



KSÜ Tarım ve Doğa Derg

KSU J. Agric Nat

e-ISSN : 2619-9149

T.C.

KAHRAMANMARAŞ

SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

Journal of Agriculture and Nature

Cilt-Volume **22** Sayı-Number **3** Yıl-Year: **2019**



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

Yazışma Adresi / Corresponding Address
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Tarım ve Doğa Dergisi,
46100 – Kahramanmaraş/TÜRKİYE
Tel : (+90-344) 300 2108

E-mail: dogabilimleri@ksu.edu.tr
Web: <http://dergipark.org.tr/ksudobil>
<http://dogadergi.ksu.edu.tr>

Bu dergi hakemli olup yılda 6 kez yayınlanır.
This journal is peer-reviewed and published 6 issues per year.

Derginin Eski Adı/Previous Name of Journal

KSU Fen ve Mühendislik Dergisi
KSU Journal of Science and Engineering
KSU Doğa Bilimleri Dergisi
KSU Journal of Natural Science

Derginin Eski ISSN Numarası/Previous ISSN Number
1301-2053





KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

Sahibi/ Owner

Prof.Dr. Niyazi CAN
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Rektörü

Editörler / Editors

Prof.Dr. Ali KAYGISIZ (Başkan/Editor in Chief)
KSÜ Ziraat Fak. Zootekni Böl.
dogabilimleri@ksu.edu.tr

Prof.Dr. İ. Ersin AKINCI
KSÜ Ziraat Fak.
Bahçe Bitkileri Böl.
akinci.ie@ksu.edu.tr

Prof.Dr. Adil AKYÜZ
KSÜ Ziraat Fak.
Biyosistem Müh. Böl.
adilakyuz@ksu.edu.tr

Prof.Dr. Sakine Serap
AVGIN
KSÜ Eğitim Fak.
Biyoloji Böl.
ssavgin@ksu.edu.tr

Prof.Dr. İsmail AKYOL
Ankara Üniv. Ziraat Fak.
Zootekni Böl.
ismail.akyol@ankara.edu.tr

Prof.Dr. Kerim Mesut ÇİMRİN
Hatay Mustafa Kemal Üniv. Ziraat Fak.
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Böl.
mcimrin@mku.edu.tr

İngilizce Editörü/English Editor

Prof.Dr. Ramazan ÇETİNTAŞ
KSÜ Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl.
cetintas@ksu.edu.tr

Danışmanlar Kurulu/Advisory Board

Dr. Eslam FAID-ALLAH
Minoufiya University, EGYPT

Prof.Dr. Ahmet ALP
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv.

Doç.Dr. Tugay AYASAŞAN
Doğu Akdeniz TAE Müd. ADANA

Prof. Dr. Fikri BALTA
Ordu Üniv. ORDU

Prof.Dr. Wayne GARDNER,
The University of Georgia, USA

Prof.Dr. Rüştü HATİPOĞLU
Çukurova Üniversitesi, ADANA

Prof.Dr Stanislaw HURUK
Jan Kochanowski Univ. POLAND

Prof. Dr. Khalid JAVED
University of Veterinary and
Animal Sciences, PAKISTAN

Prof.Dr. A Salah KHATTAB
Tanta University, EGYPT

Prof.Dr. K Mahmood KHAWAR
Ankara Üniversitesi, ANKARA

Dr. Öğr. Üye Mustafa KÜSEK
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv.

Doç.Dr. Murat KÜTÜK
Gaziantep Üniv. GAZİANTEP

Prof. Dr. Ramazan MERAL,
Bingöl Üniv. BİNGÖL

Prof.Dr. Yeşim Yalçın MENDİ,
Çukurova Üniversitesi, ADANA

Dr. Ahmad K. SALAMA
Autonomous University of Barcelona,
SPAIN

Prof.Dr. Fatih SATIL
Balıkesir Üniv. Balıkesir

Prof.Dr. Hüseyin SÜZEK
Muğla Sıtkı Koçman Üniv. MUĞLA

Prof.Dr Vytautas TAMUTIS
Niwersytet Aleksandra, LITVANIA

Prof. Dr. İbrahim YILMAZ
Akdeniz Üniv. ANTALYA

Prof. Dr. Kadir YILMAZ
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv.

