. VD: Vejetatif dönem, TOD: Tohum olgunlaştırma dönemi, ÇD: Çiçeklenme dönemi.

düşük bir olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Çizelge 2 ve 3). Çünkü NYD, yemin ADF ve NDF değerleri kullanılarak hesaplanan ve yemin kalitesini rakamsal olarak gösteren önemli bir ölçüdür. Dolayısıyla NYD'nin yüksek çıkması yemlerin NDF ve ADF içeriklerinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Halofit türlerle yürütülen çalışmalarda da bitkilerin erken gelişme dönemlerinde daha yüksek bir yem kalitesine sahip olduğu oysa olgunlaşma döneminin ilerlemesiyle NYD'nin ve dolayısıyla yem kalitesinin azaldığı ortaya konmuştur (Temel 2015).

SONUÇ

Aşırı tuzlu-alkali toprak koşulları pek çok kültür bitkisinin ekonomik anlamda yetişmesini kısıtlamakta ve vejetasyonda bulunan otsu türlerin ise çok az bir kısmının yetişmesine imkan sağlamaktadır. Ancak bu gibi marjinal alanlarda *A. littoralis* ve *P. distans* türlerinin kolaylıkla yetişebildiği ve otlayan hayvanlar için orta kalitede bir yem materyali ürettiği ortaya konmuştur. Özellikle *A. littoralis* türünün incelenen kalite parametreleri açısından *P. distans* türüne kıyasla besin içeriği daha yüksek bir yem ürettiği belirlenmiştir. Mevcut araştırmada ortaya konulan diğer bir sonuç ise, incelemeye alınan her iki halofit türde de olgunlaşma döneminin ilerlemesiyle yem kalite değerlerinde düşüşlerin yaşandığı ve özellikle erken gelişme dönemlerinde yüksek yem kalitesinin elde edildiğidir. Son olarak yıllara bağlı olarak iklim özelliklerinin farklılık göstermesinin, türlerin besin içeriğinin de farklılık göstermesine neden olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

Ahmadi A., Arzani H and Jafari AA., 2005. Determination and Composition of Forage Quality of Five Species in Different Phenological Stages in Alborz Rangelands. XX International Grassland Congress, 26 June-1 July, Ireland,

Ahmadi A., Gomarian M and Toranjzar H., 2015. Variations in Forage Quality of Two Halophyte Species, at Three Phenological Stages in Marginal Rangelands of Meighan Playa, Iran. International Conference on Chemical, Civil and Environmental Engineering (CCEE-2015) June 5-6, 2015 Istanbul, Turkey.

Ali Ehsani HY., Elham Shafeian MTG and Yeganeh H., 2016. Determining suitable grazing time for *Puccinella distans* Parl. based on its phenology in West Azerbaijan Province of Iran. Journal of Plant Interactions, 11(1): 67-73.

AOAC 1997. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 16th ed. 3rd revision. Arlington, VA, USA.

Arzani H., Torkan J., Jafari M and Nikkah A., 2001. Investigation on effects of phenological stages and environmental factors (soil and climate) on forage quality of some important range species. Journal of Agriculture Science, 32: 385-397.

Arzani H., Zohdi M., Fish E., Amiri GZ., Nikkah A and Wester D., 2004. Phenological effects on forage quality of five grass species. Journal of Range Management, 57: 624-629.

Arzani H., Bashiri M., Khatibi F and Ghorbani G., 2006. Nutritive value of some Zagros Mountain rangeland species. Small Ruminant Research, 65: 126-135.

Arzani H., Sadeghimanesh MR., Azarnivand H., Asadian GH and Shahriyari E., 2008. Study of phenological stages effect values of twelve species in Hamadan rangelands. Iran Journal of Range Desert Research, 16(1): 86-95.

Asaadi AM and Dadkhah AR., 2010. The study of forage quality of *Haloxylon aphyllum* and *Eurotia ceratoides* different phenological stages. Research Journal of Biological Sciences, 5: 470-475.

Asaadi AM and Yazdi AK, 2011. Phenological stage effects on forage quality of four forbs species. Journal of Food Agriculture and Environment. 9(2): 380-384.

Ball DM., Collins M., Lacefield GD., Martin NP., Mertens DA., Olson KE., Putnam DH., Undersander DJ and Wolf MW., 2001. Understanding Forage Quality. Park Ridge, USA: American Farm Bureau Federation Publication.

Temel, Tuzlu-Alkali Meralarda Yaygın Olarak Yetişen Çorak Çimi (*Puccinellia distans*) ve Sahil Ayırığı (*Aeluropus littoralis*) Bitkilerinin Farklı Gelişme Dönemlerindeki Besin İçeriklerinin Belirlenmesi

- Brotherson JD., 1987. Plant community zonation in response to soil gradients in a saline meadow near Utah Lake, Utah County, Utah. *Great Basin Natur* 47: 322-333.
- El Shaer HN., 1997. Sustainable utilization of halophytic plant species as livestock fodder in Egypt. Proceedings of the International Conference on Water management, salinity and pollution Control Towards Sustainable Irrigation in the Mediterranean region. 22-26 September, Bari, Italy.
- El-Shaer HM., 2010. Halophytes and salt-tolerant plants as potential forage for ruminants in the Near East region. *Small Ruminant Research*, 91: 3-12.
- Esfahan EZ., Assareh MH., Jafari M., Jafari AA., Javadi SA and Karimi G., 2010. Phenological effects on forage quality of two halophyte species *Atriplex leucoclada* and *Suaeda vermiculata* in four saline rangelands of Iran. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8: 999-1003.
- Fonnesbeck PV., Clark DH., Garret WN and Speth CF., 1984. Predicting energy utilization from alfalfa hay from the Western Region. Proceedings of the American Society of Animal Science, 35: 305-308.
- Gulzar S and Khan MA., 2001. Seed germination of a halophytic grass. *Aeluropus lagopoides*. *Annals of Botany*, 87: 319-324.
- Gulzar S., Khan MA and Ungar IA., 2003. Effects of salinity on growth, ionic content and plant water relations of *Aeluropus lagopoides*. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 34: 1657-1668.
- Hitchcock AS., 1971. *Manual of the Grasses of the United States*. Dover Publications, New York.
- Hossaini SA., 2004. Autecology of *Puccinellia distans* (Jacq.) Parl. in Saline and Alkaline Habitats North Gorgan Region. Proceedings of the Fourth International Iran & Russia Conference, 8-10 September, Iran-Shahrekord.
- Hughes TD., 1972. *Puccinellia distans*: a salt-tolerant grass, in Illinois Turfgrass Conference, ed. by Hughes TD. Illinois Cooperative Extension Service, Champaign, IL.
- Kacar B., 1986. Gübreler Gübreleme Tekniği. T.C. Ziraat Bankası Kültür Yayınları, No: 20, Ankara.
- Khalil JK., Sawaya WN and Hyder SZ., 1986. Nutrient composition of *Atriplex* leaves grown in Saudi Arabia. *Journal of Range and Management*, 39: 104-107.
- Martiniello P and Teixeira da Silva JA., 2011. Physiological and bioagronomical aspects involved in growth and yield componenets of cultivated forage species in Mediterranean environments: A review. *European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 5(Special Issue 2): 64-98.
- McDonald P., Edwards RA., Greenhalgh JFD and Morgan CA., 1995. *Animal Nutrition*. New York, USA: Longman Scientific and Technical.
- MGM., 2016. Başbakanlık DMİ Genel Müdürlüğü Meteroloji Bültenleri, Ankara.
- Negus TR., 1982 *Puccinellia*, Its Grazing Value and Management. Farmnote No. 34/82. Western Australian Department Agriculture.
- Nelson CJ and Moser LE., 1994. Plant Factors affecting forage quality. *Forage Quality, Evaluation and Utilization* (Ed. Fahey JR.), Madison: American Society of Agronomy, pp. 115-154.
- Norman HC., Dynes RA and Masters DG., 2002. Nutritive value of plants growing on saline land, in Proceedings of the 8th National Conference and Workshop on the Productive Use and Rehabilitation of Saline Lands (PURSL), 16-20 September, Fremantle, Western Australia.
- Norton BW., 1982. Differences Between Species in Forage Quality. *Common wealth Agricultural Bureaux*, Farnham Royal, UK.
- Norton BW., 2003. The nutritive value of tree legumes. *Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture* (Eds. Gutteridge RC and Shelton HM), pp. 1-10.
- Özdoğan N., 1976. Rüzgar Erozyonu ve Rüzgar Erozyonu Sahalarında Alınacak Başlıca Tedbirler. *Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları*, 306, Ankara.
- Panahi F., Assareh MH., Jafari M., Jafari A., Arzani H., Tavili A and Zandi Esfahan E., 2012. Phenological effects on forage quality of *Salsola arbuscula*, *Salsola orientalis* and *Salsola tomentosa* in three habitats in the central part of Iran. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 11: 800-807.
- Peng YH., Zhu YF., Mao YQ., Wang SM., Su WA and Tang ZC., 2004. Alkali grass resists salt stress through high [K+] and an endodermis barrier to Na+. *Journal of Experimental Botany*, 55: 939-949.
- Rad MS., Rad JS., Teixeira da Silva JA and Mohsenzadeh S., 2013. Forage quality of two halophytic species, *Aeluropus lagopoides* and *Aeluropus littoralis*, in two phenological stages. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4: 998-1005.
- Robinson PH., Grattan SR., Getachew G., Grieve CM., Poss JA., Suarez DL and Benes SE., 2004. Biomass accumulation and potential nutritive value of some forages irrigated with saline-sodic drainage water. *Animal Feed Science and Technology*, 111: 175-189.
- Scalia R., Oddo E., Saiano F and Grisafi F., 2009. Effect of salinity on *Puccinellia* (L.) Parl. Treates with NaCl and foliarly applied glycinebetaine. *Plant Stress*, 3(1): 49-54.
- Sheaffer CC., Peterson MA., Mccalin M., Volene JJ., Cherney JH., Johnson KD., Woodward WT and Viands DR., 1995. Acide Detergent Fiber, Neutral Detergent Fiber Concentration and Relative Feed Value. *North American Alfalfa Improvemnt Conference*, Minneapolis.
- Shidai G and Namati N., 1978. *Modern Rangemanagement and Forage Production in Iran*. Forests and Rangelands Organization, Tehran, Iran.

- Squires VR and Ayoub AT., 1994. Halophytes as a Resource for Livestock and for Rehabilitation of Degraded Lands. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht Boston, London, UK.
- Tarasoff CS., Mallory-Smith CA and Ball DA., 2007. Comparative plant responses of *Puccinellia distans* and *Puccinellia nuttalliana* to sodic versus normal soil types. *Journal of Arid Environments*, 70: 403-417.
- Temel S., 2015. Determination of fodder quality parameters in vegetative and seed maturity stages of *Salsola tragus* L. and *Noaea mucronata* (Forssk.) Asch. & Schweinf. *International Journal of Agriculture and Wildlife Science*, 1: 23-30.
- Temel S., Sürmen M and Tan M., 2015. Effects of growth stages on the nutritive value of specific halophyte species in saline grasslands. *Journal of Animal and Plant Science*, 25: 1419-1428.
- Temel S ve Şimşek U., 2011. Iğdır Ovası toprakların çoraklaşma süreci ve çözüm önerileri. *Alinteri*, 21(B): 53-59.
- Valipoor Dastenai M., Mirhadi MJ and Mehrani A., 2012. The study and comparison of 3 foxtail millet (*Setaria italica* L.) cultivars in different phenological stages in Karaj Region. *The Journal of Applied Science and Engineering Technology*, 2(3): 62-68.
- Van Soest PJ., Robertson JD and Lewis BA., 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animals nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583-3597.
- Warren BE., Casson T and Ryall DH., 1994. Production from grazing sheep on revegetated saltland in Western Australia. *Halophytes as a Resource for Livestock and for Rehabilitation of Degraded Lands* (Eds. Squires VR and Ayoub, AT), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 263-265.
- Yousef Elahi M., 2013. Determination of nutritive value of five species of halophyte plants used by camel in East South Iran. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 4(9): 2721-2725.

Tuz Stresinin Sorgum×Sudanotu Melezinde Çimlenme ve Fide Gelişim Özelliklerine Etkisi^a

Ayşe Özge Şimşek Soysal¹ Gürkan Demirkol^{1*} Özlem Önal Aşçı¹ Yeliz Kaşko Arıcı² Zeki Acar³
Nuri Yılmaz¹

¹Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ordu

²Ordu Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim Anabilim Dalı, Ordu

³Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Samsun

Geliş tarihi (Received): 17.07.2018

Kabul tarihi (Accepted): 28.08.2018

Anahtar kelimeler:

Stres fizyolojisi, tuz toleransı, yem bitkisi

Özet. Sorgum×Sudanotu (*Sorghum bicolor*×*Sorghum sudanense*) greengo çeşidinde farklı tuz dozlarının çimlenme ve fide gelişimine etkisini belirlemek amacıyla yürütülen bu araştırmada, tohumlar petri kabında, karanlık ortamda 20±1°C'de çimlendirilmiştir. Çalışmada petri kaplarına 16 farklı tuz (NaCl) dozu (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240, 260, 280, 300 mM NaCl) uygulanmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 10 tekrarlı olarak kurulmuştur. Çalışmada, çimlenme oranı (%), ortalama çimlenme gün sayısı (gün), radikula (kökçük) ve plumula (sapçık) uzunluğu (cm), radikula ve plumulanın yaş ve kuru ağırlıkları (g) belirlenmiştir. Çimlenme oranı verileri homojen olmadıklarından, Kruskal-Wallis ile analiz edilmiş ve karşılaştırma için Dunn testi kullanılmıştır. Homojenlik gösteren diğer özellikler ise tesadüf parselleri deneme deseninde analiz edilmiş ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile ortalamalar karşılaştırılmıştır. Yapılan istatistik analiz sonucunda incelenen tüm parametrelerin tuz uygulamasından önemli derecede etkilendiği belirlenmiştir. Araştırmada incelenen tüm parametreler birlikte değerlendirildiğinde, Sorgum×Sudanotu melezinin (*Sorghum bicolor*×*Sorghum sudanense*) greengo çeşidinin çimlenme ve fide gelişimi bakımından 220 mM NaCl dozuna kadar olan (0-200 mM aralığında) tuz uygulamalarını tolere edebildiği sonucuna varılmıştır.

*Sorumlu yazar

gurkandemirkol@odu.edu.tr


The Effect of Salt Stress on the Germination and Seedling Growth Parameters in Sorghum×Sudangrass


Keywords:


Stress physiology, salt tolerance, forage crop


Abstract. In this study the seeds were germinated at 20 ± 1 ° C in the petri dishes, which was aimed to determine the effect of different salt doses to germination and seedling growth in a Sorghum×Sudangrass (*Sorghum bicolor*×*Sorghum sudanense*) cultivar called "greengo". Sixteen different salt doses (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240, 260, 280, 300 mM NaCl) were applied to the petri dishes. The experiment was established in randomized plots experimental design with 10 replications. In the study, germination rate (%), number of days of germination (days), length of radicle and plumula (cm), fresh and dry weights (g) of radicle and plumula were determined. Since the germination rate data were not homogeneous, they were analyzed with Kruskal-Wallis and for comparison the Dunn test was used. Other parameters showing homogeneity were analyzed in randomized plot design and the means were compared by Tukey multiple comparison test. It was determined that all of the parameters examined in the statistical analysis were effected significantly by salt application. When all of the examined parameters were evaluated together, it was concluded that the greengo cultivar which belong to Sorghum×Sudangrass can tolerate salt application up to a dose of 220 mM NaCl (between 0-200 mM) in terms of germination and seedling growth.


ORCID ID (Yazar sırasına göre/By author order)


 0000-0002-2494-0844

 0000-0003-0033-8039

 0000-0002-9487-9444

 0000-0001-6820-0381

 0000-0002-0484-1961

 0000-0002-0597-6884

^aBu çalışma 19-23 Haziran 2018 tarihlerinde gerçekleşen "International Symposium Ecology 2018" adlı sempozyumda poster bildiri olarak sunulmuş ve bildiri özeti olarak basılmıştır.

GİRİŞ

Ülkemizde kaliteli kaba yem açığını kapatmak için yem bitkileri ekim alanını genişletmek verimliliği de artırmak gerekmektedir. Sorgum yazlık, tek yıllık, iri habituslu, biçimden sonra yeniden gelişen bir bitkidir. Ayrıca mısır göre kuraklığa daha dayanıklıdır (Çiğdem ve Uzun 2006). Buğdaygiller familyasından olması nedeniyle kolaylıkla silaja işlenebilmekte (Arslan ve ark., 2017), yanı sıra hasıl olarak da hayvanlara yedirilebilmektedir (Karadağ ve Özkurt 2014). Tüm bu özellikleriyle kaba yem üretimi için ülkemizde hem ana ürün (Salman ve Budak 2015) hem de ikinci ürün (Geren ve Kavut 2009) olarak ekilmektedir. Kaba yem amacıyla Sorgum yalın ekildiği gibi baklagillerle karışık olarak yetiştirilmektedir. Tohumları da kesif yem olarak hayvan beslemede kullanılmaktadır (Baran ve Kocabağlı 2000).

Tuzluluk özellikle yarı kurak ve kurak bölgelerde sorun olmaktadır (Ekmekçi ve ark., 2005). Yanlış sulama uygulamalarında, drenaj problemi yaşanan alanlarda (Kanber ve ark., 2005) ve deniz tuzluluğundan etkilenen kıyı ovalarında ortaya çıkmaktadır (Cemek ve ark., 2006). Bu nedenle tuzluluk ülkemizde yaşanan en önemli abiyotik stres faktörlerinden biridir. Türkiye’de yaklaşık 12 bin ha alanda tuzluluk problemi yaşanmaktadır (Çulha ve Çakırlar 2011). Dahası küresel iklim değişikliğine bağlı olarak ülkemizde tuzluluk probleminin artacağı düşünülmektedir (Türkeş ve ark., 2000).

Doğada çok farklı tuzlar bulunmakla birlikte en yaygın bulunan NaCl’dir (Kuşvuran 2010). NaCl osmotik stres ve/veya toksik etki oluşturarak bitki yaşamını olumsuz etkilemektedir (Çulha ve Çakırlar 2011). Bitkilerin çimlenme döneminde tuz stresine karşı çok hassas olduğu bilinmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda bitki tür ve çeşidine, tuz dozuna bağlı olarak çimlenmenin azaldığı (Önal Aşçı ve Üney 2016; Güngör ve ark., 2017; Özkorkmaz ve Yılmaz 2017) hatta engellendiği belirlenmiştir (Önal Aşçı 2011).

Tuzlu toprakların ıslahı zor ve masraflı bir süreç olduğundan, bu alanlarda bitkisel üretimi artırmak için, tuzluluğa dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesi daha uygun olmaktadır (Turhan ve Şeniz 2010). Bu nedenle son yıllarda bitki tür ve çeşitlerinin tuzluluğa dayanımı üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır.

Bu çalışma Sorgum×Sudanotu (*Sorghum bicolor*×*Sorghum sudanense*) “greengo” çeşidinde farklı tuz dozlarının çimlenme ve fide gelişimine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL VE METOT

Araştırma farklı tuz (NaCl) konsantrasyonlarının Sorgum×Sudanotu (*Sorghum bicolor*×*Sorghum*

sudanense) melezinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü laboratuvarında 2018 yılında yapılmış ve “greengo” çeşidine ait tohumlar kullanılmıştır. Tohumlar petri kaplarında, kağıt arasında çimlendirilmiştir. Petri kaplarına 16 farklı tuz dozu (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240, 260, 280, 300 mM NaCl) uygulanmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 10 tekrarlı olarak kurulmuştur. Her petriye farklı dozlarda 10 ml tuz (NaCl) solüsyonu eklenmiştir. Petri kapları, iklimlendirme dolabında tamamen karanlık ortamda 20 ±1 °C’de 7 gün boyunca çimlenmeye bırakılmıştır. Deneme süresince tohumlar her gün kontrol edilmiş ve 3 mm kökçük uzunluğuna sahip tohumlar çimlenmiş olarak kabul edilmiştir. Çalışmada, çimlenme oranı (%), ortalama çimlenme gün sayısı (gün), radikula ve plumula uzunluğu (cm), taze radikula ve plumula ağırlığı (g) ve materyaller sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulduktan sonra kuru radikula ve plumula ağırlığı (g) hesaplanmıştır. Çimlenme oranı verileri homojen olmadıklarından, Kruskal-Wallis ile analiz edilmiş ve karşılaştırma için Dunn testi kullanılmıştır. Homojenlik gösteren diğer özellikler ise tesadüf parselleri deneme deseninde analiz edilmiş ve Tukey çoklu karşılaştırma testi ile ortalamalar karşılaştırılmıştır.

Çimlenme Oranı (%)=(Çimlenen tohum sayısı/toplam tohum sayısı)×100

Ortalama Çimlenme süresi= $\Sigma(fx)/\Sigma f$ (Mathews and Khajeh-Hosseini 2007).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmada farklı tuz (NaCl) dozlarında sorgum tohumlarının çimlenme oranı %72-100 arasında belirlenmiştir (Çizelge 1). Yapılan Kruskal-Wallis analizi sonucunda tuz dozlarının çimlenme oranına etkisi istatistiki olarak önemli (P<0.001) bulunmuştur. 40 mM tuz dozu hariç tutulduğunda, tuz uygulaması çimlenme oranında azalmaya neden olmuştur. Ancak kontrol ile karşılaştırıldığında, çimlenme oranında ilk önemli azalış 220 mM tuz uygulamasında gerçekleşmiştir. Çalışmamızdan farklı olarak İsmail (2003), *Sorghum bicolor* L. ile yaptığı çimlenme çalışmasında, tuz dozu arttıkça çimlenme oranının azaldığını, bu azalışın 100 mM ve üzeri dozlarda (100-300 mM) istatistiki olarak önemli olduğunu belirlemiştir. Aydınşakir ve ark., (2012), ise *Sorghum bicolor* L.’un farklı çeşitleri (Early Sumac, Leoti, Nes ve Rox) ile yürüttükleri bir çalışmada çeşitlerinin tamamında tuz stresinin çimlenmeyi olumsuz etkilediğini, Nes çeşidinde ise yaklaşık 650 mM tuz

Çizelge 1. Farklı tuz dozlarında sorgum tohumlarının çimlenme oranları.

Table 1. Germination rates of sorghum seeds at different salt doses.

| NaCl (mM) | Ortalama | IQR | Mean Rankı | En düşük | En yüksek |
|-----------|---------------------|--------|------------|----------|-----------|
| 0 | 98.000 | 4.000 | 127.5 a | 92.000 | 100.000 |
| 20 | 96.000 | 9.000 | 111.8 a | 88.000 | 100.000 |
| 40 | 100.000 | 4.000 | 133.3 a | 92.000 | 100.000 |
| 60 | 96.000 | 8.083 | 112.5 a | 88.000 | 100.000 |
| 80 | 95.830 | 5.000 | 103.8 a | 88.000 | 100.000 |
| 100 | 91.071 | 10.375 | 83.3 ab | 83.333 | 100.000 |
| 120 | 92.000 | 9.125 | 92.8 ab | 84.000 | 100.000 |
| 140 | 91.483 | 9.250 | 75.8 abc | 84.000 | 96.000 |
| 160 | 96.000 | 5.000 | 121.7 a | 92.000 | 100.000 |
| 180 | 88.000 | 13.190 | 70.1 a-d | 78.571 | 100.000 |
| 200 | 93.917 | 8.000 | 90.7 ab | 84.000 | 100.000 |
| 220 | 78.000 | 10.000 | 29.4 def | 64.000 | 88.000 |
| 240 | 72.000 | 19.000 | 23.6 f | 48.000 | 88.000 |
| 260 | 88.000 | 16.000 | 58.0 b-e | 56.000 | 96.000 |
| 280 | 80.000 | 13.000 | 33.6 c-f | 68.000 | 88.000 |
| 300 | 72.000 | 7.000 | 20.3 ef | 44.000 | 84.000 |
| P değeri | 0.000*** (H=103.32) | | | | |

IQR, Interquartile range; ***, İstatistiksel olarak önemlidir (Kruskal-Wallis, $P < 0.001$).

Guplar arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır (Dunn test, $P < 0.05$).

dozundan itibaren çimlenmenin gerçekleşmediğini bildirmişlerdir. Tuz (NaCl) stresinin tohumlarda su alımını azalttığı (Doğan ve Budaklı Çarpıcı 2016), yüksek tuzluluğun GA biyosentetik enzimlerini kodlayan genleri baskılayarak çimlenmeyi engellediği (Kim and Park 2008) ayrıca tuz stresinin birikmiş ABA'yı uyardığı (Li *et al.*, 2016), bu nedenle çimlenmenin azaldığı bildirilmektedir. Bizim çalışmamızda da muhtemelen yukarıda bahsedilen etkilerinden dolayı tuzluluk çimlenmeyi azaltıcı etki göstermiştir. Çalışmamızda tuz stresi çimlenmeyi azaltmakla birlikte, 0-200 mM tuz (NaCl) dozlarında çimlenme oranı %88-100 arasında değişmiş ve oldukça yüksek bulunmuştur.

Tuz (NaCl) stresi tohumların ortalama çimlenme süresini önemli derecede ($P < 0.001$) uzatmıştır. Kontrol grubunda ortalama çimlenme süresi 1.419 gün iken, bu süre 220 mM dozunda 2.881 güne uzamış ve istatistiki olarak ilk önemli fark 220 mM tuz uygulamasında gerçekleşmiştir. En uzun ortalama çimlenme süresi 300 mM NaCl'de gerçekleşmiştir (Çizelge 2). Tuz stresinin çimlenme süresini uzattığı sorgum ve diğer bitki türlerinde yapılan çalışmalar sonucunda ortaya konmuştur (Kara ve ark., 2011; Aydınşakir ve ark., 2012; Li *et al.*, 2016; Önal Aşçı ve Üney 2016). Tuz stresinin çimlenmeyi geciktirmesinde temel nedenin tohuma su girişini önlemesi olduğu bildirilmektedir (Kara ve ark., 2011).

Çizelge 2. Farklı tuz dozlarında sorgum fidelerinin çimlenme süreleri ve plumula uzunlukları.

Table 2. The germination times and plumula lengths of sorghum seedlings at different salt doses.

| NaCl (mM) | Çimlenme süresi (gün) | Plumula uzunluğu (cm) |
|-----------|-----------------------|-----------------------|
| | Ortalama ± SH | Ortalama ± SH |
| 0 | 1.419 ± 0.089 c | 10.346 ± 0.485 a |
| 20 | 1.309 ± 0.049 c | 9.734 ± 0.449 a |
| 40 | 1.353 ± 0.044 c | 9.666 ± 0.747 ab |
| 60 | 1.258 ± 0.040 c | 9.504 ± 0.443 ab |
| 80 | 1.492 ± 0.088 c | 8.484 ± 0.316 abc |
| 100 | 1.420 ± 0.061 c | 6.002 ± 0.757 d-g |
| 120 | 1.536 ± 0.079 c | 6.496 ± 0.428 cde |
| 140 | 1.538 ± 0.093 c | 5.984 ± 0.478 d-h |
| 160 | 1.483 ± 0.061 c | 7.338 ± 0.527 bcd |
| 180 | 1.629 ± 0.122 c | 6.284 ± 0.355 c-f |
| 200 | 1.422 ± 0.067 c | 8.422 ± 0.793 abc |
| 220 | 2.881 ± 0.089 b | 3.962 ± 0.285 f-ı |
| 240 | 2.782 ± 0.127 b | 3.610 ± 0.219 hı |
| 260 | 3.035 ± 0.127 ab | 3.640 ± 0.334 ghı |
| 280 | 3.121 ± 0.145 ab | 4.350 ± 0.329 e-ı |
| 300 | 3.401 ± 0.143 a | 3.350 ± 0.324 ı |
| P değeri | 0.000*** (F=67.44) | 0.000*** (F=25.54) |

***, İstatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.001$) Sütun içerisinde aynı harfi taşımayan değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (Tukey test, $P < 0.05$).

Yapılan varyans analizi sonucunda tuz stresinin sorgum fidelerinde hem gövde hem de kök gelişimini önemli derecede ($P < 0.001$) etkilediği belirlenmiştir. Ortamda bulunan tuz dozuna bağlı olarak incelenen parametrelerde artışlar ve azalışlar söz konusu olmuştur.

Plumula uzunluğundaki ilk önemli azalış 100 mM NaCl dozunda gerçekleşmiş ve 220 mM ve üzeri tuz dozları (220 ile 300 mM) plumula uzunluğuna en büyük olumsuz etkiyi yapmışlardır. Plumula yaş ağırlığı ise kontrol dozundan 160 mM dozuna kadar azalmışken, bu dozdan sonra 200 mM dahil olmak üzere 160-200 mM arasında artış sergilemiş ve tekrar azalmıştır. Tuzun istatistiki olarak olumsuz etkisi 240 mM ve üzeri dozlarda gerçekleşmiştir. Plumula kuru ağırlığı 200 mM dozu da dahil olmak üzere 0-200 mM arasında genellikle artış sergilemiş, 200 mM'dan sonra yeniden azalmaya başlamıştır. Ancak 200 mM tuz dozu dışında tüm uygulamalarda belirlenen plumula kuru ağırlık değerleri kontrol grubu ile istatistiki olarak farksız bulunmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Farklı tuz dozlarında sorgum fidelerinin plumula yaş ve kuru ağırlıkları.

Table 3. The fresh and dry plumula weights of sorghum seedlings at different salt doses.

| NaCl (mM) | Plumula yaş ağırlık (g) | Plumula kuru ağırlık (g) |
|-----------|-------------------------|--------------------------|
| | Ortalama± SH | Ortalama± SH |
| 0 | 0.434± 0.048 abc | 0.041± 0.005 b |
| 20 | 0.434 ±0.058 abc | 0.041± 0.009 b |
| 40 | 0.376± 0.043 bc | 0.043± 0.005 b |
| 60 | 0.383± 0.035 bc | 0.043± 0.006 b |
| 80 | 0.339± 0.030 b-e | 0.054± 0.005 ab |
| 100 | 0.282± 0.031 cde | 0.049± 0.006 ab |
| 120 | 0.287± 0.022 b-e | 0.051± 0.006 ab |
| 140 | 0.284± 0.015 b-e | 0.068± 0.015 ab |
| 160 | 0.611± 0.064 a | 0.084± 0.005 ab |
| 180 | 0.471± 0.027 ab | 0.070± 0.004 ab |
| 200 | 0.611± 0.076 a | 0.094± 0.008 a |
| 220 | 0.365± 0.030 bcd | 0.056± 0.010 ab |
| 240 | 0.170± 0.018 e | 0.076± 0.030 ab |
| 260 | 0.164 ±0.011 e | 0.039± 0.008 b |
| 280 | 0.187± 0.011 de | 0.039± 0.005 b |
| 300 | 0.162± 0.013 e | 0.049± 0.007 ab |
| P değeri | 0.000*** (F=14.01) | 0.001** (F=2.79) |

***, İstatistiksel olarak önemlidir (p<0.001) Sütun içerisinde aynı harfi taşımayan değerler istatistiki olarak birbirinden farklıdır (Tukey test, P<0.05).

Araştırma sonucunda tuz dozlarının kök gelişimine etkisi artış ve azalışlar şeklinde ortaya çıkmıştır. Özellikle 220 mM ve üzeri tuz dozları radikula uzunluğunda çok büyük azalışa (p<0.001) neden olmuştur (Çizelge 4). Radikula yaş ağırlığı bakımından kontrol ile karşılaştırıldığında her bir uygulamanın, istatistiki olarak kontrol ile aynı grupta olduğu görülmektedir. Radikula kuru ağırlığının ise 260 mM dozuna kadar genellikle kontrol grubundan fazla olduğu ve söz konusu doza kadar giderek arttığı belirlenmiştir. 260 mM ve üzeri dozlarda ise yeniden

azalmaya başlamıştır. Plumula ve radikula uzunluğunun azalması, yanı sıra yaş ağırlıklarının azalması, buna rağmen kuru ağırlıkta artışların olması, bitkinin muhtemelen düşük dozlarda su eksikliği yaşadığını, artan dozlarda stresi azaltmak için bazı maddeler sentezlediği ve/veya biriktirdiğini, yüksek dozlarda ise su eksikliği yanında toksik etki yaşadığını işaret etmektedir. Her ne kadar çalışmamızda belirlenmese de, Almodares *et al.*, (2014), tuz stresi karşısında sorgum bicolor çeşitlerinin kök ve gövdelerinde farklı miktarlarda Na ve Cl biriktirdiğini belirlemişlerdir. Yanı sıra en yüksek tuz dozu olarak 150 mM NaCl uygulamasının yapıldığı bir çalışmada, tuz dozları hem kökte hem de gövdede kuru ağırlığı, protein, prolin, aminoasit, toplam çözülebilir şeker miktarını, CAT ve GR enzim aktivitesini artırdığı bildirilmiştir (El-Omari and Nhiri 2015). Başka bir çalışmada ise 150 mM tuz dozuna kadar yaprağın klorofil ve karoten miktarının arttığını ve 200 mM da ise önemli düzeyde azaldığı belirlenmiştir (Temizgül *et al.*, 2016). Tuz stresi altında sorgum bitkisinin hem kök hem de gövdesinde betain birikiminin arttığı ortaya konmuştur (Grieve and Maas 1984). Çalışmamızda incelenen kök ve gövde gelişimine ait parametrelerde ortaya çıkan sonuçlar, yaşanan artış ve azalışlar, muhtemelen bizim çalışmamızda da yukarıda verine literatür bilgilerine benzer metabolik cevapların oluşmasından kaynaklanmıştır.

Çizelge 4. Farklı tuz dozlarında sorgum fidelerinin radikula uzunlukları, radikula yaş ve kuru ağırlıkları.

Table 4. The radicle lengths, fresh and dry radicle weights of sorghum seedlings at different salt doses.

| NaCl (mM) | Radikula uzunluğu (cm) | Radikula yaş ağırlığı (g) | Radikula kuru ağırlığı (g) |
|-----------|------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | Ortalama± SH | Ortalama± SH | Ortalama± SH |
| 0 | 11.534 ±0.755 ab | 0.152± 0.023 abc | 0.027 ±0.004 c |
| 20 | 10.946± 0.936 ab | 0.111± 0.020 bc | 0.031 ±0.006 bc |
| 40 | 10.322± 1.120 abc | 0.138± 0.024 bc | 0.032 ±0.007 abc |
| 60 | 11.730 ±1.015 ab | 0.166± 0.029 abc | 0.025 ±0.004 c |
| 80 | 8.564± 0.449 bcd | 0.313± 0.154 ab | 0.025± 0.003 c |
| 100 | 6.112± 0.924 d-g | 0.099± 0.021 bc | 0.038± 0.005 abc |
| 120 | 7.084 ±0.818 cde | 0.111± 0.014 bc | 0.038 ±0.004 abc |
| 140 | 4.567± 0.354 e-h | 0.096± 0.009 bc | 0.025± 0.006 c |
| 160 | 10.388± 0.962 abc | 0.208± 0.043 abc | 0.052± 0.008 ab |
| 180 | 6.706± 0.307 c-f | 0.215± 0.019 abc | 0.056 ±0.005 a |
| 200 | 12.484± 1.406 a | 0.382± 0.076 a | 0.055± 0.005 ab |
| 220 | 3.422 ±0.277 e-h | 0.106± 0.009 bc | 0.040 ±0.005 abc |
| 240 | 2.728± 0.238 gh | 0.047± 0.003 c | 0.035 ± 0.003 abc |
| 260 | 2.490 ±0.350 gh | 0.040± 0.004 c | 0.026± 0.004 c |
| 280 | 3.242± 0.328 fgh | 0.063± 0.007 c | 0.026± 0.003 c |
| 300 | 1.590± 0.305 h | 0.113± 0.040 bc | 0.031± 0.004 bc |
| P değeri | 0.000*** (F=25.38) | 0.000*** (F=3.80) | 0.000*** (F=4.83) |

SONUÇ

Tuz stresinin Sorgum×Sudanotu melezinde çimlenme ve fide gelişim özelliklerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmada uygulanan tuz dozları incelenen parametreler üzerinde artış ve azalışlara neden olmuştur. Araştırmada incelenen tüm parametreler birlikte değerlendirildiğinde, Sorgum×Sudanotu melezinin (*Sorghum bicolor*×*Sorghum sudanense*) "greengo" çeşidinin çimlenme ve fide gelişimi bakımından 220 mM tuz (NaCl) dozuna kadar olan (0-200 mM aralığında) tuz uygulamalarını tolere edebileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Almodares A., Hadi MR., Kholdebarin B., Samedani B and Kharazian ZA., 2014. The response of sweet sorghum cultivars to salt stress and accumulation of Na^{sup+}, Cl^{sup-} and K^{sup+} ions in relation to salinity. *Journal of Environmental Biology*, 35: 733-739.
- Arslan M., Erdurmuş C., Öten M., Aydınoğlu B ve Çakmakçı S., 2017. Sorgum ve bazı bitkilerin ile farklı oranlarda karışımlarından hazırlanan silajların kalite özellikleri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14: 34-41.
- Aydınşakir K., Erdurmuş C., Büyüktaş D ve Çakmakçı S., 2012. Tuz (NaCl) stresinin bazı silajlık sorgum (*Sorghum bicolor*) çeşitlerinin çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 25: 47-52.
- Baran MS ve Kocabağlı N., 2000. Tane sorgumun süt ineklerinde ruminal fermentasyon, süt verimi ve sütün bileşimi üzerine etkisi. *İstanbul Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 26: 113-128.
- Cemek B., Güler M ve Arslan H., 2006. Bafra Ovası sağ sahil sulama alanındaki tuzluluk dağılımının coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37: 63-72.
- Çiğdem G ve Uzun F., 2006. Samsun ili taban alanlarında ikinci ürün olarak yetiştirilebilecek bazı silajlık sorgum ve mısır çeşitleri üzerine bir araştırma. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21: 14-19.
- Çulha Ş ve Çakırlar H., 2011. Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11: 11-34.
- Doğan R ve Budaklı Çarpıcı E., 2016. Farklı tuz konsantrasyonlarının bazı tritikale hatlarının çimlenmesi üzerine etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 19: 130-135.
- Ekmekçi E., Apan M ve Kara T., 2005. Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20: 118-125.
- El-Omari R and Nhiri M., 2015. Adaptive response to salt stress in sorghum (*Sorghum bicolor*). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 15: 1351-1360.
- Geren H ve Kavut YT., 2009. İkinci ürün koşullarında yetiştirilen bazı sorgum (*Sorghum* sp.) türlerinin mısır (*Zea mays* L.) ile verim ve silaj kalitesi yönünden karşılaştırılması üzerine bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 46: 9-16.
- Grieve CM and Maas EV., 1984. Betaine accumulation in salt-stressed sorghum. *Physiologia Plantarum*, 61(2): 167-171.
- Güngör H., Çıkılı Y ve Dumlupınar Z., 2017. Bazı ticari ve yerel yulaf genotiplerinin çimlenme ve fide gelişimi üzerine tuz stresinin etkileri. *Doğa Bilimleri Dergisi*, 20: 263-267.
- İsmail AM., 2003. Response of maize and sorghum to excess boron and salinity. *Biologia Plantarum*, 47: 313-316.
- Kanber R., Çullu MA., Kendirli B., Antepli S ve Yılmaz N., 2005. Sulama, drenaj ve tuzluluk. *Ziraat Mühendisleri Odası 6. Teknik Kongresi 3-7 Ocak, Ankara*.
- Kara B., Akgün İ ve Altındal D., 2011. Triticale genotiplerinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine tuzluluğun (NaCl) etkisi. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 25: 1-9.
- Karadağ Y ve Özkurt M., 2014. İkinci ürün olarak yetiştirilebilecek silajlık sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) çeşitlerinde farklı sıra aralıklarının verim ve kalite üzerine etkisi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 31: 19-24.
- Kim SG and Park CM., 2008. Gibberellic acid-mediated salt signaling in seed germination. *Plant Signaling & Behavior*, 3: 877-879.
- Kuşvuran Ş., 2010. Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar. *Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana*.
- Li W., Yamaguchi S., Khan MA., An P., Liu X and Tran LSP., 2016. Roles of gibberellins and abscisic acid in regulating germination of suaeda salsa dimorphic seeds under salt stress. *Frontiers in Plant Science*, 6: 1-10.
- Matthews S and Khajeh-Hosseini M., 2007. Length of the lag period of germination and metabolic repair explain vigour differences in seed lots of maize (*Zea mays*). *Seed Science and Technology*, 35: 200-212.
- Önal Aşçı Ö., 2011. Salt tolerance in red clover (*Trifolium pratense* L.) seedlings. *African Journal of Biotechnology*, 10: 8774-8781.
- Önal Aşçı Ö ve Üney, H., 2016. Farklı tuz yoğunluklarının macar fiğinde (*Vicia pannonica* Crantz) çimlenme ve bitki gelişimine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 5: 29-34.
- Özkorkmaz F ve Yılmaz N., 2017. Farklı tuz konsantrasyonlarının fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) ve börülcede (*Vigna unguiculata* L.) çimlenme üzerine

- etkilerinin belirlenmesi. Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7: 196-200.
- Salman A ve Budak B., 2015. Farklı sorgumxsudanotu melezi (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense* Stapf.) çeşitlerinin verim ve verim özellikleri üzerine bir araştırma. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 12: 93-100.
- Temizgül R., Kaplan M., Kara R ve Yılmaz S., 2016. Effects of salt concentrations on antioxidant enzyme activity on grain sorghum. Current Trends in Natural Sciences, 5: 171-178.
- Turhan A ve Şeniz V., 2010. Salt tolerance of some tomato genotypes grown in Turkey. Journal of Food, Agriculture & Environment, 8: 332-339.
- Türkeş M., Sümer UM ve Çetiner G., 2000. Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri. Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları, <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklimetkileri.pdf>. [15 Haziran 2018].

Aydın İlinde Yetiştirilen Bazı Buğday Çeşitlerinin Tane Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi^a

Kübra Benli¹ Yakup Onur Koca^{2*}

¹Ziraat Mühendisi, Aydın

²Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Aydın

Geliş tarihi (Received): 16.08.2018

Kabul tarihi (Accepted): 20.10.2018

Anahtar kelimeler:

Buğday, verim, protein oranı, yağ oranı, nişasta oranı

Özet. Bu çalışmada; bölgede ana ürün koşullarında kışlık olarak yoğun yetiştirilen buğday çeşitlerinin tane verimi, bazı verim öğeleri (m^2 de başak sayısı, başak boyu, başakta tane sayısı ve bin tane ağırlığı) ve kalite performanslarının (protein oranı, yağ oranı, nişasta oranı, lif oranı ve kül oranı) belirlenmesi amacıyla, Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesinde 2017 ve 2018 yıllarında yürütülmüştür. Cumhuriyet, Ceyhan 99, Ziyabey, Basribey ve Golia çeşitleri çalışmanın materyalini oluşturmuştur. İki yıllık çalışmadan elde edilen değerler ile yapılan varyans analizi sonucunda; yıllar arasında fark önemli bulunmuştur. Tane verimi 400 kg da^{-1} - 706 kg da^{-1} , bin tane ağırlığı 31.9 g - 58.3 g başakta tane sayısı değeri 26.3 - 40.8 adet, m^2 de başak sayısı değeri ise 400 - 555 adet olarak belirlenmiştir. Tane kalite özellikleri bakımından yıllar arasında farklılık daha belirgin olmuştur. Çalışmanın her iki yılında ölçülen protein oranı ortalamaları (sırasıyla $\%17.0$ - $\%14.7$) ekmeçlik buğday için aranan minimum değerden ($\%12$) ve bölge ortalamasından ($\%13$ - $\%14$) yüksek bulunmuştur. Cumhuriyet çeşidi ilk yıl gösterdiği protein oranı ($\%18.3$) ile potansiyelini kanıtlamıştır. Basribey çeşidi ikinci yıl yüksek nişasta oranı ($\%63,2$) ile öne çıkmıştır. Tane verimi bakımından Cumhuriyet ve Ziyabey çeşitleri önerilebilir. Buna ek olarak Cumhuriyet çeşidi iri taneli yapısı (yüksek bin tane ağırlığı) ile öne çıkmıştır.

*Sorumlu yazar
yokoca@adu.edu.tr

Determination of Yield and Quality Performance of Some Wheat Varieties in the Aydın Province

Keywords:

Wheat, yield, protein rate, oil rate, starch rate

Abstract. The purpose of this study is determined that yield, some yield components (the number of spikes per m^2 , spike height, number of grain per spikes and thousand grain weight) and some quality characteristics (rate of protein, oil, starch, fibre and ash) of some wheat varieties grown extensively in winter main crops in the Aydın province. The experiment was carried out at Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture in 2017 and 2018. Cumhuriyet, Ceyhan 99, Ziyabey, Basribey and Golia produced the material of the study. As a result of the variance, the difference between years was found to be significant. It was measured that grain yield was in the range of 4000 kg ha^{-1} - 7060 kg ha^{-1} , number of grain per spike was in the range of 26.3 - 40.8 and thousand grain weight and the number of spikes per m^2 values were in the range of 31.9 g - 58.3 g and 400 - 555 respectively. The difference between years was more apparent in terms of grain quality characteristics. The protein averages of two years (17.0% - 14.7% respectively) were found to be higher than the required minimum value for bread wheat (12%) and the protein average of region (13% - 14%). Cumhuriyet proved its potential with protein (18.3%) in the first year and Basribey came to the fore with a high starch (63.2%) in the second year. Cumhuriyet and Ziyabey can be suggested for grain yield. Cumhuriyet has also come forward with its coarse grain structure (high thousand grain weight).

ORCID ID (Yazar sırasına göre/By author order)

 0000-0002-6644-4160  0000-0002-0753-0077

^aBu makale, birinci yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

GİRİŞ

Dünya da ve Türkiye’de bütün iklim kuşaklarında buğday yetiştirilebilmektedir. Buğday, insanların temel gıdasını oluşturan ekmeğin hammaddesi olmasının yanı sıra birçok bölge için de kültürü temsil eden bir yapı oluşturmuştur. Büyük alanlarda üretimi gerçekleştirilen ve farklı bölgelere adapte olmuş dünyanın en önemli bitkilerinden biri olan buğday, toplam nüfusun yaklaşık üçte birinin beslenmesinde kullanılmaktadır. Genel olarak alınan kalorinin ve proteinin yaklaşık yarısını sağlamaktadır (Dhanda *et al.*, 2004). FAO rakamlarına göre 2016 yılında dünyada yaklaşık 220 milyon ha ekim alanından, yaklaşık 750 milyon ton üretim gerçekleştirilmiştir. Bu değerler ile buğday, tahıllar içerisinde hem ekim alanı hem de üretim bakımından ilk üç sıranın içinde yer almaktadır (FAO 2016).

Yeşil devrim sonrası dünyadaki yenilenen buğday üretimindeki gelişmeler yakından izlenerek Türkiye’ye adapte edilmeye çalışılmıştır. Ülkemizde buğday, her bölgede yetiştirilebilmekle birlikte özellikle İç Anadolu Bölgesi’nde yaygın olarak üretilmektedir. FAO rakamlarına göre yaklaşık 7.6 milyon ha ekim alanından 20.6 milyon ton ürün alınmaktadır (FAO 2016). Ülkemiz çok farklı iklimlerin hüküm sürdüğü bölgelere sahiptir. Öyle ki, bazı bölgelerimizde kışın yoğun kar yağışının etkili olduğu sıralarda diğer bazı bölgelerde denize girebilecek yumuşaklıkta hava koşulları olabilmektedir. Buğday ekim alanı bakımından ülkemizde en yüksek değere sahip olup ve sözü edilen bütün bölgelerimizde de belli oranlarda yetiştirilmektedir. Toprak Mahsulleri Ofisi 2017 yılı hububat raporuna göre; ekmeçlik buğday İç Anadolu Bölgesinde yoğun olarak yetiştirilmiştir (%32). Bunu Marmara Bölgesi (%18), Güney Doğu Anadolu Bölgesi (%15) ve Akdeniz Bölgesi (%11) izlemektedir. En düşük pay ise %7 olarak Ege ve Doğu Anadolu Bölgelerine aittir (TMO 2017). Nadas alanları hariç toplam tarım alanını (17.8 milyon ha) yaklaşık %10'luk kısmının bulunduğu (Ereul *et al.*, 2009) Ege bölgesinde her yıl ortalama 850-900 bin ha alanda buğday ekimi yapılmakta ve yaklaşık 1.5 milyon ton civarında ürün elde edilmektedir. Bölgede verim yaklaşık 310- 320 kg da⁻¹ iken Akdeniz ikliminin hakim olduğu kıyı şeridinde ise verim yaklaşık 450-500 kg da⁻¹ dir (Erkul 2006).

Bitki ıslahçılarının temel hedefi verimi yüksek çeşitler geliştirmektir. Ancak bu şekilde artan besin ihtiyaçlarını karşılayabilmek mümkün olacaktır. Geçmişten günümüze, farklı iklim kuşaklarında bulunan bölgelerde ekolojik koşullara uyum sağlayan, yüksek verimli genotipler ıslah edilmiştir. Fakat tane veriminin yükselmesi tane kalitesini ve içeriğini

etkileyerek protein oranı gibi bazı parametrelerin oransal olarak düşmesine sebep olmuştur (Nazar *ve ark.*, 2012). ıslahçılar yeni ihtiyaçlara uygun (hem yüksek verimli hem de yüksek kaliteli) yüksek tane verimi koşullarında tane kalitesini de yükseltebilecek çok sayıda ıslah çalışmaları yapılmış ve birçok ileri ıslah hattının belirlenmesi hedeflenmiştir (Mut *ve ark.*, 2005). Bununla birlikte birçok yeni çeşit ortaya çıkmasına rağmen özellikle milenyumdan itibaren artan iklim değişimleri ve mevsimsel kaymalar tarımsal üretimi olumsuz etkilemiştir. Bazı yıllar erken gelen kuraklık, yüksek aylık ortalama sıcaklıklar bazı yıllarda ise ani yoğun yağışlar ve kışın daha uzun süren düşük sıcaklıkların etkisiyle üretimi yapılan bitkiler yoğun stres koşulları ile mücadele etmek zorunda kalmaktadır. Bu durum uzun çabalarla ıslah edilen, bölgelerin ekolojilerine uygun bu genotiplerin farklılaşmasına sebep olabilmektedir (Borghi *et al.*, 1997). Bazı genotipler vejetasyon döneminde oluşan ani iklimsel değişimlere dayanabilmekte, bazıları ise bu koşullara daha hassas olup, daha büyük reaksiyonlar verebilmektedir. Yılda yıla değişmekle birlikte bazı bölgelerde üretimde sert düşüşler olabilmektedir. Bu çalışmada kıyı Ege koşullarına uygun uzun yıllardır üretimi yapılan çeşitlerin verim, verim öğeleri ve tane kalitesi açısından değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

MATERYAL VE METOT

2017 ve 2018 yıllarında Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesinde kışık ana ürün koşullarında çalışmamız yürütülmüştür. Denemede materyal olarak Cumhuriyet, Ceyhan 99, Ziyabey, Basribey ve Golia çeşitleri olmak üzere 5 farklı ekmeçlik buğday çeşidi kullanılmıştır. Çeşitlerin genel özellikleri, bölgede ve tipik Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü diğer bölgelerde geniş alanlarda kışık ana ürün olarak uzun yıllardır yetiştirilmeleridir. Tarla denemesinin kurulduğu alandan alınan toprak örneklerinin analizi sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir.

Araştırma sahasının toprak özelliklerini ortaya koymak için farklı noktalardan 0-30 cm Çizelge 1 de verilen toprak özellikleri değerlendirildiğinde; kumlu tınlı bünyeye sahip, reaksiyonu alkali karakterli (pH 8,0) ve organik madde miktarı (%2,0) bakımından düşük olduğu söylenebilir. Toprakta potasyum (K) miktarı düşük (176 ppm) ve fosfor (P) miktarı ise yüksek (21 ppm) düzeyde bulunmuştur. Aydın ilinde tipik Akdeniz iklimi hüküm sürmektedir. İklim özelliklerini daha iyi açıklayabilmek için Ziraat Fakültesinde bulunan meteoroloji istasyonundan denemenin yürütüldüğü yıllara ait (2017 ve 2018) aylık ortalama

Çizelge 1. Aydın ilinde çalışmanın yürütüldüğü deneme alanının toprak analiz sonuçları.

Table 1. Soil analysis results of the experiment area in which the study was carried out in Aydın province.

| Toprak Tekstürü (%) | | | | | | |
|---------------------|-------------|------|--------|-------------------|---------|---------|
| Kum | Mil | Kil | Ph | Organik Madde (%) | P (ppm) | K (ppm) |
| 72 | 16.7 | 11.3 | 8.0 | 2.0 | 21 | 176 |
| | Kumlu tınlı | | Yüksek | Düşük | Yüksek | Düşük |

Çizelge 2. Aydın ilinin buğday üretim dönemindeki 2017, 2018 ve uzun yıllar (1960-2014) ortalama sıcaklık ve toplam yağış verileri.

Table 2. The average temperature and total rainfall data of Aydın Province during the wheat production period of 2017 and 2018 and as long term average (1960-2014).

| Aylar | Ortalama Sıcaklık (°C) | | | Toplam Yağış (kg m ⁻²) | | |
|----------------------------|------------------------|------|-------------|------------------------------------|-------|-------------|
| | 2017 | 2018 | Uzun Yıllar | 2017 | 2018 | Uzun Yıllar |
| Aralık (bir yıl önceki) | 6.2 | 11.0 | 9.8 | 11.9 | 98.9 | 117.6 |
| Ocak | 6.4 | 8.6 | 8.3 | 221.5 | 119.2 | 99.6 |
| Şubat | 10.2 | 12.3 | 9.0 | 21.7 | 112.9 | 86.8 |
| Mart | 13.2 | 15.1 | 11.9 | 112.5 | 68.8 | 73.8 |
| Nisan | 16.5 | 19.8 | 15.9 | 46.4 | 8.6 | 54.0 |
| Mayıs | 20.9 | 23.2 | 21.1 | 45.0 | 71.0 | 36.2 |
| Haziran | 26.3 | 25.8 | 26.2 | 16.0 | 28.5 | 11.6 |

sıcaklık ve yağış değerleri alınmıştır. Buna Aydın iline ait uzun yıllar ortalamaları eklenerek Çizelge 2' de verilmiştir.

Çizelge 2 incelendiğinde denemenin yapıldığı birinci yıl (2017) buğday üretim sezonunda (Aralık - Haziran) aylık ortalama sıcaklık değerlerinin ikinci yıldan düşük olduğu söylenebilir. Aylık yağış miktarları incelendiğinde, yıl içinde farklı dalgalanmalar olduğu görülmektedir. İlk yıl Aralık ve Şubat ayları çok kurak geçerken ikinci yıl Nisan ayı çok kurak geçmiştir. Aralık ayında bitkilerin çok küçük olması ve suya fazlaca ihtiyaç duymamaları ilk yılın kuraklık etkisini azaltmış olabilir. Ocak ayında ciddi yağış olması Şubat ayındaki etkiyi de düşürmüştür. Ayrıca bu aylarda daha düşük hava sıcaklıkları da etkinin azalmasında olumlu bir faktör olarak görülebilir. İkinci yıl ise yüksek aylık ortalama sıcaklıklar ve Nisan ayındaki düşük yağış kuraklık etkisini göstermiş olabilir. Bunun sonucu olarak ikinci yılın daha sıcak ve tane dolunun döneminde daha kurak olduğu söylenebilir.

Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre, 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Uzunluğu 10 m olan, arası 20 cm olarak belirlenmiş 6 sıradan (1.2 m) oluşan parseller buğday ekim mibzeri ile ekilmiştir (19.11.2016 – 22.11.2017). Tohum miktarı m²'de 500 bitki sıklığı olacak şekilde ayarlanmıştır. Ekim sırasında parsel alanı yaklaşık 12 m² olmuştur. Çıkış tarihleri her iki yılda sırasıyla 3 ve 8 Aralık olarak belirlenmiştir. Taban gübresi olarak ekim öncesinde saf olarak 5 kg da⁻¹ azot, 5 kg da⁻¹ P₂O₅ ve 5 kg da⁻¹ K₂O olacak şekilde

kükürt katkılı 15-15-15 gübresi atılmıştır. Üst gübreleme üre gübresi ile kardeşlenme sonu (6 kg da⁻¹ saf N) ve sapa kalkma sonu (6 kg da⁻¹ saf N) dönemlerinde 2 defa yapılmıştır. Her iki yılda bitkiler yaklaşık süt olum dönemin ortalarında 1 defa (Nisan ayı başında) sulanmıştır. Tane verimi ölçümü; parsel başı ve sonundan 1.5 m atıldıktan sonra parselin ortasındaki 4 sıranın (5.6 m²) hasat edilmesi (06.06.2017 – 28.05.2018) sonucu belirlenmiştir. Araştırmada, m² de başak sayısı, başak boyu, başakta tane sayısı gibi diğer tüm ölçümler (bazıları bu çalışmada verilmedi) parselin her iki tarafında bırakılan 1.5 m lik kısımda (hasat edilen kısma yakın yaklaşık 0.5 m'lik alanlarda) yapılmıştır. Hasat edilen kısım deneme patozundan geçirilerek elde edilen taneler tartılmıştır. Elde edilen değer dekara çevrilerek verim (kg da⁻¹) hesaplanmıştır. Taneler her çeşit için tekerrürlü olarak 5 defa yüz sayılarak ve ortalama 10 ile çarpılarak bin tane ağırlığı değerleri ölçülmüştür. Buna ek olarak tane kalitesi analizleri (tanede protein, nişasta, yağ, kül ve lif) için Adnan Menderes Üniversitesi bünyesindeki TARBIYOMER laboratuvarında bulunan NIRS-FT (Bruker MPA) aleti kullanılmıştır. Ölçümler için aletin yaklaşık 9 cm çapındaki haznesine, 2.8 cm derinliğinde örnek konularak analizler gerçekleştirilmiştir (Gislum et al., 2004). Tekerrürlü olarak elde edilen özellikleri veriler tesadüf blokları deneme desenine göre TARIST paket programı kullanılarak analizi (varyans analizi) edilmiştir (Açıkgöz ve ark., 2004). Ortalamaların karşılaştırılması EKÖF (0.05) ile yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın her iki yılından elde edilen sonuçlar varyans analizine tabi tutulmuş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 3 de verilmiştir. Varyans analizi sonuçları değerlendirildiğinde ölçülen özelliklerin tamamına yakınında çeşit, yıl ve çeşit*yıl interaksyonu önemli görülmüştür. Sadece tane verimi, m² de başak sayısı ve başakta tane sayısı yıllar arasında istatistiki olarak önemli değilken, çeşit*yıl interaksyonu bakımından önemli bulunmuştur. Elde edilen bu sonuç Krejčířová *et al.* (2007) bildirdiği tahıllarda tane verimi ve verimi öğelerinin çevre koşullarından yüksek derecede etkilenir ve yıldan yıla farklı sonuçlar ortaya çıkabilir görüşü ile paralellik göstermiştir. Bu sebeple elde edilen sonuçlar Çizelge 4 ve Çizelge 5' de yıllara göre ayrı ayrı verilmiştir. Ayrıca her iki çizelgenin alt tarafında çeşit değişeni için hesaplanan en küçük önemli fark (EKÖF) değerleri de verilmiştir.

Çalışmanın her iki yılında ölçülen tane verimi, m²'de başak sayısı, başak boyu, başakta tane sayısı, bin tane ağırlığı değerleri Çizelge 4' de verilmiştir.

Çalışmanın birinci yılından elde edilen tane verimi ve verim öğeleri değerleri incelendiğinde (Çizelge 4), Ceyhan 99 (555.0) ve Cumhuriyet (549.5) çeşitlerinin m² de başak sayısı değerinde maksimum performanslar gösterdiği söylenebilir. Cumhuriyet çeşidi başak boyu (10,6 cm) ve bin tane ağırlığı (58.3 g) değerleriyle de öne çıkmıştır. İlk yıl yüksek verim öğeleri gösteren Cumhuriyet çeşidinin tane verimi değeri (694.4 kg da⁻¹) de çalışmadan elde edilen en yüksek değer olmuştur. Buna ek olarak çalışmanın ilk yılında yüksek sayılabilecek verim öğeleri ile öne çıkan Ceyhan 99 ve Ziyabey çeşitleri en yüksek ikinci ve üçüncü tane verimi değerlerini göstermiştir (sırasıyla 654.4 kg da⁻¹ – 583.4 kg da⁻¹).

Çizelge 3. Ölçülen özelliklere ilişkin varyans analizi sonucunda hesaplanan kareler ortalaması değerleri.

Table 3. Result of variance analysis with the calculated values of squared averages.

| Varyans Kaynağı | TV | M ² B | BB | BTS | BTA | PO | YO | NO | LO | KO |
|-----------------|----------|------------------|--------|---------|-------|--------|-------|---------|-------|-------|
| Çeşit | 117532** | 12189* | 11.3** | 83.1* | 357** | 4.1** | 0.7** | 31.8** | 0.1** | 0.0öd |
| Yıl | 301öd | 1587öd | 18.4** | 29.2öd | 257** | 56.2** | 0.8** | 648.7** | 0.4** | 1.1** |
| Ç*Y | 30434** | 17618** | 4.0** | 203.9** | 101** | 9.5** | 0.8** | 27.7** | 0.2** | 0.4** |
| Genel | 19102 | 5681 | 2.3 | 49.3 | 72.3 | 3.0 | 0.2 | 23.6 | 0.1 | 0.1 |

TV: Tane verimi, M²B: m² de başak sayısı, BB: başak boyu, BTS: başakta tane sayısı, BTA: bin tane ağırlığı, PO: protein oranı, YO: yağ oranı, NO: nişasta oranı, LO: lif oranı ve KO: kül oranı.

Çizelge 4. Çalışmada ölçülen m²'de başak sayısı, başak boyu, başakta tane sayısı, bin tane ağırlığı ve tane verimi değerleri (2017 ve 2018).

Table 4. the number of spikes per m², spike height, number of grain per spikes, thousand grain weight and yield values measured at the study (2017 and 2018).

| Çeşit | m ² Başak Sayısı (adet) | Başak Boyu (cm) | Başakta Tane Sayısı (adet) | Bin tane Ağırlığı (g) | Verim (kg da ⁻¹) |
|------------|------------------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------------|------------------------------|
| 2017 | | | | | |
| Basribey | 438.5 | 6.3 | 29.1 | 39.5 | 408.1 |
| Ceyhan 99 | 555.0 | 7.5 | 38.2 | 45.6 | 654.4 |
| Cumhuriyet | 549.5 | 10.6 | 33.5 | 58.3 | 694.4 |
| Golia | 453.5 | 6.5 | 26.3 | 47.6 | 414.1 |
| Ziyabey | 407.5 | 8.0 | 44.4 | 43.1 | 583.4 |
| Ortalama | 480.8 | 7.8 | 34.3 | 46.8 | 550.9 |
| EKOF (%5) | 32.3 | 0.7 | 8.8 | 4.7 | 112.6 |
| 2018 | | | | | |
| Basribey | 467.0 | 9.7 | 40.8 | 35.0 | 485.9 |
| Ceyhan 99 | 433.0 | 9.3 | 34.4 | 44.6 | 455.7 |
| Cumhuriyet | 508.0 | 10.1 | 29.7 | 51.1 | 679.3 |
| Golia | 400.0 | 7.7 | 39.6 | 31.9 | 400.0 |
| Ziyabey | 533.0 | 8.7 | 35.5 | 46.3 | 706.2 |
| Ortalama | 468.2 | 9.1 | 36.0 | 41.8 | 545.4 |
| EKOF (%5) | öd | 0.8 | öd | 10.2 | 115.8 |

Çalışmanın ikinci yılında m^2 de başak sayısı bakımından en yüksek performansı Ziyabey (533) ve Cumhuriyet (508) çeşitleri göstermiştir. Başak boyu değeri olarak Cumhuriyet (10,1 cm), Basribey (9.7 cm) ve Ceyhan 99 (9.3 cm) çeşitleri öne çıkmıştır. En yüksek başakta tane sayısı değeri Basribey (40.8) çeşidinden elde edilirken, en yüksek bin tane ağırlığı ise Cumhuriyet (51.1 g) ve Ziyabey (46.3 g) çeşitlerinden elde edilmiştir. Denemenin ilk yılına benzer şekilde Ziyabey (706.2 kg da^{-1}) ve Cumhuriyet (679.3 kg da^{-1}) çeşitleri tane verimi açısından öne çıkmıştır. Sadece ikinci yılda Ceyhan 99 çeşidi (455.7 kg da^{-1}) ilk yıldaki gibi bir performans göstermemiştir.

Tane verimi ve verim ögeleri açısından iki yıl veriler birlikte değerlendirildiğinde başak boyu ve bin tane ağırlığı değerleri üzerine yılların etkisi istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Buna ek olarak m^2 de başak sayısı, başakta tane sayısı ve tane verimi özelliklerinde ise çeşit*yıl interaksyonu ile yılın önemi gözlemlenmiştir. Birinci yıl ortalamaları açısından m^2 de başak, bin tane ağırlığı ve tane verimi değerleri ikinci yıl ortalamalarından yüksek bulunmuştur. Özellikle birinci yıl için hesaplanan bin tane ağırlığı ve tane verimi ortalamalarının yüksek olma sebebi yıllar arasındaki iklimsel farklılıklar olabilir. Çizelge 2' deki iklim verileri incelendiğinde ikinci yıl tüm aylarda ve özellikle Nisan ve Mayıs aylarındaki yüksek sıcaklık ortalamaları dikkat çekmektedir. Buna ek olarak ikinci yıl Nisan ayında çok düşük bir yağış değeri ölçümlenmiştir. Veriler ışığında ikinci yıl Nisan ayı daha sıcak ve kurak olduğu söylenebilir. Buğday bitkisi için yoğun olarak tane dolum süreci olarak tanımlanabilecek Nisan ayında bir kez sulama yapılmasına karşın yine de stres koşulları oluşmuş olabilir. Genel olarak bitkilerin bundan etkilendiği söylenebilir. Cumhuriyet çeşidi her iki yıl başak boyu ve bin tane ağırlığı değerlerinde yüksek ortalamalar göstermiştir. Buna paralel olarak çeşit, Ziyabey çeşidi ile birlikte her iki yıl en yüksek tane verimi değerlerini vermiştir. Çalışmada incelenen diğer çeşitler yıllara göre farklı performanslar göstermiştir. Buğdayın tane verimi ve kalite özellikleri çeşitlerin genetik kapasitelerinin (Krejcirova *et al.*, 2007) yanı sıra özellikle tane dolum döneminde iklim faktörlerine, yetiştirme şartlarına, tarımsal uygulamalara (Branlard *et al.*, 2001) ve topraktaki besin elementlerinin varlığına bağlıdır (Baresel *et al.*, 2008). Cumhuriyet çeşidinin daha iri başaklı ve iri tanelere sahip olduğu söylenebilir. Çalışmada yüksek verimi ve makul bin tane ağırlığı değeriyle Ziyabey çeşidi de öne çıkmıştır. Sadece tane verimi ön planda üretim yapılacaksa her iki çeşidinde üretilebileceği söylenebilir. Bu çeşitler kıyı Ege kuşağında yapılan birçok çalışmada benzer

sonuçlar vermiştir (Zeybek ve ark., 2005; Altınbaş ve ark., 2004; Ereku ve ark., 2005).

Çalışmada yer alan çeşitler tane kalitesi özellikleri açısından değerlendirildiğinde (Çizelge 5) ilk yıl tanede kül oranı en yüksek olan çeşit Golia (%2.3) çeşidi olarak göze çarpmaktadır. Tanede yağ oranı değerinde maksimum performansı %1.8 ile Ziyabey çeşidi gösterirken, Cumhuriyet (%3.8) ve Basribey (%3.6) çeşitleri maksimum lif oranı değerlerini vermiştir. Cumhuriyet çeşidi maksimum lif oranı değerinin yanı sıra maksimum protein oranı değerini de (%18.3) vermiştir. Tanede nişasta oranında ise Ziyabey (%54.2) çeşidi en yüksek performansı göstermiştir.

İkinci yıl ilk yıldan farklı olarak Golia çeşidi tane yağ oranı (%2.3), lif oranı (%3.7) ve protein oranı (%15.8) değerleri bakımından yüksek performans göstermiştir. Tane yağ oranında Cumhuriyet (%2.4) ve tanede protein oranında Ceyhan 99 (%15.7) çeşitleri Golia çeşidiyle birlikte yüksek değerler gösteren grupta yer almıştır. Tanede kül oranı değeri bakımından maksimum performans %1.7 ile Ceyhan 99 çeşidi göstermiştir. Tanede nişasta oranı değerinde ise Basribey (%63.2) çeşidi en yüksek değeri vermiştir. Tane kalitesi ögeleri açısından iki yıl veriler birlikte değerlendirildiğinde, öncelikle tane verimi ve verim ögeleri kadar net bir sonuç oluşmadığı görülebilir. Kalite parametrelerinde yıllar arasındaki fark daha belirgin olarak ortaya çıkmıştır. Öyle ki birinci yıl kül oranı değerinde en yüksek sonucu veren Golia çeşidi ikinci yıl çeşitler arasında en düşük değeri vermiştir. Benzer şekilde ilk yıl en yüksek tanede protein oranını veren Cumhuriyet çeşidi ikinci yıl çeşitler arasında en düşük değeri vermiştir. Tanede lif oranı değerinde ise ilk yıl en yüksek değerleri veren Basribey ve Cumhuriyet çeşitleri ikinci yıl diğer çeşitlere göre vasat denilebilecek değerler vermiştir. Sadece tanede nişasta oranında ilk yıl en yüksek değeri veren Ziyabey çeşidi, çalışmanın ikinci yılında da makul değer göstermiştir. Tanede kalite parametreleri çevre koşullarından önemli oranda etkilenmektedir (Kara ve Gül 2013). Yapılan birçok çalışmada tahıllarda çevre ve iklim koşullarının tane kalitesi üzerine etkisi vurgulanmıştır (Egesel ve ark., 2009; Koca ve ark., 2009; Ereku ve ark., 2016). Yıllar arasında iklim verileri açısından büyük farklılıklar gözlenmiştir (Çizelge 2). 2017 yılının buğday üretim sezonunda (Aralık - Haziran) aylık ortalama sıcaklık değerlerinin 2018 den düşük olduğu söylenebilir. Aylık yağış miktarları incelendiğinde, yıllar içinde farklı dalgalanmalar olduğu görülmektedir. İlk yıl Aralık ve Şubat ayları çok kurak geçerken ikinci yıl Nisan ayı çok kurak geçmiştir. Aralık ayında bitkilerin çok küçük olması ve suya fazlaca ihtiyaç duymamaları ilk yılın kuraklık etkisini

Çizelge 5. Çalışmada ölçülen tanede kül oranı, tanede yağ oranı, tanede lif oranı, tanede protein oranı ve tanede nişasta oranı değerleri (2017 ve 2018).

Table 5. *protein rate, oil rate, starch rate, fiber rate and ash values measured at the study (2017 and 2018).*

| Çeşit | Kül Oranı (%) | Yağ Oranı (%) | Lif Oranı (%) | Protein Oranı (%) | Nişasta Oranı (%) |
|------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|
| 2017 | | | | | |
| Basribey | 1.7 | 1.4 | 3.6 | 16.8 | 50.0 |
| Ceyhan 99 | 1.6 | 1.4 | 3.5 | 17.5 | 49.4 |
| Cumhuriyet | 1.6 | 1.6 | 3.8 | 18.3 | 48.0 |
| Golia | 2.3 | 1.4 | 3.4 | 17.3 | 50.9 |
| Ziyabey | 1.6 | 1.8 | 3.4 | 15.2 | 54.2 |
| Ortalama | 1.8 | 1.5 | 3.5 | 17.0 | 50.5 |
| EKOF (%5) | 0.19 | 0.14 | 0.20 | 0.61 | 1.22 |
| 2018 | | | | | |
| Basribey | 1.5 | 1.8 | 3.3 | 14.5 | 63.2 |
| Ceyhan 99 | 1.7 | 1.1 | 3.2 | 15.7 | 58.4 |
| Cumhuriyet | 1.4 | 2.4 | 3.3 | 12.3 | 57.3 |
| Golia | 1.1 | 2.3 | 3.7 | 15.8 | 54.7 |
| Ziyabey | 1.5 | 1.4 | 3.1 | 15.0 | 59.2 |
| Ortalama | 1.4 | 1.8 | 3.3 | 14.7 | 58.6 |
| EKOF (%5) | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.66 | 1.64 |

azaltmış olabilir. Ocak ayında ciddi yağış olması Şubat ayındaki etkiyi de düşürmüştür. Ayrıca bu aylarda daha düşük hava sıcaklıkları da etkin azalmasında olumlu bir faktör olarak görülebilir. İkinci yıl Nisan ayında ölçülen yüksek sıcaklık ortalaması ve düşük yağış bitkiyi strese sokmuş olabilir. Tane dolun döneminde oluşan stres kalite parametreleri üzerinde etki yapmıştır. Çalışmada belirlenen kalite özellikleri için en önemli sonuç her iki yıl ölçülen yüksek tane protein oranı ortalamalarıdır. Buğday 'da ekmeklik kalitesini belirlemede genellikle protein miktarı ön planda tutulur (Gooding *et al.*, 1993) ve bunun %12 nin altında olmaması istenir (Sade 1997). Her iki yıl ölçülen yüksek protein oranı ortalamaları (%17.0 - %14.7) olumlu olarak nitelendirilebilir.

SONUÇ

Aydın ilinde yetiştirilen bazı buğday çeşitlerinin tane verimi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi isimli çalışmanın sonuçları; Tane verimi ve verim öğeleri ile tane kalitesi olmak üzere iki madde halinde özetlenmeye çalışılmıştır.

- Tane verimi açısından her iki yıl bölge ortalamasının (450-500 kg da⁻¹) üzerinde (Erkul 2006) ortalamalar elde edilmiştir (551 kg da⁻¹ ve 545 kg da⁻¹). İki yıllık değerlere göre Cumhuriyet çeşidinin daha iri başaklı ve iri tanelere sahip olduğu söylenebilir. Özellikle birim alandan alınan yüksek verime ek olarak ve son ürünün (buğday tanesi) fiyatlandırılmasında büyük etkisi olan yüksek bin tane ağırlığı değeriyle de Cumhuriyet çeşidi

bölge için tavsiye edilebilecek çeşit olarak belirlenmiştir. Buna ek olarak çeşidin daha uzun boylu olması (değerleri bu çalışmada verilmedi) birim alandan daha fazla saman elde edileceği anlamına gelmektedir. Çeşit yetiştirilerek, son yıllarda yükselen hayvansal üretimin (büyükbaş ve küçükbaş) ihtiyaç duyduğu saman miktarının bir kısmının da karşılanabileceği düşünülmektedir. Buna ek olarak çalışmada yüksek verimi ve makul bin tane ağırlığı değeriyle Ziyabey çeşidi de öne çıkmıştır. Sadece tane verimi ön planda üretim yapılacaksa her iki çeşidinde üretilebileceği söylenebilir. Fakat Cumhuriyet çeşidi ilave olumlu özellikler de (bin tane ağırlığı, başak boyu, uzun boy gibi) barındırmaktadır.

- Çalışmada tane kalite parametreleri açısından en çarpıcı sonuç protein oranı değerlerinde gözlenmiştir. Her iki yılda ölçülen protein oranı ortalamaları ekmeklik buğday için istenen minimum değer (12%) çok üzerinde bulunmuştur (Haglund *et al.*, 1998). Un kalitesi için temel özellik olarak görülen protein oranı göz önünde bulundurulursa başta Cumhuriyet ve Ziyabey 99 çeşitleri olmak üzere (yüksek tane verimi ve bin tane ağırlığı özelliği sebebiyle) çalışmadaki tüm çeşitler bölgede yetiştirilmek için önerilebilir. Bunun dışındaki diğer tane kalite parametreleri, tane verimi ve verim öğeleri kadar net bir sonuç oluşmamıştır. Kalite parametrelerinde yıllar arasındaki fark çok daha belirgin olarak ortaya çıkmıştır. Hatta bazı çeşitlerin (Golia, Cumhuriyet ve Basribey) bazı özelliklerde (kül

oranı, protein oranı ve lif oranı) birinci yıl maksimum değerler verdikleri, ikinci yıl ise aynı çeşitlerin minimum değerler gösterdiği veya bunun tam tersi durumların görüldüğü belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Açıkgöz N., İlker E ve Gökçöl A., 2004. Biyolojik araştırmaların bilgisayarda değerlendirilmesi (Tarist). Ege Üniversitesi Tohum Teknolojisi Araştırma ve Uygulama Merkezi Yayınları, Yayın No: 2, İzmir.
- Altınbaş M ve Tosun M., 2002. Nohutta ileri generasyonlarda verim ile verim öğeleri arasındaki ilişkiler üzerine bir değerlendirme. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 39(2): 33-40.
- Altınbaş M., Tosun M., Yüce S., Konak C., Köse E ve Can RA., 2004. Ekmeklik buğdayda (*T. aestivum* L.) dane verimi ve bazı kalite özellikleri üzerinde genotip ve lokasyon etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 41(1): 65-74.
- Baresel JP., Zimmermann EG and Reents EHJ., 2008. Effects of genotype and environment on N uptake and N partition in organically grown winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in Germany. Euphytica, 163(3): 347-354.
- Borghi B., Corbellini M., Minoia C., Palumbo M., Di Fonzo N and Perenzin M., 1997. Effects of mediterranean climate on wheat bread-making quality. European Journal of Agronomy, 6: 145-154.
- Branlard G., Dardevet M., Saccomano R., Lagoutte F and Gourdon J., 2001. Genetic diversity of wheat storage proteins and bread wheat quality. Euphytica, 119(1-2): 59-67.
- Dhanda SS., Sethi GS and Behl RK., 2004. Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages of plant growth. Journal of Agronomy and Crop Science, 190: 6-12.
- Dokuyucu T., Cesurer L ve Akkaya A., 2001. Bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinde verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. Fen ve Mühendislik Dergisi, 4(1): 109-117.
- Egesel CÖ., Kahrıman F., Tayyar Ş ve Baytekin H., 2009. Ekmeklik buğdayda un kalite özellikleri ile dane veriminin karşılıklı etkileşimleri ve uygun çeşit seçimi. Anadolu Journal of Agricultural Sciences, 24: 76-83.
- Ereku O., Öncan F., Ereku A., Yavaş İ., Şengün B ve Koca YO., 2005. İleri Ekmeklik Buğday Hatlarında Verim ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Türkiye 6. Tarla Bitkileri Kongresi, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 5-9 Eylül, Antalya.
- Ereku O., Kautz T., Ellmer F and Turgut I., 2009. Yield and bread-making quality of different wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes grown in Western Turkey. Archives of Agronomy and Soil Science, 55: 169-182.
- Ereku O., Yiğit A., Koca Y.O., Ellmer F ve Weiß K., 2016. Bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinin kalite potansiyelleri ve beslenme fizyolojisi açısından önemi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 25(özel sayı 1): 31-36.
- Ereku A., 2006. Sulamalı koşullarda ileri ekmeklik buğday hatlarının tane verimi ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 3(1): 27-32.
- FAO 2016. FAO istatistiklerinde 2016 yılı Türkiye ve Dünya buğday verileri. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. [Access: August 09, 2018].
- Gislum R., Micklander E and Nielsen JP., 2004. Quantification of nitrogen concentration in perennial ryegrass and red fescue using near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) and chemometrics. Field Crops Research, 88: 269-277.
- Gooding MJ., Davies WP., Thompson AJ and Smith SP., 1993. The challenge of achieving breadmaking quality in organic and low input wheat in the UK-A review. Aspects of Applied Biology, 36: 189-198.
- Haglund A., Johansson L and Dahlsted L., 1998. Sensory evaluation of wholemeal bread from ecologically and conventionally grown wheat. Journal of Cereal Science, 27: 199-207.
- Kara B ve Gül H., 2013. Alternatif gübrelerin farklı ekmeklik buğday çeşitlerinin tane verimi, verim komponentleri ve kalite özelliklerine etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 8(2): 88-97.
- Koca YO., Ereku O., Ünay A ve Turgut İ., 2009. Bazı melez mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin aydın ilinde birinci ve ikinci ürün performanslarının değerlendirilmesi. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 6(1): 41-52.
- Krejcirova L., Capouchova I., Petr J., Bicanova E and Famera O., 2007. The effect of organic and conventional growing systems on quality and storage protein composition of winter wheat. Plant Soil Environment, 53(11): 499-505.
- Mut Z., Aydın N., Özcan H ve Bayramoğlu KO., 2005. Orta Karadeniz bölgesinde ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin verim ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22(2): 85-93.
- Nazar H., Ereku O ve Koca YO., 2012. Ekmeklik buğday çeşitlerinin tane verimi ve kalitesi üzerine farklı yaprak gübresi uygulamalarının etkisi. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 9(2): 5-12.
- Sade B., 1997. Tahıl Islahı (Buğday ve Mısır). Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 31, Konya.
- TMO 2017. Toprak Mahsulleri Ofisi, 2017 yılı hububat raporu. <http://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/hububat/HububatRaporu2017.pdf> [Erişim:25 Temmuz 2017].

Zeybek A., Özkan İ ve Tan E., 2005. Farklı Ekim Sıklığı Ve Azot Dozlarının Ziyabey-98 Ekmeklik Buğday Çeşidinde Verim ve Verim Komponentleri Üzerine Etkisi. Türkiye 6. Tarla

Bitkileri Kongresi, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 5-9 Eylül, Antalya.

Assessment of Mineral Content Variations for Biofortification of the Bean Seed

Mehmet Zahit Yeken^{1*} Hacer Akpolat² Tolga Karaköy³ Vahdettin Çiftçi¹

¹Department of Field Crops, Faculty of Agriculture and Natural Sciences, Bolu Abant İzzet Baysal University, Bolu, Turkey

²Department of Food Science and Technology, The Ohio State University, Columbus, USA

³Organic Agriculture Program, Vocational School of Sivas, Sivas Cumhuriyet University, Sivas, Turkey

Received: 27.08.2018

Accepted: 20.10.2018

Keywords:

Biofortification, micro- and macronutrient, *Phaseolus vulgaris* L.

Abstract. Germplasm collections are very important for breeder to develop new cultivars with high mineral nutrients and yield. Eighty-three *Phaseolus* landraces were collected from different provinces of Western Anatolia Region of Turkey in 2015-2016. Twenty common bean lines were selected according to morphological characterization results and weighted scaling method in 2016. Phosphorus (P), potassium (K), copper (Cu), zinc (Zn), manganese (Mn), iron (Fe), calcium (Ca), and magnesium (Mg) contents of these twenty common bean lines and two commercial cultivars were tested under field conditions. Randomized block design with three replicates was used for analysis in 2017 growing season on the experimental farm of Bolu Abant İzzet Baysal University. The results showed high level of variation among lines and cultivars in terms of P (0.94-1.30%), K (2.38-3.59%), Cu (7.80-14.80 mg kg⁻¹), Zn (19.74-66.68 mg kg⁻¹), Mn (7.46-27.25 mg kg⁻¹), Fe (48.98-182.45 mg kg⁻¹), Ca (0.18-0.48 mg kg⁻¹) and Mg (0.56-0.71 mg kg⁻¹) contents. Positive correlations were found between K and Zn ($r=0.447$; $P<0.05$), P and Fe ($r=0.485$; $P<0.05$), Ca and Mg ($r=0.693$; $P<0.01$). In principal component analysis (PCA), the first 4 principal components accounted for approximately 73% of the total variability. The lines, Ylv-14, Ylv-32, Blck-7, Blksr-3 and Brs-22 had superior mineral contents for Fe and P, Cu and Mn, Ca and Mg, Zn, and K, respectively. Therefore, these lines represent promising candidates for biofortifying the bean seed and can be registered as cultivars in Turkey. Moreover, these lines will be used further for identifying the QTL regions by developing biparental mapping populations for an effective breeding program in Turkey in near future.

*Corresponding author

yekenmehmetzahit@gmail.com

Fasulye Tohumunun Biyofortifikasyonu için Mineral İçerik Varyasyonlarının Değerlendirilmesi

Anahtar kelimeler:

Biyofortifikasyon, mikro- makro mineral, *Phaseolus vulgaris* L.

Özet. Genetik kaynaklar ıslahçıların yüksek verim ve mineral içeriğine sahip yeni çeşitler geliştirebilmesi için çok önemlidir. 2015-2016 yılları arasında Türkiye'nin Batı Anadolu bölgesinin farklı bölgelerinden seksen üç *Phaseolus* popülasyonu toplanmıştır. Morfolojik karakterizasyon sonuçları ve tartılı derecelendirmeye göre yirmi fasulye hattı 2016 yılında seçilmiştir. Yirmi fasulye hattının ve iki ticari çeşidin fosfor, potasyum, bakır, çinko, mangan, demir, kalsiyum ve magnezyum içerikleri tarla koşullarında test edilmiştir. Deneme 2017 yılı yetiştirme periyodunda Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Araştırma ve Uygulama Alanı'nda tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Sonuçlar, fasulye hat ve çeşitleri arasında P (%0.94-1.30), K (%2.38-3.59), Cu (7.80-14.80 mg kg⁻¹), Zn (19.74-66.68 mg kg⁻¹), Mn (7.46-27.25 mg kg⁻¹), Fe (48.98-182.45 mg kg⁻¹), Ca (0.18-0.48 mg kg⁻¹) ve Mg (0.56-0.71 mg kg⁻¹) yüksek oranda varyasyon göstermiştir. K ve Zn ($r=0.447$; $P<0.05$), P ve Fe ($r=0.485$; $P<0.05$), Ca ve Mg ($r=0.693$; $P<0.01$) arasında pozitif yönde korelasyon bulunmuştur. Ana bileşen analizine göre toplam çeşitliliğin %73'ünden ilk 4 temel komponentin sorumlu olduğu görülmüştür. Ylv-14, Ylv-32, Blck-7, Blksr-3 ve Brs-22 hatları sırasıyla Fe ve P, Cu ve Mn, Ca ve Mg, Zn, ve K bakımından daha yüksek mineral içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeplerden dolayı, bu hatlar fasulye tohumlarının biyofortifikasyonu için ümitvar adayları temsil etmekte ve Türkiye'de çeşit olarak tescillenebilir. Ayrıca bu hatlar, yakın gelecekte etkili ıslah programları için biparental haritalama popülasyonu geliştirilerek QTL bölgelerinin tanımlanması amacıyla da kullanılabilir.

INTRODUCTION

Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is one of the oldest domesticated crops of the New World (Broughton *et al.*, 2003). It is a self-pollinated crop ($2n = 2x = 22$) with a small genome size of 587 Mbs (Schmutz *et al.*, 2014). *Phaseolus vulgaris* L., originated in Latin America, and have two diverse gene pools, Mesoamerican gene pool with small seeds and Andean gene pool with large seeds (Bitocchi *et al.*, 2017). The Mesoamerican gene pool is predominantly found from Colombia up to Mexico, while Andean gene pool extends between South Peru to North Western Argentina (Kwak and Gepts 2009).

Phaseolus vulgaris L. is the most widely cultivated grain legume, and greatly preferred in many parts of Africa, Latin America and Southern Europe (Broughton *et al.*, 2003). Common bean is a vital source of nutrients for nearly 300 million people worldwide (Petry *et al.*, 2015), and known as "poor man's meat" because of its high mineral, protein, and vitamin content (Sperotto and Ricachenevsky 2017), providing health benefits associated with regular consumption (Bitocchi *et al.*, 2017).

Micronutrient malnutrition is a main public health problem in many parts of the world, which is known as "hidden hunger" (Welch and Graham 2004). Micronutrient deficiencies have raised in the last decades in developed and developing countries (Graham *et al.*, 2001). Particularly, the deficiency of Fe and Zn is a crucial public health problem, and negatively affects the health, lifespan and productivity over 4 billion people worldwide (WHO 2009; Khan *et al.*, 2008).

The production of micronutrient enhanced varieties (biofortified) using agricultural and genetical methods can provide a cost-effective way to overcome micronutrient deficiencies by improving the bioavailability of these important nutrients (Duc *et al.*, 2010). "Biofortification" or "biological fortification" is the process of improving the nutritional status in staple crops by means of modern biotechnology techniques, traditional plant breeding, and agronomic practices (Garg *et al.*, 2018). Collection of local germplasm and characterization of natural biodiversity as a source of novel alleles for biofortifying the crops are of prime importance in 21st century breeding programs. For breeders, the first step of the biofortification in food crops is to understand the current genetic diversity in germplasm collections (Baloch *et al.*, 2014). All mineral elements that are most frequently lacking in human diets are present in genetic variations, and this can be used in breeding

studies to increase the levels of minerals and vitamins in crops (White and Broadley 2005). Numerous studies have been conducted to determine the nutritional status of grain legumes. Earlier work by Pinheiro *et al.* (2010) found a high degree of variability in P, Fe, Zn, Cu, Mn, Ca and protein content in a collection of 155 accessions of ancient Portuguese common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds. In another study, Dutta *et al.* (2016) found a considerable genetic variation in the seed macro and micro-nutrients content with high antioxidant activity among the common bean landraces of Lushai hills of India.

Common bean lines with high levels of nutrients can be combined with superior agronomic characteristics and high yields for better selection, and can be used for biofortification strategies. Studies in Turkish grain legume germplasms (Çiftçi 2009; Kantar 2010; Madakbaş and Ergin 2011; Çiftçi 2012; Elkoca and Çınar 2015; Yeken 2018a; Nadeem *et al.*, 2018) focused mostly on phenological and morphological properties, resistance to important diseases, and quality characteristics. Assessment of mineral content and yield is also important in terms of providing high level of nutrition and high yield at the same time while breeding for new varieties. However, mineral contents of the common bean seeds have not been evaluated before in Western Anatolia Region of Turkey for a better selection of common bean varieties while breeding for fortification and higher yield. Therefore, our objective was to analyse the seed mineral content (P, K, Cu, Zn, Mn, Fe, Ca, and Mg) of twenty common bean lines selected for their high yield properties from a germplasm of Western Anatolia Region of Turkey and two commercial cultivars tested under field conditions.

MATERIAL AND METHOD

Plant Material and Crop Sowing

Eighty-three *Phaseolus* landraces were collected from different provinces (Düzce, Yalova, Bilecik, Bursa, Balıkesir, Çanakkale) of Western Anatolia Region of Turkey in 2015-2016. Twenty common bean lines (*Phaseolus vulgaris* L.) were selected through single plant selection from these local landraces according to morphological characterization results and weighted scaling method in 2016. These promising lines and two commercial cultivars were used as genetic materials in this study. All the passport data of common bean lines were given Table 1 (Figure 1). These common bean lines were tested in randomized block design with three replicates together with two commercial

cultivars in 2017 at the research and implementation area of Bolu Abant İzzet Baysal University (BAIBU) (40°44'46.71"N, 31°37'45.18"E), Turkey. All genotypes were sown on May 2017 in the plots consisting two rows of 4 m long with a row spacing of 45 cm for bush types, 70 cm for climber types, and intra row spacing of 10 cm. Common beans were harvested in September 2017. Total precipitation was around 36.9 kg m⁻² during the growing season (from sowing to physiological maturity). The experimental area had a loamy structure revealing a slightly alkaline character. While the soil of the experimental area was poor in terms of organic matter (1.80-1.86%), it was rich in terms of available K (264.3-273.3 mg kg⁻¹) and P (20.4-31.5 mg kg⁻¹). All mineral elements were within sufficient or excessive limit values except for Zn content being deficient (Table 2) (Sönmez *et al.*, 2018). After soil analysis, a fertilizer rate of 4 kg of nitrogen and was given at the time of sowing in the form of ammonium sulphate (21%). Standard local agricultural practices were applied equally to eliminate the role of environment in all the plots.

Micro- and Macronutrient Analysis

Micro- and macronutrient concentrations such as P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu and Mn were investigated in seeds obtained from common bean lines and commercial cultivars. Seed samples were taken from

every landrace with 3 replications and seeds were bulked. A closed microwave digestion system (ETHOS EASY, Milestone, Italy) was used to digest the samples (0.2 g) using 5 mL of concentrated nitric acid (65%) and 2 ml of hydrogen peroxide (35%) (Bremner 1965; Gesto-Seco *et al.*, 2009). After digestion, solutions were transferred to flasks and made up to a final volume of 20.0 mL with ultra-pure water and then analyzed for mineral nutrients (K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu and Mn) with Atomic Absorption Spectrophotometer (Shimadzu AA-7000), and P was measured colorimetrically at 430 nm in the spectrophotometer (Murphy and Riley 1962; Kacar and İnal 2008; Karaköy and Demirbaş 2017). Mineral contents of each sample were analyzed in triplicates.

Statistical Analysis

Statistical evaluation of data was performed using analysis of variance (ANOVA), and significant differences between accessions were detected with an α of 0.05. Correlations between minerals were calculated using the Pearson correlation. Principal component analysis (PCA) based on mineral elements was used to identify the patterns of variance after varimax rotation within the set of twenty common bean lines and two commercial cultivars. XLSTAT 2016 (Addinsoft, New York, USA) was used to perform statistical analyses.

Table 1. Passport data of common bean lines.

Çizelge 1. Fasulye hatlarının pasaport bilgileri.

| No. | Landraces | Geographical province | Latitude (N) | Longitude (E) |
|-----|------------|---|---------------|---------------|
| 1 | Ylv-14 | Yalova-Çiftlikköy-Kabaklı | 40°39'55.92" | 29°24'43.66" |
| 2 | Ylv-28 | Yalova-Merkez-Kurtköy | 40°33'12.70" | 29°12'52.17" |
| 3 | Ylv-31 | Yalova-Merkez-Hacimehmet | 40°36'56.22" | 29°14'37.62" |
| 4 | Ylv-32 | Yalova-Merkez-Sugören | 40°33'38.32" | 29°19'34.07" |
| 5 | Blksr-3 | Balıkesir-Manyas-Salur | 40° 5'58.61" | 27°56'16. 5" |
| 6 | Blksr-4 | Balıkesir-Manyas-Akçaova | 40° 7'16. 8" | 27°51'15.26" |
| 7 | Blksr-19 | Balıkesir-Sındırgı-Kürendere | 39°19' 6. 02" | 28°34' 8.21" |
| 8 | Brs-3 | Bursa-Yenişehir-Osmaniye | 40°10'18.45" | 29°37'15.12" |
| 9 | Brs-4 | Bursa-Inegöl-Cerrah | 40° 4'18.83" | 29°26'7.75" |
| 10 | Brs-21 | Bursa-Kestel-Kızılören | 40° 7' 39.19" | 29°21'9.43" |
| 11 | Brs-22 | Bursa-Kestel-Aksu | 40°10'2.02" | 29°18'58.01" |
| 12 | Brs-23 | Bursa-Kestel-Aksu | 40°10'2.02" | 29°18'58.01" |
| 13 | Brs-24 | Bursa-Orhaneli-Küçükorhan | 39° 48 '9.04" | 39°48'9.04" |
| 14 | Dzc-2 | Düzce-Merkez-Derdin | 40°42'30.06" | 31°13'20.51" |
| 15 | Dzc-3 | Düzce-Merkez-Derdin | 40°42'30.06" | 31°13'20.51" |
| 16 | Blck-7 | Bilecik-Pazaryeri-Dereköy | 39°59'12.52" | 29°51'7.17" |
| 17 | Çnk-2 | Çanakkale-Yenice-Çınarcık | 39°57'6.22" | 27°10'54.75" |
| 18 | Çnk-4 | Çanakkale-Biga-Aşağıdemirci | 40°14'38.70" | 27°22'17.65" |
| 19 | Çnk-6 | Çanakkale-Biga-Gerlengeç | 40°17'26.36" | 27°25'14.56" |
| 20 | Çnk-8 | Çanakkale-Bayramiç-Beşik | 39°44'15.48" | 26°41'34.82" |
| 21 | Göynük-98 | Cultivar/ Transitional Zone Agricultural Research Institute, Eskisehir / Turkey | | |
| 22 | Önceler-98 | Cultivar/ Transitional Zone Agricultural Research Institute, Eskisehir / Turkey | | |

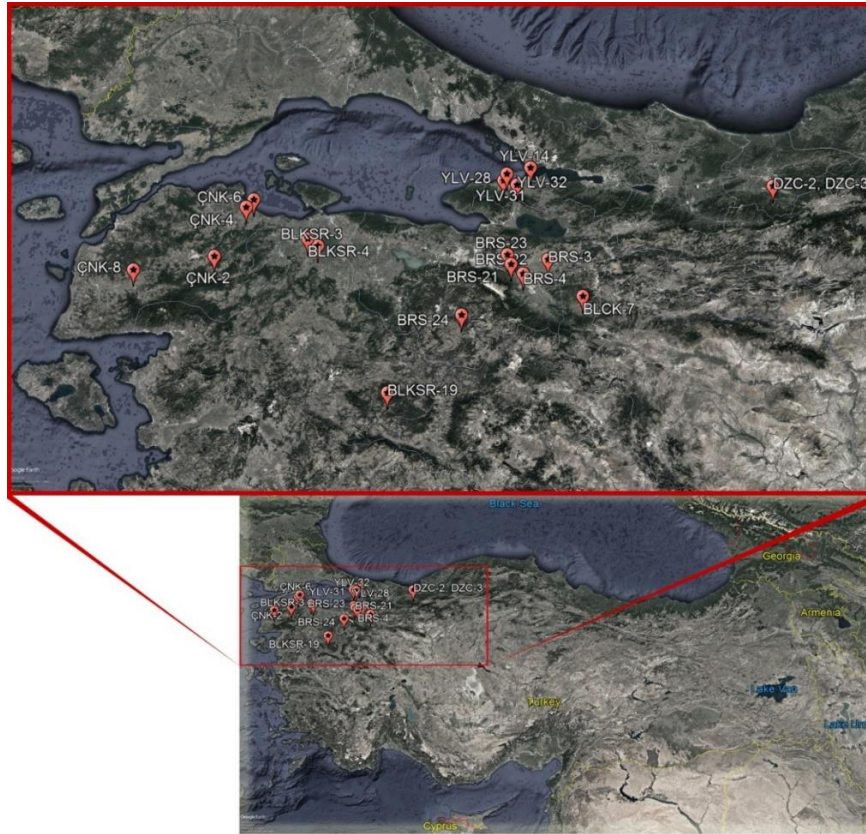


Figure 1. Map of North West of Turkey from which common bean landraces were collected. Provinces where landraces were collected were marked in red.

Şekil 1. Türkiye'nin kuzey batısından toplanılan fasulye populasyonlarının haritası. Fasulye populasyonlarının toplandığı bölgeler kırmızı ile işaretlenmiştir.

Table 2. Physical characteristics and chemical data (0-20 cm and 20-40 depth layer) in experimental area of BAIBU where the *P. vulgaris* lines and cultivars were grown (Sönmez et al., 2018).

Çizelge 2. *P. vulgaris* hatlarının ve çeşitlerinin yetiştirildiği BAIBU araştırma alanı toprağının 0-20 ve 20-40 cm derinlik tabakasındaki fiziksel ve kimyasal özellikleri (Sönmez et al., 2018).

| Parameters | Unit | 0-20 cm | 20-40 cm |
|----------------|---------------------|---------|----------|
| EC | dS m ⁻¹ | 1.516 | 0.635 |
| pH | | 7.59 | 7.84 |
| Organic Matter | % | 1.86 | 1.80 |
| Phosphorus (P) | mg kg ⁻¹ | 31.5 | 20.4 |
| Potassium(K) | mg kg ⁻¹ | 273.3 | 264.3 |
| Calcium(Ca) | mg kg ⁻¹ | 4415 | 4446 |
| Magnesium (Mg) | mg kg ⁻¹ | 210.2 | 213.9 |
| Sodium (Na) | mg kg ⁻¹ | 64.30 | 67.42 |
| Iron (Fe), | mg kg ⁻¹ | 16.62 | 17.46 |
| Manganese (Mn) | mg kg ⁻¹ | 4.66 | 4.82 |
| Zinc (Zn) | mg kg ⁻¹ | 2.42 | 2.10 |
| Copper (Cu) | mg kg ⁻¹ | 42.90 | 46.08 |
| Texture | | Loamy | Loamy |
| Lime | % | 0.63 | 0.74 |
| Sand | % | 50 | 50 |
| Clay | % | 22 | 22 |
| Silt | % | 28 | 28 |

RESULTS AND DISCUSSION

Landraces are very important for genetic and breeding studies. It is of great importance to investigate natural biodiversity as a new allelic source to improve yield, adaptability, better cooking characteristics and nutritional value of products in 21st century crop breeding programs. Turkey is not the origin and domestication center of common bean, but common bean landraces distributed in diverse area of Turkey harbor adequate amount of diversity. Characterization of common bean landraces in terms of their nutritional value is crucial for their effective utilization in breeding programs to improve the mineral status of common bean cultivars.

A comprehensive analysis of micronutrient (Zn, Fe, Cu, and Mn) and macronutrient (K, P, Ca, and Mg) concentrations was performed for common bean lines and cultivars. Correlations among eight mineral elements (P, K, Cu, Zn, Mn, Fe, Ca, and Mg) in twenty common bean lines and commercial cultivars are given in Table 3. Positive and significant correlations were found between P and Fe ($r=0.485$; $P<0.05$), K and Zn ($r=0.447$; $P<0.05$), Ca and Mg ($r=0.693$; $P<0.01$). On the other hand, Cu and Mn were not correlated with

any of the other minerals. Determination of correlations between minerals of a seed is critical for breeding programs in terms of selection of varieties. Selection of a desired mineral could improve the level of another mineral if there is a positive correlation between the two (Baloch et al., 2014). The positive associations found in this study indicates that selection of a bean with high mineral content may increase the amount of positively correlated mineral indirectly.

In previous studies, correlations were reported in numerous crops, such as *Phaseolus vulgaris* (Bebée et al., 2000; Pinheiro et al., 2010; Yeken et al., 2018b), lentil (Karaköy et al., 2012), and faba bean (*Vicia faba* L.) landraces from Turkey (Baloch et al., 2014). The P content was positively correlated with Fe in this study, and similar findings reported by Bebee et al. (2000) and Pinheiro et al. (2010) in common bean, Baloch et al. (2014) in faba bean and Karaköy et al. (2012) in lentil. Similarly, significant associations of K and Zn have been previously reported by Baloch et al. (2014) and Karaköy et al. (2012). In addition, seed Ca and Mg concentrations were significantly correlated to each other, and these results are in agreement with earlier

worked by Karaköy et al. (2012). Genetic linkage, pleiotropic, or environmental effects can affect correlations between traits, and the evolution of properties can be influenced by environmental factors in the same or opposite directions (Yücel et al., 2009; Karaköy et al., 2012).

The patterns of variation were evaluated by PCA using twenty common bean lines and commercial cultivars and based on 8 mineral traits. PCA analysis based on the correlation matrix revealed that first five components for all 8 mineral traits explained 87.48% of the total variance (Table 4). 21.28 % of the variation was explained by the first principal component (PC1). Mg and Ca had the highest contribution in PC1. The second principal component (PC2) was highly dependent on Zn and K, and accounted for 17.57% of the variability. The third principal component (PC3) accounted for 20.03% of total variability, and P and Fe content had the highest contribution in PC3. The fourth principal component (PC4) explained 13.75 % of the variability with high contribution of Cu and Fe. The first four principal components were important accounting for approximately 73% of the total variability.

Table 3. Correlation coefficients among the concentrations of seed mineral elements of common bean lines and commercial cultivars.

Çizelge 3. Fasulye hatlarının ve ticari çeşitlerin tohum mineral elementlerinin konsantrasyonları arasındaki kolerasyon katsayıları.

| Variables | P | K | Cu | Zn | Mn | Fe | Ca | Mg |
|---------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| P (%) | 1 | -0.236 | -0.021 | 0.089 | -0.204 | 0.485* | -0.068 | -0.407 |
| K (%) | | 1 | 0.137 | 0.447* | -0.274 | -0.154 | -0.148 | 0.187 |
| Cu (mg kg ⁻¹) | | | 1 | 0.073 | -0.031 | 0.149 | -0.133 | 0.046 |
| Zn (mg kg ⁻¹) | | | | 1 | 0.087 | -0.177 | -0.042 | 0.112 |
| Mn (mg kg ⁻¹) | | | | | 1 | -0.126 | 0.231 | 0.276 |
| Fe (mg kg ⁻¹) | | | | | | 1 | -0.126 | -0.206 |
| Ca (mg kg ⁻¹) | | | | | | | 1 | 0.693** |
| Mg (mg kg ⁻¹) | | | | | | | | 1 |

*P<0.05, **P<0.01.

Table 4. Cumulative percentages of variance explained by the first 5 principal components (PCs) of 20 common bean lines and 2 commercial cultivars for contents of some mineral elements.

Çizelge 4. Kümülatif varyans yüzdesi 20 fasulye hattı ve 2 ticari çeşidin bazı mineral elementlerin içerikleri için ilk 5 ana bileşen (PCs) ile açıklanmıştır.

| | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 | PC5 |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Ca (mg kg ⁻¹) | 0.922 | -0.079 | 0.054 | -0.166 | 0.129 |
| Mg (mg kg ⁻¹) | 0.889 | 0.121 | -0.286 | 0.125 | 0.066 |
| Zn (mg kg ⁻¹) | 0.008 | 0.958 | 0.056 | 0.002 | 0.099 |
| K (%) | 0.047 | 0.635 | -0.312 | 0.198 | -0.542 |
| P (%) | -0.159 | 0.095 | 0.907 | -0.125 | -0.040 |
| Fe (mg kg ⁻¹) | -0.038 | -0.218 | 0.757 | 0.317 | -0.112 |
| Cu (mg kg ⁻¹) | -0.040 | 0.054 | 0.016 | 0.949 | 0.007 |
| Mn (mg kg ⁻¹) | 0.175 | 0.069 | -0.141 | 0.037 | 0.921 |
| Variability (%) | 21.279 | 17.574 | 20.028 | 13.749 | 14.853 |
| Cumulative % | 21.279 | 38.853 | 58.881 | 72.630 | 87.483 |

Table 5 shows the concentrations of P, K, Cu, Zn, Mn, Fe, Ca, and Mg in the seeds of twenty common bean lines and two commercial cultivars including maximum, minimum, mean, coefficient of variation (CV) % and least significant difference (LSD) values. Statistical analysis of data revealed that bean lines selected from traditional landraces and cultivars were significantly different from each other ($p < 0.05$) for all the studied mineral traits. Moreover, majority of these lines showed significantly higher concentrations of seed mineral content for Fe, Mg, P, and Ca relative to the commercial cultivars. The P content varied from 0.94 (Çnk-4; Brs-23) to 1.30% (Ylv-32) with a mean value of 1.14%. The P content of commercial cultivars was lower than thirteen lines (Ylv-14,28,31,32; Brs-3,4,21; Çnk-6,8; Dzc-2,3; Blksr-3,19). The amount of K in the studied lines and cultivars varied between 2.38% for Ylv-28 and 3.59% for Brs-22 with an average of 2.75%. The K contents of five lines (Brs-21,22,23; Blksr-3; Çnk-2) were significantly higher than cultivars. The overall value of Cu contents between lines and cultivars was 11.77 mg kg⁻¹, ranging from 7.80 mg kg⁻¹ (Ylv-28) to 14.80 mg kg⁻¹ (Ylv-14). Compared to the cultivars, only Ylv-14 was found to have higher Cu content than cultivars. The average Zn content in lines and cultivars was 25.84 mg kg⁻¹ with the lowest Zn content being in Çnk-4 and Ylv-28 (19.74 mg kg⁻¹), and the highest value Blksr-3 (66.68 mg kg⁻¹) followed by Dzc-3, Brs-22,24. Mn levels varied between 7.46 and 27.25 mg kg⁻¹ with a mean level of 19.48 mg kg⁻¹. Only, two lines (Ylv-14 and Çnk-6) were higher in Mn content than cultivars. The mean Fe concentration of lines and cultivars was 100.92 mg kg⁻¹ and it varied between 48.98 mg kg⁻¹ (Göynük-98) and 182.45 mg kg⁻¹ (Ylv-32). Fe contents of fifteen lines (Ylv-14,28,31,32; Çnk-2,8; Blksr-19; Brs-3,4,21,22,24; Blck-7 and Dzc-2,3) were greater than cultivars. The highest value of Ca content was 0.478 mg kg⁻¹ (Blck-7) while the lowest value was 0.181 (Göynük-98), with an average value of 0.242 mg kg⁻¹. Blck-7, Çnk-6,8, Brs-3, 4, 22, 23, 24, Dzc-2, Blksr-19 and Ylv-28, 31 had significantly higher Ca concentrations than cultivars. Mg concentrations varied from 0.558 (Blksr-4) to 0.712 mg kg⁻¹ (Blck-7), and the mean value was 0.605 mg kg⁻¹. The Mg content of cultivars were higher than Blksr-4,19, Çnk-8, Dzc-3 and Ylv-32.

Pinheiro *et al.* (2010) reported that determination of the mineral content of common beans is important for breeding programs since obtaining elevated levels of minerals has a high value in terms of increasing nutritional quality of the beans. Different ranges for the minerals were reported in the literature (Beebe *et al.*, 2000; Moraghan and Grafton 2001; Pinheiro *et al.*,

2010; Dutta *et al.*, 2016; Yeken *et al.*, 2018b). The range of P concentration of common bean lines and cultivars (0.94-1.30%) were higher than previous studies conducted by Pinheiro *et al.* (2010), Dutta *et al.* (2016), and Yeken *et al.* (2018b). On the other hand, K levels of all lines and cultivars were higher than the levels reported by Pinheiro *et al.* (2010), but lower than Yeken *et al.* (2018b). The amount of Zn, Fe, Mn and Cu in the study were found partially similar to the previous studies (Beebe *et al.*, 2000; Pinheiro *et al.*, 2010; Dutta *et al.*, 2016; Yeken *et al.*, 2018b). For example, one of the possible explanations for high Fe content of seeds is the high Fe content of the soil (16.62 mg kg⁻¹ in 0-20 cm and 17.46 mg kg⁻¹ in 20-40 cm) of the experimental area shown by Sönmez *et al.*, 2018 (Table 2). Additionally, common bean seeds were identified as Mesoamerican germplasm (<25 g) and Andean counterpart (>25 g) using 100 seed weight (Gepts *et al.*, 1986). Seeds used in this study were described as Andean gene pool (data not shown). Compared to Mesoamerican gene pool, Andean and intergene- pool hybrids have higher Fe contents (Blair 2013). The Ca levels were detected lower than Yeken *et al.* 2018, however they showed partially similar results with Pinheiro *et al.* (2010). In addition, Mg content was found higher than Pinheiro *et al.* (2010) and similar to Yeken *et al.* (2018b). Most of lines had higher level of minerals than the cultivars. Moreover, different mineral levels in the seeds could be explained by genotype, soil composition, and growing season differences (Ceyhan *et al.*, 2008).

CONCLUSIONS

Mineral content of grain legumes is very important for developing and under-developed countries in terms of providing more nutrition for people, since grain legumes might be a cheaper and more available source of food. The range of Fe, Mg, P and Ca levels in common bean lines was greater than cultivars. In particular, some common bean lines tested in this study (Ylv-14 for Fe and P, Ylv-32 for Cu and Mn, Blck-7 Ca and Mg, Blksr-3 for Zn, and Brs-22 for K) can play a vital role for human consumption. These common bean lines and information of their mineral content in comparison with cultivars can be used as parents in common bean breeding programs to improve mineral quality of new cultivars. Moreover, these lines can be evaluated for identifying the QTL regions by developing biparental mapping populations for effective breeding program not only in Turkey but also other parts of the world in future studies.

Table 5. Seed mineral contents of common bean lines in comparison with commercial cultivars and LSD groups.

Çizelge 5. Fasulye hatlarının tohum mineral içeriklerinin ticari çeşitlerle karşılaştırılması ve LSD grupları.

| | P (%) | | K (%) | | Cu (mg kg ⁻¹) | | Zn (mg kg ⁻¹) | | Mn (mg kg ⁻¹) | | Fe (mg kg ⁻¹) | | Ca (mg kg ⁻¹) | | Mg (mg kg ⁻¹) | |
|------------|-------|----|-------|----|---------------------------|----|---------------------------|-----|---------------------------|-----|---------------------------|----|---------------------------|----|---------------------------|--------|
| Blck-7 | 1.12 | h | 2.42 | o | 12.42 | e | 22.93 | g | 23.85 | cd | 100.13 | g | 0.478 | a | 0.712 | a |
| Blksr-3 | 1.19 | ef | 3.28 | b | 11.67 | f | 66.68 | a | 22.89 | de | 80.36 | jk | 0.226 | ı | 0.620 | d |
| Blksr-4 | 1.07 | ij | 2.44 | no | 12.27 | e | 23.87 | f | 21.20 | gh | 76.86 | l | 0.210 | l | 0.558 | n |
| Blksr-19 | 1.19 | ef | 2.77 | g | 11.28 | gh | 21.66 | ij | 19.24 | ı | 167.86 | b | 0.240 | g | 0.562 | m n |
| Brs-3 | 1.18 | fg | 2.46 | mn | 10.79 | ij | 24.84 | e | 21.66 | fg | 85.10 | ı | 0.257 | d | 0.588 | hı |
| Brs-4 | 1.21 | cd | 2.61 | kl | 10.53 | jk | 22.79 | gh | 22.66 | ef | 97.87 | g | 0.254 | de | 0.598 | g |
| Brs-21 | 1.17 | g | 3.04 | c | 11.54 | fg | 21.12 | j | 7.53 | j | 119.15 | c | 0.190 | o | 0.587 | hı |
| Brs-22 | 1.12 | h | 3.59 | a | 13.26 | d | 27.74 | b | 7.51 | j | 100.00 | g | 0.252 | ef | 0.629 | c |
| Brs-23 | 0.94 | l | 3.05 | c | 12.51 | e | 25.96 | d | 21.84 | efg | 54.21 | m | 0.277 | c | 0.670 | b |
| Brs-24 | 1.06 | j | 2.60 | l | 10.22 | k | 27.62 | bc | 24.31 | bc | 105.98 | f | 0.278 | c | 0.613 | f |
| Çnk-2 | 1.00 | k | 2.99 | d | 11.06 | hı | 22.16 | ghı | 21.09 | gh | 110.90 | e | 0.218 | j | 0.630 | c |
| Çnk-4 | 0.94 | l | 2.63 | jk | 11.10 | hı | 20.24 | k | 20.42 | h | 78.67 | kl | 0.215 | k | 0.613 | ef |
| Çnk-6 | 1.21 | cd | 2.69 | h | 11.54 | fg | 22.74 | gh | 25.08 | b | 78.06 | kl | 0.281 | b | 0.592 | h |
| Çnk-8 | 1.25 | b | 2.67 | hı | 11.23 | gh | 23.79 | f | 8.19 | j | 115.11 | d | 0.241 | g | 0.571 | kl |
| Dzc-2 | 1.20 | de | 2.83 | ef | 13.46 | cd | 26.83 | c | 22.58 | ef | 82.98 | ij | 0.250 | f | 0.619 | de |
| Dzc-3 | 1.18 | fg | 2.48 | m | 13.72 | bc | 28.17 | b | 7.46 | j | 90.65 | h | 0.194 | n | 0.575 | k |
| Ylv-14 | 1.17 | g | 2.64 | ij | 14.80 | a | 25.10 | e | 27.25 | a | 165.71 | b | 0.186 | p | 0.628 | c |
| Ylv-28 | 1.22 | c | 2.38 | p | 7.80 | m | 19.74 | k | 18.78 | ı | 97.83 | g | 0.236 | h | 0.625 | cd |
| Ylv-31 | 1.19 | ef | 2.81 | f | 8.64 | l | 23.84 | f | 20.54 | h | 98.54 | g | 0.237 | h | 0.583 | ij |
| Ylv-32 | 1.30 | a | 2.47 | m | 14.05 | b | 21.98 | hı | 18.78 | ı | 182.45 | a | 0.204 | m | 0.566 | lm |
| Göynük-98 | 1.08 | ı | 2.75 | g | 14.05 | b | 21.80 | ij | 24.59 | bc | 48.98 | n | 0.181 | q | 0.581 | j |
| Önceler-98 | 1.13 | h | 2.85 | e | 10.93 | hı | 26.85 | c | 21.11 | gh | 82.75 | ij | 0.228 | ı | 0.587 | hı |
| Min | 0.94 | | 2.38 | | 7.80 | | 19.74 | | 7.46 | | 48.98 | | 0.181 | | 0.558 | |
| Max | 1.30 | | 3.59 | | 14.80 | | 66.68 | | 27.25 | | 182.45 | | 0.478 | | 0.712 | |
| Mean | 1.14 | | 2.75 | | 11.77 | | 25.84 | | 19.48 | | 100.92 | | 0.242 | | 0.605 | |
| CV% | 1.77 | | 0.55 | | 2.01 | | 1.96 | | 3.33 | | 1.77 | | 0.734 | | 0.57 | |
| LSD (0.05) | 2.94 | | 0.025 | | 0.39 | | 0.84 | | 1.07 | | 2.94 | | 0.003 | | 0.0057 | |

*CV: Coefficient of variation, LSD: Least significant difference.

ACKNOWLEDGEMENTS

The seeds used in this study was provided by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK Project number: 115R042). We would like to thank to the Transitional Zone Agricultural Research Institute. The authors would like to thank Dr. Faheem Shehzad BALOCH and MSc. Yeter ÇİLESİZ.

REFERENCES

- Addinsoft 2016. XLSTAT 2016: Data Analysis and Statistics Software for Microsoft Excel. New York, USA.
- Baloch FS., Karaköy T., Demirbaş A., Toklu F., Özkan H and Hatipoğlu R., 2014. Variation of some seed mineral contents in open pollinated faba bean (*Vicia faba* L.) landraces from Turkey. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 38: 591-602.
- Beebe S., Gonzalez A and Rengifo J., 2000. Research on trace minerals in the common bean. Food and Nutrition Bulletin, 21: 387-391.
- Bitocchi E., Rau D., Bellucci E., Rodriguez M., Murgia ML., Gioia T., Santo D., Nanni L., Attene G and Papa R., 2017. Beans (*Phaseolus ssp.*) as a model for understanding crop evolution. Frontiers in Plant Science, 8: 722.
- Blair MW., Monserrate F., Beebe SE., Restrepo J and Ortubé J., 2010. Registration of high mineral common bean germplasm lines NUA35 and NUA56 from the red mottled seed class. Journal of Plant Growth Regulation, 4: 1-5.
- Blair MW., 2013. Mineral biofortification strategies for food staples: the example of common bean. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61: 8287-8294.
- Bremner JM., 1965. Method of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Methods, American Society of Agronomy Inc. USA.
- Broughton WJ., Hernandez G., Blair M., Beebe S., Gepts P and Vanderleyden J., 2003. Bean (*Phaseolus spp.*)-model food legumes. Plant Soil, 252: 55-128.
- Ceyhan E., Harmankaya M and Avcı MA., 2008. Effects of sowing dates and cultivars on protein and mineral contents of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Asian Journal of Chemistry, 20(7): 5601-5613.
- Çiftçi V., Şensoy S and Türkmen Ö., 2009. Van-Gevaş'ta Yaygın Olarak Yetiştirilen Yalancı Dermason Fasulye Populasyonunun Seleksiyon Yöntemiyle Islahı, Project report (TOVAG- 106O346).
- Çiftçi V., Şensoy S and Kulaz H., 2012. Doğu Anadolu'nun Güneyinde Yetiştirilen Fasulye Gen Kaynaklarının Toplanması Ve Değerlendirilmesi, Tübitak Project Report (109O163).
- Duc G., Bao S., Baum M., Redden B., Sadiki M., Suso MJ., Vishniakova M and Zong X., 2010. Diversity maintenance and use of *Vicia faba* L. genetic resources. Field Crops Research, 115: 270-278.
- Dutta SK., Chatterjee D., Sarkar D., Singh SB., Boopathi T., Kuotsu R., Vikramjeet K., Akoijam RS., Saha S., Vanlalhmangaiha., Malsawmzuali., Chowdhury S and Lungmuana., 2016. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L., Fabaceae), landraces of Lushai hills in India: nutrients and antioxidants source for the farmers. Indian Journal of Traditional Knowledge, 15(2): 313-320.
- Elkoca E and Çınar T., 2015. The adaptation, agronomical and quality characteristics of some dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars and lines under Erzurum ecological conditions. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 30(2): 141-153.
- Garg M., Sharma N., Sharma S., Kapoor P., Kumar A., Chunduri V and Arora P., 2018. Biofortified crops generated by breeding agronomy and transgenic approaches are improving lives of millions of people around the world. Frontiers in Nutrition, 5: 12.
- Graham RD., Welch RM and Bouis HE., 2001. Addressing micronutrient malnutrition through enhancing the nutritional quality of staple foods: principles, perspectives and knowledge gaps. Advances in Agronomy, 70: 77-142.
- Gelin JR., Forster S., Grafton SK., McClean PE and Rojas-Cifuentes GA., 2007. Analysis of seed zinc and other minerals in a recombinant inbred population of navy bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Crop Science, 47: 1361-13.
- Gepts PTC., Osborn K., Rashka K and Bliss FA., 1986. Phaseolin protein variability in wild forms and landraces of the common bean (*Phaseolus vulgaris*): evidence for multiple centers of domestication. Economic Botany, 40: 451-468.
- Gesto-Seco EM., Moreda-Pineiro A., Bermejo-Barrera A and Barrera-Bermejo P., 2009. Multi-element determination in raft mussels by fast microwave-assisted acid leaching and inductively coupled plasma-optical emission spectrometry. Talanta, 72: 1178-1185.
- Islam FMA., Basford KE., Jara C., Redden RJ and Beebe SE., 2002. Seed compositional and disease resistance differences among gene pools in cultivated common bean. Genetic Resources and Crop Evolution, 49: 285-293.
- Kacar B and İnal A., 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kantar F., Elkoca E., Eken C and Dönmez F., 2010. Kuzey Doğu Anadolu Bölgesi ve Çoruh Vadisi'nde Yetiştirilen Kuru Fasulye Gen Kaynaklarının Toplanması ve Değerlendirilmesi. Tubitak Project Report (107O400).
- Karaköy T., Erdem H., Baloch FS., Toklu F., Eker S., Kilian B and Özkan H., 2012. Diversity of macro-and micronutrients

- in the seeds of lentil landraces. The Scientific World Journal, 2012: 1-9.
- Karaköy T and Demirtaş A., 2017. Sivas ekolojik koşullarında yetiştirilen Türkiye orijinli yerel bezelye (*Pisum sativum* L.) genotiplerinin bazı besin elementi içerikleri bakımından değerlendirilmesi. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 14(2): 7-11.
- Khan MA., Fuller MP and Baloch FS., 2008. Effect of soil applied zinc sulphate on wheat (*Triticum aestivum* L.) grown on a calcareous soil in Pakistan. Cereal Research Communications, 36: 571-582.
- Kwak M and Gepts P., 2009. Structure of genetic diversity in the two major gene pools of common bean (*Phaseolus vulgaris* L., Fabaceae). Theoretical and Applied Genetics, 118: 979-992.
- Madakbaş SY and Ergin M., 2011. Morphological and phenological characterization of Turkish bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes and their present variation states. African Journal of Agricultural Research, 6(28): 6155-6166.
- Moraghan JT and Grafton K., 2001. Genetic diversity and mineral composition of common bean seed. Journal of the Science of Food and Agriculture, 81: 404-408.
- Murphy J and Riley JP., 1962. A modified single solution for the determination of phosphate in natural waters. Analytica Chimica Acta, 27: 31-36.
- Nadeem MA., Habyarimana E., Çiftçi V., Nawaz MA., Karaköy T., Comertpay G., Shahid MQ., Hatipoğlu R., Yeken MZ., Ali F., Ercişli S., Chung G and Baloch FS., 2018. Characterization of genetic diversity in Turkish common bean gene pool using phenotypic and whole-genome DArTseq-generated silicoDArT marker information. PLoS one, 13(10): e0205363.
- Petry N., Boy E., Wirth JP and Hurrell RF., 2015. Review: the potential of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) as a vehicle for iron biofortification. Nutrients, 7(2): 1144-1173.
- Pinheiro C., Baeta JP., Pereira AM., Domingues H and Ricardo CP., 2010. Diversity of seed mineral composition of *Phaseolus vulgaris* L. germplasm. Journal of Food Composition and Analysis, 23(4): 319-325.
- Schmutz J., McClean PE., Mamidi S., Wu GA., Cannon SB., Grimwood J., Jenkins J., Shu S., Song Q., Chavarro C., Torres-Torres M., Geffroy V., Moghaddam S., Gao D., Abernathy B., Barry K., Blair M., Brick MA., Chovatia M., Gepts P., Goodstein DM., Gonzales M., Hellsten U., Hyten DL., Jia G., Kelly JD., Kudrna D., Lee R., Richard MM., Miklas PN., Osorno JM., Rodrigues J., Thareau V., Urrea CA., Wang M., Yu Y., Zhang M., Wing RA., Cregan PB., Rokhsar DS and Jackson SA., 2014. A reference genome for common bean and genome-wide analysis of dual domestications. Nature Genetics, 46: 707-13.
- Sönmez F., Gülser F., Karaca S and Gökkaya T., 2018. Determination of some physical and chemical properties of research area soils of Bolu Abant İzzet Baysal University. International Journal of Agricultural and Wildlife Sciences, 4(1): 68-78.
- Sperotto RA and Ricachenevsky FK., 2017. Common bean Fe biofortification using model species' lessons. Frontiers in Plant Science, 8: 2187.
- Welch RM and Graham RD., 2004. Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective. Journal of Experimental Botany, 55: 353-364.
- White PJ and Broadley MR., 2005. Biofortifying crops with essential mineral elements. Trends in Plant Science, 10: 586-593.
- WHO 2009. Global health risks, mortality and burden of disease attributable to selected major risks. Geneva, Switzerland, WHO.
- Yeken MZ., Kantar F., Çancı H., Özer G and Çiftçi V., 2018a. Breeding of dry bean cultivars using *Phaseolus vulgaris* landraces in Turkey. International Journal of Agricultural and Wildlife Sciences, 4(1): 45-54.
- Yeken MZ., Baloch FS., Nadeem MA., Çiftçi V and Karaköy T., 2018b. Variation of some seed mineral contents in 236 bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces in Turkey. International Agriculture Congress, 3-6 May, Komrat, Moldova.
- Yücel C., Baloch FS and Ozkan H., 2009. Genetic analysis of some physical properties of bread wheat grain (*Triticum aestivum* L. em Thell). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 33: 525-535.

Baklagillerde Kök, Nodül Oluşumu ve Azot Fiksasyonu Üzerine Bazı Küresel İklim Değişikliği Parametrelerinin Etkisi

İlkay Yavaş^{1*} Aydın Ünay²

¹Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Koçarlı Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Aydın

²Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Aydın

Geliş tarihi (Received): 15.12.2017

Kabul tarihi (Accepted): 09.03.2018

Anahtar kelimeler:

Baklagiller, CO₂ artışı, kuraklık, sıcaklık, tuzluluk

Özet. Küresel iklim değişikliği sürecinde atmosferdeki karbondioksit ve sıcaklıktaki artışın kuraklık ve tuzluluğu artıracığı bir gerçektir. Bu değişikliklerin özellikle kurak ve yarı-kurak iklimlerde yetiştirilen baklagilleri olumsuz yönde etkileyeceği bildirilmiştir. Bu derlemede özellikle bu olumsuzlukların kök-nodül oluşumu ve biyolojik azot özümlemesi (BNF) üzerine olan etkileri tartışılmıştır. Baklagiller ve bakteriler arasındaki simbiyotik ilişki artan CO₂ koşulları ile birlikte artışı nodül gelişimini hızlandırmış ve BNF artışı görülmüştür. Buna karşın iklim senaryolarına göre 2-4 °C sıcaklık artışı ve beraberinde kuraklığın kök tüyü infeksiyonunu, nodül sayısını, nodül büyüklüğünü, nodül gelişimini ve aktivitesini azaltarak BNF'yi olumsuz etkilediği saptanmıştır. Öte yandan tuzluluğun nodül solunumunu ve leghemoglobin içeriğini azalttığı vurgulanmıştır.

*Sorumlu yazar

iyavas@adu.edu.tr

Impact of Some Climate Change Parameters on Root, Nodule Formation and Nitrogen Fixation in Legumes

Keywords:

Legumes, elevated CO₂, drought, temperature, salinity

Abstract. In the context of global climate change, the increase in carbon dioxide and temperature in the atmosphere is a fact that will increase drought and salinity. These changes have been reported to adversely affect legumes grown especially in arid and semi-arid climates. In this review, the effects of these adverse events on root-nodule formation and biological nitrogen fixation (BNF) are discussed. The symbiotic relationship between legumes and bacteria, together with increased CO₂ conditions, accelerated nodule development and increased BNF. However, according to climate scenarios, temperature increases of 2-4 ° C with accompanying drought, decreased root hair infection, nodule number, nodule size, nodule growth and activity and BNF was found to be adversely affected. On the other hand, it was emphasized that salinity reduced nodule respiration and leghemoglobin content.

GİRİŞ

Baklagiller başta protein olmak üzere karbonhidrat ve yağ içeriği ile insan ve hayvanlar için önemli besin kaynaklarıdır. Biyolojik azot özümlemesi (BNF) ise baklagilleri ekim nöbeti içerisinde vazgeçilmez kılmaktadır. Dane bileşimlerinin yanında yeşil aksamalarının da protein içeriğinin yüksek olması yeşil gübre ve örtü bitkisi olanaklarını artırmaktadır. Bu etkileri nedeniyle toprağın fiziksel koşullarını da iyileştirerek, daha iyi strüktür yapısı sağlamakta, daha iyi su tutma kapasitesine ve havalanmaya neden olmaktadır (Prasad *et al.*, 2005). Dünyada baklagil üretimi tahıl ve yağlı tohumlardan sonra üçüncü sırada gelmektedir ve toplam üretimin %27'sini oluşturmaktadır (Graham and Vance 2013). Baklagiller gerçekleştirdikleri BNF nedeniyle, toprak verimliliğini artırmakta ve azotlu gübrelere bağımlılığı azaltmaktadır. Baklagil bitkilerinin kullanımı ile azotlu gübre kullanımı sonucu meydana gelecek çevresel ve sosyo-ekonomik tehlikeler de en aza indirilmektedir.

Atmosferde CO₂ konsantrasyonunda, ortam sıcaklığında ve kurak dönemlerde meydana gelen artış küresel değişim sürecinin bilinen sonuçları içerisinde yer almaktadır (Feller 2016). IPCC (2013) rapor sonuçları, karbondioksit (CO₂) ve metan (CH₄) gazlarının 2011 yılı konsantrasyonlarının sanayi öncesi düzeylerine göre sırasıyla 391 ppm ve 1803 ppb düzeylerine yükseldiğini göstermiştir. Bu sera gazı konsantrasyonundaki artışın 1986-2005 dönemine göre ortam sıcaklığını 2016-2035 döneminde büyük olasılıkla 0.3-0.7°C artıracığı öngörülmektedir.

Artan sıcaklık, evapotranspirasyon oranını artıracak ve su miktarındaki düşüşü şiddetlendirecektir. Yıllık evapotranspirasyon oranı yağış miktarının neredeyse iki katı olan Akdeniz Bölgesi gibi yerlerde tuzluluk problemleri yaygın bir şekilde gözlenecektir. Akdeniz iklim koşullarında su eksikliği; toprak N içeriği ve tuzluluk ile birlikte bitki büyümesini ve üretimini sınırlayan en önemli çevresel faktör olması nedeniyle önemli bir problemdir. Son 40 yılda, bitkilere uygulanan sentetik azot (N) miktarı, 12.000.000-104.000.000 ton/yıl olacak şekilde önemli derecede artmış; bu durum verimde önemli yükselişler meydana getirmiş fakat dünya genelinde çevre üzerinde olumsuz etkiler ortaya koymuştur. Aşırı gübreleme nedeniyle azotun çevre üzerindeki etkileri gittikçe belirginleşmektedir. Tane baklagiller tarımsal ekosistemlerde simbiyotik azot fiksasyonunda önemli rol oynayan önemli protein kaynağıdır (Farooq *et al.*, 2016). Biyolojik azot fiksasyonu baklagiller ve çevredeki bitkilere, fakir topraklara ilave bir azot kaynağı sağlamaktadır. Bu simbiyotik ilişki, karasal ekosistemlerde azot fiksasyonunun ana kaynağını

oluşturmakta ve kimyasal bileşiklerle toprakları gübreleme ihtiyacını azaltarak çevresel ve ekonomik yönden yarar sağlamaktadır. Biyotik stresin (hastalık, zararlı, yabancı ot) ya da abiyotik stresin (sıcaklık, su, besin elementi) olmadığı durumlarda artan CO₂ koşulları büyüme ve fotosentezdeki artış nedeniyle artacaktır. Verim ve verim bileşenleri üzerine artan CO₂'in yararlı etkisi, yüksek sıcaklığın negatif etkilerinden daha fazladır (Prasad *et al.*, 2005).

Baklagillerde kök gelişimini, nodül oluşumunu ve azot fiksasyonunu etkileyen faktörler aşağıda kısaca belirtilmiştir.

Sıcaklık

Küresel iklim değişikliği dünyanın farklı bölgelerinde ekstrem sıcaklık (yüksek veya düşük) olayları ile sonuçlanmaktadır (Bhandari *et al.*, 2017). Sıcaklık; bitkinin yetiştirme koşullarını belirleyen en önemli çevre faktörlerinden birisi olup, bitki fenolojisi ve verimini etkilemektedir. Çeşitli biyotik ve abiyotik faktörler baklagillerde üretim potansiyelini sınırlamakla birlikte, sıcaklık stresi bu potansiyeli olumsuz yönde etkileyen faktörlerin en önemlilerinden birisidir.

Aranjuelo *et al.* (2014)'e göre nodül ve bakteroid oluşumları sıcaklık artışlarına bitkinin diğer kısımlarına kıyasla daha hassastır. Düşük fotosentez oranlarına rağmen, yüksek sıcaklıklara maruz kalma yaprakta çözünmüş şeker içeriğini azaltmış fakat nodül seviyesinde önemli bir fark gözlenmemiştir. Artan sıcaklıklar nodül malat dehidrogenaz (MDH) aktivitesini bakteroid seviyesinde %50'ye kadar azaltmıştır. Yüksek sıcaklıkların glutamin sentetaz ve glutamat sentetaz gibi amino asit biyosentezinde rol oynayan enzimleri olumsuz etkilediği ve üreidlerin sentezini azalttığı ortaya çıkmıştır.

Bitkilerin maksimum ve minimum sıcaklık eşiği farklıdır. Yüksek sıcaklıklar (sıcaklık stresi) ve düşük sıcaklıklar (soğuk stresi) bitki gelişim dönemlerinde zarara yol açarak ciddi verim kayıplarına neden olmaktadır. Bazı bakteri ırklarının azot fiksasyon yeteneği sıcaklık gibi çeşitli olumsuz koşullara hassastır. Optimum sıcaklık seviyesinin altındaki sıcaklıklar, kök infeksiyonunu uzatmakta nodül gelişimi ve nitrojenaz aktivitesini engellemektedir. Rhizobium bakterilerinin sıcaklık hassasiyeti baklagillerde azot fiksasyonunu doğrudan etkilemektedir. Sıcaklıkların 10 °C'nin altına düşmesi zayıf nodülasyon oluşumu ve rhizobial gelişime neden olmuş, fakat bazı Rhizobium ve Bradirrhizobium ırklarının düşük sıcaklıklara adapte olmasına neden olmuştur (Bhandari *et al.*, 2017).

Çiçeklenme öncesi meydana gelen sıcaklık stresi, erken çiçeklenmeye yol açmış ve azot fiksasyon etkinliğini etkileyen nodüllerin dejenere olmasına yol açmıştır (Gaur *et al.*, 2015).

Yapılan bir çalışmada; yüksek sıcaklık stresine (35-38 °C, 8 saat gün⁻¹) maruz bırakılan fasulye bitkisinde nodül oluşumu gözlenmesine rağmen, azot fiksasyonunun yetersiz kaldığı belirlenmiştir. Bitkiler çiçeklenme döneminde yüksek sıcaklıklara (40 °C, 8 saat gün⁻¹) maruz kaldığında, nitrogenaz aktivitesi önemli bir şekilde azalmış, bu nedenle azot fiksasyonu da gerilemiştir (Hungria *et al.*, 1993).

Yüksek sıcaklıklar nodül oluşumunu azaltmakta, nodül fonksiyonuna zarar vermekte ve nodül yapısını etkilemektedir. Nohutta azot fiksasyon etkinliği ve nodül oluşumu üzerine sıcaklığın zararlı etkisi devam eden 30 °C gündüz/18 °C gece sıcaklıklarında gözlenmiştir (Minchin *et al.*, 1980). Gündüz sıcaklıklarındaki artış (32.5 °C) nohut bitkisinde nodülasyonu geciktirmiş, toplam azot fiksasyonu ve simbiyotik olarak aktif nodül popülasyon ömrü azalmıştır (Rawsthorne *et al.*, 1985). Nodüller 32 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda oluşmamış, nohut köklerinin 35°C'ye maruz kalması nitrogenaz aktivitesinde geri dönüşümü olmayan sonuçlar ortaya koymuştur (Dart *et al.*, 1975).

Rhizobium-baklagil birlikteliği yüksek toprak sıcaklıklarında gelişimi, Rhizobiumların hayatta kalmasını, kök tüyleri oluşumunu, infeksiyon iplikçığı oluşumunu, kök nodüllerinin yapısal gelişimini, nitrogenaz enzim aktivitesini etkileyerek nodül sayısını ve nodül çapını azaltmıştır (Prasad *et al.*, 2005).

Kuraklık

Dünyanın birçok bölgesinde baklagil üretimi kuraklıktan olumsuz bir şekilde etkilenmektedir. Kuraklık veya tuzluluk gibi bazı çevresel koşullar, nodüllerin yaşlanmasına ve O₂ dengesizliğine neden olmaktadır. Oksijen geçirgenliğindeki azalma, bakteroid için oksijenin sınırlanmasına yol açmaktadır. O₂ kontrolündeki dengesizlik, hücre hasarına yol açabilen Reaktif oksijen türleri (ROS) oluşumu ile ilişkilidir. Kurak koşullar baklagillerin nodülasyonunu ve infeksiyonunu azaltarak morfolojik değişikliklere yol açmaktadır. Soyada yapılan bir çalışmada kuraklığın nodül çapını azalttığı ve soya nodüllerinde lentisellerin kayıplarına neden olduğu anlaşılmıştır. Baklada düşük toprak nemi, infeksiyon iplikçığı sayısını önemli bir şekilde azaltmıştır. Kuraklığa maruz kalan bakla bitkilerinde dış kortikal hücrelerde deformasyon ortaya çıkmıştır. Kuraklık ayrıca daha düşük nitrogenaz aktivitesine yol açarak kök bakteroidlerine dayanıklılıkta oksijen difüzyonunu artırarak simbiyotik

azot fiksasyonunu etkilemiştir. Bu da tane baklagiller için önemli olup, protein biyosentezi için daha düşük azot ile sonuçlanmakta ve tane verimini azaltmaktadır (Farooq *et al.*, 2016).

Kunert *et al.* (2016)'nın bildirdiğine göre; kurak koşullar altında soya bitkisinde kök uzunluğu ve biyomas birikimi azalmıştır. Kuraklık sadece kök yapısında (kök derinliği, kök dallanma yoğunluğu ve kök açısı) değişikliğe yol açmamış ayrıca kök kütleindeki artış ile kök ve sürgün biyoması da değişmiştir. Soya bitkisi şiddetli kuraklık koşullarına maruz kaldığında nodül sayısı da azalmıştır. Nodüllerin kuraklık toleransı, daha fazla nodül biyoması oluşturma ve kuraklık süresince nodüllere fotosentez ürünleri sağlamayı sürdürme yeteneği ile ilişkilidir. Şiddetli kuraklığa maruz kalma durumu nitrogenaz aktivitesini zayıflatmaktadır. Bu durum simbiyotik azot fiksasyonu için nodüllere fotosentez ürünlerinin sağlanmasının azalmasından ve oksijen difüzyon bariyerinin yıkılması ya da leghemoglobin kaybını da içeren bazı faktörlerden kaynaklanabilmektedir.

Su stresi koşullarında, fotosentez aktivitesi azalmakta veya engellenmekte, nitrogenaz aktivitesinde düşüş ile birlikte bakteroidlere karbonhidrat temini azalmaktadır. Bu durum nodüllerde sükrözün parçalanmasından sorumlu enzimlere (sükröz sentaz (SuSy)) bağlı olabilmektedir. Nitrogenaz aktivitesindeki azalma azotlu bileşiklerin birikimi ile ilişkilendirilmektedir. Bu bileşiklerin birikimi, nodüldeki karbonhidrat miktarının düşmesi ya da ksilemde taşınmada bozulma ya da azotlu bileşiklerin bitkiye taşınımının azalmasından kaynaklanabilmektedir. Bu bileşiklerin birikimi, nitrogenaz aktivitesinin engellenmesi sonucu negatif bir geri besleme mekanizmasına neden olmaktadır. Ayrıca, azot birikimi, azot isteğinin azalmasından kaynaklanabilmekte ve nitrogenaz aktivitesinin engellenmesi sonucu nodüllerde N₂ fiksasyon ürünlerinin birikmesine neden olabilmektedir. Su stresi koşulları O₂ difüzyon geçirgenliğinde ve nodül solunumunda azalmaya dolayısıyla ATP sentaz yoluyla düşük enerji üretimine neden olmaktadır (Aranjuelo *et al.*, 2014).

Çöl topraklarında *Rhizobium* oluşumu ve baklagillerde etkili nodülasyon, *Rhizobiumların* kısıtlı su koşullarında da toprakta oluştuğunu göstermiştir. Fakat popülasyon yoğunluğu kurak koşullarda düşük olma eğilimindedir. Bazı serbest yaşayan *Rhizobiumlar* (saprofitik) kuraklık stresi ya da düşük su içeriğinde hayatta kalma yeteneğindedirler. *Rhizobiumların* su stresine (düşük nem içeriğine) en erken tepkilerinden birisi morfolojik değişiklikler ile ilişkilidir. *T. subterraneum* ile yapılan bir çalışmada; toprak

nemindeki düşüş enfeksiyon iplikçikleri sayısını önemli bir şekilde azaltmış ve nodül oluşumunu tamamen engellemiştir (Worrall and Roughley 1976). Yine soya ile yapılan bir başka çalışmada; orta derecede su stresinin soya köklerinde nodül sayısını azalttığı, orta ve şiddetli derecede su stresinin ise nodül boyutunu küçülttüğü bildirilmiştir (Williams and De Mallorca 1984). Baklagillerde simbiyotik N₂ fiksasyonu toprakta nem eksikliğine oldukça hassastır. *Medicago sativa*, *Pisum sativum*, *Arachis hypogea*, *Vicia faba*, *Glycine max*, *Vigna sp.*, *Aeschynomene* ve *Adenocarpus* gibi baklagillerde toprakta nem eksikliği durumunda azot fiksasyonunda azalma gözlenmiştir (Zahran 1999). Toprakta nem eksikliğine karşı nodül oluşumu, gelişimi ve aktivitesi, kök ve sürgün metabolizmasına kıyasla daha duyarlıdır. Su stresine karşı nodül oluşumu ve azot fiksasyonunun tepkisi bitki büyüme dönemine bağlı olarak değişmektedir. Vejetatif gelişme döneminde meydana gelen su stresi nodül oluşumu ve azot fiksasyonu üzerinde generatif döneme kıyasla daha zararlıdır. Su stresine duyarlılık *Rhizobium* ırkının çeşidine bağlı olarak değişmektedir. Su stresinin bazı baklagil yem bitkilerinde örneğin *M. sativa* ve tane baklagillerde örneğin *Arachis hypogea* ve bazı tropik bölge baklagillerinde de örneğin *Desmodium intortum*'da azot fiksasyonu üzerinde hiçbir etkiye sahip olmadığı ya da çok az etkisinin olduğu gözlenmiştir. Organik çözeltilerin birikimi devam eden ve şiddetli su stresine maruz kalan bitkilerin belirgin bir tepkisidir. *Glycine max* ve *Phaseolus vulgaris* gibi farklı baklagillerde bu çözeltilerden birisi de prolindir. Bu bitkilerde prolin birikimi ve kuraklık toleransı arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Diğer bileşikler örneğin serbest aminoasitler ve diğer düşük moleküler ağırlığa sahip çözeltiler örneğin pinitol, kuraklık stresinde çeşitli baklagillerde gözlenmiştir (Zahran 1999).

Toprakta nem eksikliği, N₂ fiksasyonu üzerinde belirgin bir etkiye sahiptir. Çoğu durumda, suyun tutulmasından 3 gün sonra nitrogenaz aktivitesi azalmaya başlamış ve bu düşüş gün geçtikçe daha belirgin hale gelmiştir. Su stresi altında, yaprak seviyesinde Rubisco'nun bozulması ve stomaların kapanması nedeniyle fotosentez engellenmiştir. Bu durum malat şeklinde sükröz birikimine ve organik asitlerin azalmasına neden olmuştur. Bu da bakteroid solunumu için substrat sıkıntısına yol açmıştır. Sonuç olarak, enfekte bölgede geçici bir oksijen birikimi meydana gelmiş ve nitrojenaz hasarını önlemek için oksijen difüzyon bariyerinin direncinde artış gözlenmiştir. Hem solunum substratlarının tüketilmesi hem de oksijen difüzyon bariyerinin kapatılması, BNF'da düşüşe neden olmuştur. Erken kuraklık koşullarında azotlu bileşiklerde artış gözlenmiştir.

Ayrıca nodülde osmotik düzenleyici etkinliğe sahip çözümler şekerler (sükröz, rafinoz), şeker alkoller (galaktinol, miyo-inositol, pinitol) ve organik asitlerde (fumarik asit, malat) artışa neden olduğu ortaya çıkmıştır. Organik çözeltilerin birikimi su stresi koşullarında turgorun onarımı, serbest radikallerin yol açtığı oksidatif hasarın azaltılması, membran yapısı ve enzimlerin stabilizasyonunu içermektedir. Belli organik çözeltilerin (ozmotik) birikimi, uzun süreli şiddetli su stresine maruz kalan bitkilerin karakteristik bir tepkisidir. Bu anlamda, bitkiler, nodül ve yaprak su durumunu stabilize etmek için belirgin miktarda karbonhidrat yönlendirmektedir. *M. sativa*'da kuraklığa maruz kalan nodüllerde çözümler şeker ve organik asit birikimi gözlenmiştir. Bu birikim nodüllerdeki karbonhidratların mobilizasyonundan kaynaklanmıştır. Ağır kuraklık koşullarında, solunumda ki düşüş, sitosolik leghemoglobin içeriğindeki artış, katalitik Fe'nin zenginliği ve redoks proteinlerinin varlığı ROS içeriğini düzenlemenin önemini ortaya koymuştur. Bununla birlikte şiddetli su stresinin antioksidan aktivitesinde düşüşe neden olduğu gözlenmiştir. Yaprak azot içeriği, toplam çözümler proteinler (TSP) ve Rubisco içeriği düşük su içeriğinden olumsuz etkilenmiştir. Daha düşük sürgün N isteği, nodül TSP içeriğini ve N₂ asimilasyonunda rol oynayan malat dehidrojenaz (MDH) ve aspartat aminotransferaz (AAT) gibi enzimlerin aktivitesini olumsuz yönde etkilemiştir. MDH'nin daha düşük olması, nodüllerde malatın bulunabilirliğini azaltmıştır. Kurak koşullarda bitkilerin nodül kuru madde üretimindeki fotoasimilatların daha düşük olması, bitki düzeyinde düşük N₂ fiksasyonuna neden olmuştur. Şiddetli kuraklık koşullarında ise nodüllerdeki oksidatif stres ve azotlu bileşiklerin birikimi zayıf nodül oluşumuna neden olmuştur. Orta ve şiddetli stres koşullarında bitkiler, ozmoregülatör ve antioksidan bileşikler meydana getirmiştir. *M. sativa*, *P. vulgaris*, *P. sativum* ve soya fasulyesi gibi N-fiksasyon bitkilerinin, azotu indirgeyen bitkilere göre kuraklığa daha toleranslı olduğu gözlenmiştir (Aranjuelo *et al.*, 2014).

Kuraklık stresine maruz kalan soya bitkilerinin yaprak saplarında üreid miktarı artmış, azot fiksasyonu ve transpirasyon oranı ise düşmüştür. Bu nedenle üreid miktarı transpirasyon oranı ve nodül aktivitesi için bir belirleyici faktör olmuştur (De Silva *et al.*, 1996). Kuraklık stresine maruz bırakılan *Phaseolus vulgaris* ve *Sesbania aculeata* bitkilerinde yaprak ve nodüllerde nitrat redüktaz aktivitesi azalmış fakat tuza toleranslı olan *Sesbania aculeata* bitkisinin kuraklığa da daha toleranslı olduğu gözlenmiştir. Ayrıca kuraklığa tolerans nodülde glisin betain içeriği, prolin ve nitrat redüktaz aktivitesinin yüksek olması ile

ilişkilendirilmiştir (Ashraf and Iram 2005).

Nodül tipolojisindeki çeşitlilik bazı baklagillerin daha yüksek azot fiksasyonundan sorumludur. Örneğin bakla ve yer fıstığındaki gibi endodermiste oluşan (sınırsız) nodüller, börülce, siyah mercimek ve yeşil mercimekteki yüzeysel olarak tutunan (sınırlı) nodüllerden su stresine daha iyi karşı koyma yeteneğindedirler (Subbarao *et al.*, 1995). Sınırsız büyüme durumunda olan nodüller olumsuz koşullar sonrasında hızlı bir şekilde büyüyebilirken, sınırlı büyümeye sahip olan nodüller kısa ömürlü olup, bitki gelişimi süresince bu ortamdan uzaklaştırılmalıdır.

Tuzluluk

Tuzluluk, su veya toprakta çözünmüş mineral tuzların konsantrasyonundan ileri gelmektedir. Baklagiller tuzluluğa oldukça hassas bitkilerdir. *Rhizobium* bakterileri ise kendi konukçularına göre tuza daha toleranslıdır. Bazı *Rhizobium* bakterilerinin gelişiminin 100 mM NaCl ortamında engellendiği, *R. meliloti*'nin 300-700 mM NaCl uygulamasına toleranslı olduğu gözlenmiştir. Kök çevresinde Na⁺ ve Cl⁻ iyonlarının yüksek oranda bulunması ve suyun kısıtlı olduğu alanlar, kurak ve yarı kurak iklimlerde baklagillerin coğrafik alanlarını sınırlamaktadır. Genellikle tuzlu koşullar bitkileri osmotik stres ya da iyon toksisitesi olmak üzere iki şekilde etkilemektedir. Fakat baklagiller için üçüncü bir durum söz konusudur bu da *Rhizobiumlar* tarafından nodülasyonun azalmasıdır. Çünkü tuzluluk *Rhizobium*larda nodül oluşumunu azaltarak ya doğrudan ya da dolaylı olarak etkide bulunmaktadır (Hanumantha Rao *et al.*, 2016). Bununla birlikte, baklagillerin tuzluluğa tepkisi büyük oranda toprak özelliklerine, büyüme dönemlerine ve baklagil türlerine bağlı olarak değişmektedir. Nodül oluşumu tuz stresine hassas olup, tuzlu koşullarda kök tüylerinin kıvrılması engellenmiş, bakteriyel kolonizasyon ve infeksiyon büyük ölçüde azalmıştır. Yüksek oranda tuzluluk ayrıca baklagillerdeki bitki büyümesini ve simbiyotik ilişkileri olumsuz etkilemiştir (Aranjuelo *et al.*, 2014).

Nohut bitkisinde tuz uygulamaları hassas çeşitlerde nodül sayısı, nodül kuru ağırlığı ve azot fiksasyonunu azaltmış, toleranslı çeşitlerde ise tuz konsantrasyonunun artışı ile nodül oluşumu ve nodül biyomas ağırlığı teşvik edilmiştir (Garg and Singhla 2004). Yapılan bir çalışmada; tuz stresine maruz kalan *Medicago ciliaris* hatlarından, toleranslı olan türde bitki büyümesinin %21, hassas olanda ise %73 oranında engellendiği ve sırasıyla N₂ fiksasyonunun %60 ve %86 oranında azaldığı gözlenmiştir. Tuza duyarlı bitkilerde (*M. ciliaris*), çözünebilir şeker içeriğinin (sükroz dahil) nodüllerde azaldığı ortaya

çıkmıştır. Sükroz sentezi ve alkal/nötral invertaz araştırmaları bu bitkilerin düşük sükroz içeriğinin enzim performansının düşmesinden kaynaklandığını göstermiştir. Üstelik düşük malat içeriği bakteroidal solunum için substrat eksiliğine yol açmış bunun sonucunda nitrojenaz aktivitesi azalma göstermiştir (Soussi *et al.*, 1999).

Tuz stresi koşullarında azot fiksasyonundaki azalma genellikle nodül solunumunda düşüş ile ilişkilendirilmiştir. Tuza toleranslı bitkilerde nodüller içerisindeki çözünebilir şeker içeriğinin arttığı gözlenmiştir. Tuzlu koşullara toleranslı bitkilerin daha iyi performans göstermeleri, fotosentez aktivitesini koruma ve yüksek sakkarolitik aktivitesini devam ettirme ile ilişkili olduğu vurgulanmıştır. Bazı baklagiller (*Vicia faba*, *Phaseolus vulgaris* ve *Glycine max*) *Pisum sativum*'a göre tuza daha toleranslıdır. Ayrıca baklagiller, baklagil-*Rhizobium* birlikteliğinde ve nodül oluşumunda tuz veya osmotik strese *Rhizobium* bakterilerine göre daha duyarlıdır. Tuz stresi *Rhizobium*-Baklagil birlikteliğinin ilk aşamasını engellemektedir. Örneğin *Bradyrhizobium japonicum* ile aşılana soya bitkilerinde 170 mM NaCl varlığında kök tüylerinin daha az kıvrılma veya deformasyon gösterdiği, 210 mM NaCl'de ise tamamen engellendiği gözlenmiştir. (Tu 1981). Tuz stresi, azot fiksasyon aktivitesinde azalma, nodüldeki solunumun sitosolik protein üretimi özellikle süperoksit dismutaz (SOD), dehidroaskorbat redüktaz (DR) ve peroksidaz, simbiyozom membranının bütünlüğünü ve bundan dolayı leghemoglobin içeriğini olumsuz yönde etkilemiştir. Baklagillerde azot fiksasyonu üzerine tuz stresinin etkisi sürgünde N içeriği ve kuru ağırlıktaki tuza dayalı azalma ile ilişkilidir. Fotosentez aktivitesindeki azalma tuz stresi koşullarında baklagillerde azot fiksasyonunu etkilemiştir. Örneğin tuzlu koşullara toleranslı *Rhizobium* ırkları soya ile etkin bir azot fiksasyon birlikteliği kurmuştur (El-Sheikh and Wood 1995). Tuza toleranslı *Rhizobium* ırkları orta derecede tuzlu topraklarda baklagiller ile nodül oluşturmuş ve etkili azot fiksasyonu için simbiyotik ilişki ortaya çıkmıştır. Bu nedenle tuza toleranslı *Rhizobium* ırklarının çeşitli baklagiller ile inokulasyonu tuzlu ortamlarda azot fiksasyonunu iyileştirmiştir (Zahran 1999).

Toplam çözünebilir şekerlerdeki artış çoğunlukla osmoregülatör oluşumlarla ilişkili olarak, osmoregulantların birikimi, koruma stratejisi yerine tuz tarafından meydana gelen hasarın bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Nodül işlevinde tuz etkisi yanında iyon birikimi de (çoğunlukla Na⁺ ve Cl⁻) sitotoksiteyi ortaya çıkarmıştır. İyonlar vakuollerde depolanmadıkları sürece, hücresel bileşenlerin zarar

görmesine, enzimatik aktivitelerin bozulmasına ve fazla miktarda ROS üretimine neden olmuştur. Ayrıca oksidatif stres artan tuzluluk koşullarında nodüllerin performansını azalttığı gözlenmiştir (Aranjuelo *et al.*, 2014).

Hanumantha Rao *et al.* (2016)'nın yaptığı bir araştırmada; tuzluluğun nohut, börülce ve maş fasulyesinde nodüllerin azot fiksasyon etkinliğini, nodül ağırlığını ve sayısını azalttığı gözlenmiştir. Geri dönüşümü olmayan oksidasyon nedeniyle nodüllerin yaşlanmasına bağlı olarak leghemoglobin içeriğinde önemli düşüşler ortaya çıkmıştır. Nodül oluşumu 6 dSm^{-1} tuz koşullarında gözlenmesine rağmen azot fiksasyonu tamamen engellenmiştir.

Tuzlu koşullar Rhizobiumların hayatta kalmasını ve çoğalmasını olumsuz yönde etkilemektedir. İnfeksiyon iplikçığı oluşumu engellenmekte ve doğrudan kök nodül fonksiyonuna etki etmektedir. Stres koşullarının ortadan kalkması ile birlikte nodül oluşumu hızlı bir şekilde eski haline dönmektedir. Baklagillerin çoğu tuz oranı yüksek topraklara hassasiyetleri nedeniyle zayıf bir şekilde nodül oluşturmaktadır. Tuzun azot fiksasyonu üzerindeki negatif etkisi, nodüllere fosfat ve solunum sübstratlarının sağlanmasının azalması ve oksijen difüzyon bariyerindeki değişikliklerden kaynaklanmıştır (van Hoorn *et al.*, 2001; Niste *et al.*, 2014).

Azot fiksasyonundaki azalma, nitrogenaz aktivitesi üzerinde doğrudan, leghemoglobin içeriği, solunum oranı, nodüldeki malat ve fosfat içeriğinde azalmaya yol açarak dolaylı olarak etkide bulunmaktadır. Tuzluluk nodüllerdeki oksijen difüzyon direncini artırmakta ve yapılarını değiştirmektedir. Tuzlu koşullar altında azot fiksasyonunda azalma, katalaz, askorbat peroksidaz gibi H_2O_2 süpürme enzimleri aktivitesi ile askorbik asit gibi antioksidanların seviyesindeki azalma ile paralellik göstermektedir. Nodüller tuzlu koşullar altında prolin, şekerler (pinnitol) ve laktik asit gibi çözümler biriktirerek, tuzlu koşullar altında ozmoregülasyonun üstesinden gelmiş gibi görünmektedir. Tuzluluğun nodül fonksiyonları üzerinde olumsuz etkilerinin şiddeti bitki türüne, Rhizobium ırkına, tuzlu koşullara maruz kalma süresine, çevre koşullarına ve tuz konsantrasyonuna bağlı olarak değişmektedir (Swaraj and Bishnoi 1999). Bitki nodüllerindeki azot fiksasyonu tuzluluğa bitki büyümesinden daha hassastır. Nodül oluşumu ve işlevi tüm bitki gelişim dönemlerinde tuzluluktan olumsuz etkilenmektedir (Bruning *et al.*, 2015). Tuzlu koşulların asetilen redüksiyon aktivitesi üzerindeki olumsuz etkisi sürgünlerdeki azot içeriği ve kuru ağırlıktaki tuza dayalı azalma ile doğrudan ilişkilidir (Cordovilla *et al.*, 1995). Maş fasulyesi genotipleri tuzlu koşullara maruz

kaldığında nodüllerin nisbi nem içeriğinin azaldığı bildirilmiştir (Manchanda and Garg 2008). Fasulye bitkisi NaCl 'e maruz kaldığında nodüllerde yüksek oranda Na^+ ve Cl^- gözlenmiştir (Ashraf and Bashir 2003). Bolanos *et al.* (2006) da tuzlu koşullarda bezelye köklerindeki nodüllerde demir içeriğinin şiddetli bir şekilde azaldığını saptamışlardır. Tuzluluk kök tüyü gelişimini engellemek ve bitki başına nodül sayısını azaltmak suretiyle infeksiyon oluşumunu ve nodül birim ağırlığı başına azot fiksasyon miktarını etkilemiştir (Manchanda and Garg 2008). Tejera *et al.* (2005) tuzlu koşullarda fasulye bitkilerinde azalan azot fiksasyon parametrelerinin azot fiksasyonunun bir göstergesi olan asetilen redüksiyon aktivitesi ve nodül sayısında azalma şeklinde tepki verdiğini vurgulamışlardır. Tuzlu koşullara maruz kalan bezelye, bakla, fasulye ve soya gibi bazı baklagil bitkilerinde hem azot fiksasyonu hem nodül solunumu belirgin bir şekilde engellenmiş ve bu nedenle dolaylı olarak leghemoglobin içeriği ve solunum azalmıştır (Swaraj and Bishnoi 1999).

CO₂ artışı

Fotosentez, transpirasyon ve biyomas üretimi CO₂ değişimine oldukça hassastır. Artan CO₂ koşulları, ekosistem fonksiyonlarını ve tarımsal verimi etkilemektedir. Bitki C:N dengesi burada büyük önem taşımaktadır. Azot, bitki büyümesi ve tohum üretimini sınırlayan en önemli faktörlerden birisidir. Bu nedenle artan CO₂ nedeniyle karbon varlığındaki artış, azot eksikliğini artırmakta ve bitkideki azot içeriğinde azalmaya neden olmaktadır (Hikosaka *et al.*, 2011).

CO₂ artışı, dokulardaki N içeriğini azaltmakta, N eksikliği belirtileri hızlanmakta fakat bitki biyomas üretimini etkilememektedir. Özellikle nodüllerde CO₂ artışı, nodül gelişimi için hayati fonksiyonlar ile malonat için önemli bir karbon kaynağı olan malat birikimini artırmaktadır. Artan CO₂ koşullarında daha yüksek fotosentetik asimilasyon oranları, kök ve sürgün biyoması gözlenmektedir. Bu artış ya kök gelişiminin teşviki ya da kök salgı oranının daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. CO₂ artışı ile kök salgılarındaki artış, rizosferdeki mikrobiyal gelişimi ve aktiviteyi teşvik edebilmektedir (Haase *et al.*, 2007).

CO₂'in arttığı koşullarda azot fiksasyonundaki artış nodül boyutunda, nodül sayısında ve nitrogenaz aktivitesinde artışla sonuçlanmaktadır. Büyük nodül kütlelerine sahip baklagil türleri artan CO₂ koşullarına daha şiddetli tepki vermektedirler (Rogers *et al.*, 2009; Cernusak *et al.*, 2011).

Yapılan araştırmalarda; CO₂ artışına maruz kalan yonca ve bezelye bitkilerinde nodül C etkinliğinin (daha fazla kuru madde ve karbonhidrat içeriği) arttığı

ancak bu artışın toprak üstü aksamdaki karbonhidrat artışına yansımadağı saptanmıştır (Rogers *et al.*, 2009; Cernusak *et al.*, 2011). Karbondioksit artışına (700 mol mol⁻¹ CO₂) maruz kalan *M. sativa* bitkisinde, N₂ fiksasyonunda artış olmasına rağmen, daha fazla fotoasimilat oluşumunun nodül N₂ fiksasyonundaki artışa etki etmediği gözlenmiştir. Üstelik CO₂ artışına maruz kalan bitkilerin nodüllerinde karbonhidrat içeriğinin azaldığı ortaya çıkmıştır (Aranjuelo *et al.*, 2014).

Baklagil bitkilerinin CO₂ artışına tepkisi çevresel koşullara, bitki türlerine ve bakteri irkına bağlı olarak değişmektedir. Örneğin; yüksek CO₂ koşullarında, *Pisum sativum* bitkisinde protein ve serbest amino asit içeriğinde bir düşüş gözlenmesine rağmen, nodüllerdeki amino asit içeriğinde bir değişim olmadığı ortaya çıkmıştır. CO₂ artışına maruz kalan bezelye bitkisinde 3 hafta sonra N₂ fiksasyonunun arttığı da görülmüştür (Aranjuelo *et al.*, 2014). CO₂'nin 2 katına çıkması, soyada BNF'da önemli artışlara neden olmuştur. İki hafta yüksek CO₂ miktarına maruz kalma soya bitkisinde nitrogenaz aktivitesini, nodül kütlesini ve sayısını artırmakta iken, 48 saat gibi kısa süre CO₂'e maruz kalmanın hiçbir etkisi gözlenmemiştir. (Finn and Brun 1982). Bezelyede yapılan bir çalışmada; uzun süreli CO₂ artışının, nodül gelişimini artırarak azot fiksasyonunu teşvik ettiği, kısa süreli CO₂ artışlarının ise nodül fonksiyonunun etkileyerek azot fiksasyonunu arttırdığı bulunmuştur (Phillips *et al.*, 1976). Ayrıca fasulyede yüksek CO₂ miktarına maruz kalmanın nitrogenaz aktivitesini arttırdığı bildirilmiştir (Ortega *et al.*, 1992). Artan CO₂ miktarı soyada kök kütlesi, kök gelişimini ve dağılımını etkilerken (Prasad *et al.*, 2005), yüksek toprak sıcaklıkları yerfıstığında kök/sürgün oranını, kök gelişimini, nodül ağırlığını ve nodül sayısını önemli bir şekilde düşürmüştür (Prasad *et al.*, 2000). Üstelik nodül sayısı ve nodül kuru ağırlığındaki düşüşler, yüksek toprak sıcaklıklarında yüksek hava sıcaklıklarına nazaran daha hassastır (Prasad *et al.*, 2001).

CO₂ artışına maruz kalma toplam kök kuru madde ağırlığını, kök hacmini ve kök uzunluğunu artırmıştır. Ayrıca merkezi silindirin çapında ve korteksin genişliğindeki artışlar nedeniyle de kök anatomisinde önemli değişiklikler meydana gelmiştir. Fakat CO₂ zenginleştirmesinin toplam kök sayısı ya da belirli derinlikteki kök sayısı üzerine etkisinin olmadığı gözlenmiştir (Reddy *et al.*, 1997). Baklagillerde CO₂ artışının direkt etkisi kök büyümesi ve kütlesindeki artış, nodülasyon, mikrobiyal aktivite ve dolayısıyla BNF üzerine olmuştur. Artan CO₂ koşullarında artan fotosentetik karbon fiksasyonu, mikrobiyal aktivite için daha fazla enerji sağlamış ve baklagillerde azot

fiksasyonunu kolaylaştırmıştır. Baklagiller ve bakteriler arasındaki simbiyotik ilişki artan CO₂ koşullarında daha fazladır. CO₂ konsantrasyonundaki artış nodül gelişimini (nodül kuru ağırlığı ve nodül sayısı) ve nodül fiksasyonunu (nitrogenaz aktivitesi, azot fiksasyonu ve tüm bitki azot içeriği) artırmıştır (Prasad *et al.*, 2005).

SONUÇ

İklim değişikliği tane baklagillerde kök gelişimini, nodül oluşumunu ve azot fiksasyonunu önemli derecede etkilemektedir. CO₂'in arttığı koşullarda azot fiksasyonundaki artış nodül çapında, sayısında ve nitrogenaz enzim aktivitesinde artışla sonuçlanmaktadır. Tane baklagiller tüm gelişim dönemlerinde özellikle generatif dönemde hem düşük hem yüksek sıcaklıklara oldukça duyarlıdır. Kurak koşullar ise baklagillerde nodül sayısını, çapını, infeksiyon iplikliği oluşumunu önemli bir şekilde azaltmaktadır. Baklagiller ayrıca tuzluluğa da oldukça hassas bitkilerdir. Tuzlu koşullar altında baklagil bitkilerinde kök tüyü infeksiyonu engellenmekte, nodül sayısı, azot fiksasyonu, nodül solunumu ve leghemoglobin içeriği azalmaktadır.

KAYNAKLAR

- Aranjuelo I., Arrese-Igorb C and Moleroc G., 2014. Nodule performance within a changing environmental context. *Journal of Plant Physiology*, 171: 1076-1090.
- Ashraf M and Bashir A., 2003. Salt stress induced changes in some organic metabolites and ionic relations in nodules and other plant parts of two crop legumes differing in salt tolerance. *Flora*, 198: 486-98.
- Ashraf M and Iram A., 2005. Drought stress induced changes in some organic substances in nodules and other plant parts of two potential legumes differing in salt tolerance. *Flora*, 200: 535-546.
- Bhandari K., Dev Sharma K., Hanumantha Rao B., Siddique KHM., Gaur P., Agrawal SK., Nair RM and Nayyar H., 2017. Temperature sensitivity of food legumes: a physiological insight. *Acta Physiologiae Plantarum*, 39: 68.
- Bolaños L., Martín M, El-Hamdaoui A., Rivilla R and Bonilla I., 2006. Nitrogenase inhibition in nodules from pea plants grown under salt stress occurs at the physiological level and can be alleviated by B and Ca. *Plant and Soil*, 280: 135-142.
- Bruning B., van Logtestijn R., Broekman R., de Vos A., Gonza'lez AP and Rozema J., 2015. Growth and nitrogen fixation of legumes at increased salinity under field conditions: Implications for the use of green manures in saline environments. *AoB Plants*, 7: 1-8.
- Cernusak LA., Winter K., Martinez C., Correa E., Aranda J., Garcia M., Jaramillo C and Turner BL., 2011. Responses of legume versus nonlegume tropical tree seedlings to

- elevated CO₂ concentration. *Plant Physiology*, 157: 372-385.
- Cordovilla MP., Ligerio F and Lluch C., 1995. Influence of host genotypes on growth, symbiotic performance and nitrogen assimilation in faba bean (*Vicia faba* L.) under salt stress. *Plant and Soil*, 172: 289-297.
- Dart PJ., Islam R and Eaglesham A., 1975. The root nodule symbiosis of chickpea and pigeonpea. In Proceedings, International Workshop in Grain Legumes, 13-16 January, ICRISAT, Patancheru, India, pp. 63-83.
- De Silva M., Purcell LC and King CA., 1996. Soybean petiole ureide response to water deficits and decreased transpiration. *Crop Science*, 36: 611-616.
- El-Sheikh EAE and Wood M., 1995. Nodulation and N₂ fixation by soybean inoculated with salt-tolerant rhizobia or salt-sensitive bradyrhizobia in saline soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 27: 657-661.
- Farooq M., Gogoi N., Barthakur S., Baroowa B., Bharadwaj N., Alghamdi SS and Siddique KHM., 2016. Drought stress in grain legumes during reproduction and grain filling. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 203: 81-102.
- Feller U., 2016. Drought stress and carbon assimilation in a warming climate: reversible and irreversible impacts. *Journal of Plant Physiology*, 203: 84-94.
- Finn GA and Brun WA., 1982. Effects of atmospheric CO₂ enrichment on growth, nonstructural carbohydrate content and root nodule activity in soybean. *Plant Physiology*, 69: 327-331.
- Garg N and Singla R., 2004. Growth, photosynthesis, nodule nitrogen and carbon fixation in the chickpea cultivars under salt stress. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 16(3): 137-146.
- Gaur PM., Samineni S., Krishnamurthy L., Kumar S., Ghanem ME and Beebe S., 2015. High temperature tolerance in grain legumes. *Legume Perspect*, 7: 6-7.
- Graham PH and Vance CP., 2003. Legumes: importance and constraints to greater use. *Plant Physiology*, 131: 872-877.
- Haase S., Neumann G., Kania A., Kuzyakov Y., Römheld V and Kandeler E., 2007. Elevation of atmospheric CO₂ and N-nutritional status modify nodulation, nodule-carbon supply, and root exudation of *Phaseolus vulgaris* L. *Soil Biology and Biochemistry*, 39: 2208-2221.
- Hanumantha Rao B., Nair RM and Nayyar H., 2016. Salinity and High Temperature Tolerance in Mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) from a Physiological Perspective. *Frontiers in Plant Science*, 7: 957.
- Hikosaka K., Kinugasa T., Oikawa S., Onoda Y and Hirose T., 2011. Effects of elevated CO₂ concentration on seed production in C₃ annual plants. *Journal of Experimental Botany*, 62: 1523-1530.
- Huang J and Redman RE., 1995. Solute to salinity and calcium supply in cultivated and wild barley. *Journal of Plant Nutrition*, 18: 1371-1389.
- Hungria M., Franco AA and Sprent JJ., 1993. New sources of high temperature tolerant rhizobia for *Phaseolus vulgaris* L. *Plant and Soil*, 149: 103-109.
- IPCC 2013. Summary for Policymakers Climate Change 2013: The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Eds. Stocker D., Qin GK., Plattner MMB., Tignor SK., Allen J., Boschung A., Nauels Y., Xia VB and Midgley PM). Cambridge University Press. pp. 5-9.
- Kunert KJ., Vorster BJ., Fenta BA., Kibido T., Dionisio G and Foyer CH., 2016. Drought stress responses in soybean roots and nodules. *Frontiers Plant Science*, 7: 17.
- Manchanda G and Garg N., 2008. Salinity and its effects on the functional biology of legumes. *Acta Physiologiae Plantarum*, 30: 595-618.
- Minchin FR., Summerfield RJ., Hadley P and Roberts EH., 1980. Growth, longevity and nodulation of roots in relation to seed yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Experimental Agriculture*, 16: 241-261.
- Niste M., Vidican R., Rotar I., Stoian VR and Pop Miclea R., 2014. Plant nutrition affected by soil salinity and response of rhizobium regarding the nutrients accumulation. *Journal of ProEnvironment*, 7: 71-75.
- Ortega JL., Sanchez F., Soberon M and Flores ML., 1992. Regulation of nodule glutamine-synthetase by CO₂ levels in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Physiology*, 98: 584-587.
- Phillips DA., Newell KD., Hassell SA and Felling CE., 1976. The effect of CO₂ enrichment on root nodule development and symbiotic N₂ reduction in *Pisum sativum* L. *American Journal of Botany*, 63: 356-362.
- Popelka JC., Terryn N and Higgins TJV., 2004. Gene technology for grain legumes: can it contribute to the food challenge in developing countries? *Plant Science*, 167: 195-206.
- Prasad PVV., Craufurd PQ and Summerfield RJ., 2000. Effect of high air and soil temperature on dry matter production, pod yield and yield components of groundnut. *Plant and Soil*, 222: 231-239.
- Prasad PVV., Craufurd PQ., Kakani VG., Wheeler TR and Boote KJ., 2001. Influence of high temperature during pre- and post-anthesis stages of floral development on fruit-set and pollen germination in peanut. *Australian Journal of Plant Physiology*, 28: 233-240.
- Prasad PVV., Allen Jr., LH and Boote KJ., 2005. Crop Responses to elevated carbon dioxide and interaction with temperature: Grain legumes. *Journal of Crop Improvement*, 13(1/2): 113-155.

- Rawsthorne S., Hadley P., Roberts EH and Summerfield RJ., 1985. Effects of supplemental nitrate and thermal regime on the nitrogen nutrition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) II: Symbiotic development and nitrogen assimilation. *Plant and Soil*, 83: 279-293.
- Reddy KR., Hodges HF and McKinion JM., 1997. Crop modeling and applications: a cotton example. *Advances in Agronomy*, 59: 225-290.
- Rogers A., Ainsworth EA and Leakey AD., 2009. Will elevated carbon dioxide concentration amplify the benefits of nitrogen fixation in legumes?. *Plant Physiology*, 151: 1009-1016.
- Rupela OP and Saxena MC., 1987. Nodulation and nitrogen fixation. *The Chickpea* (Eds. Saxena MC and Singh KB). CAB International, pp. 191-206.