Prof.Dr. Jose Cola ZANUNCIO
Federal Univ. of Vicosa, BRAZIL



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

İÇİNDEKİLER

ARAŞTIRMA MAKALESİ - RESEARCH ARTICLE

- Arpada Tane Verimi ve Kalite Özellikleri Üzerine Genotip ve Çevrenin Etkileşimi
Genotype and Environment Effects on the Grain Yield and Quality Traits of Some in
Barley Genotypes 346-353
Ferhat KIZILGEÇİ, Mehmet YILDIRIM, Cuma AKINCI, Önder ALBAYRAK
- Tuz Stresinin Yem Bezelyesi (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.) Seçilmiş Genotipinde
Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri
The Effect of Salt Stress on the Germination and Seedling Growth Parameters of a
Selected Forage Pea (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.) Genotype 354-359
Gürkan DEMİRKOL, Nuri YILMAZ, Özlem ÖNAL AŞCI
- Ayçiçeği Bitkisi Yapraklarında Tuz Stresi, Nitrik Oksit ve Hormon Uygulamalarının
Antioksidan Savunma Sistemi Üzerine Etkileri
The Effects of Salt Stress, Nitric Oxide and Hormone Applications on Antioxidant Defense
in Sunflower Plant Leaves 360-369
Oğuz Ayhan KİREÇCİ, Füsün YÜREKLİ
- Farklı Sulama Suyu Miktarı ve Besin Çözeltisi Uygulamalarının Kinoa (*Chenopodium*
Quinoa Willd.) Verim, Bazı Verim Bileşenleri ve Su Kullanım Etkinliği Üzerine Etkisi
The Effect of Different Irrigation Water Amounts and Nutrient Solution Applications on
the Yield, Some Yield Components and Water Use Efficiency of Quinoa (*Chenopodium*
Quinoa Willd.) 370-380
Aylin ÇAYGARACI, Hayrettin KUŞÇU
- Türkiye Florası İçin Yeni *Dianthus* (Caryophyllaceae) Kayıtları
New *Dianthus* (Caryophyllaceae) Records for The Flora of Turkey 381-388
Ergin HAMZAOĞLU, Murat KOÇ
- Orta Kızılırmak Vadisi'nde Üretici Şartlarında Yerel Kuru Fasulye Popülasyonlarının
Doğal Kaynak Ekonomisi Açısından Genel Değerlendirilmesi
General Evaluation of Dry Bean Landraces in Farmers' Field in Terms of Natural
Resource Economics in The Middle Kızılırmak Valley of Turkey 389-398
Mustafa KAN, Ömer SÖZEN, Arzu KAN, Ufuk KARADAVUT, Mehmet YAĞMUR
- Göl Soğanı Çoğaltımında Sakkaroz Oranlarının Etkisi
Effect of Sucrose Rates in Propagation of Summer Snowflakes 399-406
Özgür KAHRAMAN
- Vitis vinifera* L.'de Floral Gelişme Aşamaları ve Fenolojik Safhalar ile İlişkilendirilmesi
Floral Development Stages in *Vitis vinifera* L. and Association With Phenological Stages
Zeliha GÖKBAYRAK, Hakan ENGİN 407-413
- Bazı Bitki Ekstraktlarının Kök-Ur Nematodu *Meloidogyne arenaria* (Neal, 1889)
Chitwood, 1949 (Tylenchida: Meloidogynidae)'nın Kontrolünde Kullanılabilir Potansiyeli
Potential of Some Plant Extracts for the Control of Root-Knot Nematode *Meloidogyne*
arenaria (Neal, 1889) Chitwood, 1949 (Tylenchida: Meloidogynidae) 414-420
Gökhan AYDINLI, Fadime ŞEN, Sevilhan MENNAN
- Patlıcan Tohumlarında Bitki Büyüme Düzenleyici Rizobakteri Uygulamalarının Kurşuni
Küf (*Botrytis cinerea* Pers.: Fr.) Hastalığına Etkileri
Effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria Treatments of Eggplant Seeds Against
Grey Mold (*Botrytis cinerea* Pers.: Fr.) Disease 421-429
Hacer Handan ALTINOK, Gülperi ÇİFÇİ



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

- Isıl Yabancı Ot Kontrolü İçin Özel İmal Edilen Gaz Memelerinin Performansı**
The Performance of Specially-Built Gas Nozzles for Thermal Weed Control
Selçuk ARSLAN, Çağdaş TURALOĞLU, Nihat TURSUN 430-435
- Sulama Performansının Değerlendirilmesi: Kırıkhan Sulama Birliği Örneği**
Assessment of Irrigation Performance: A Case Study of Kırıkhan Irrigation Association
Mehmet GENÇOĞLU, Hasan DEĞİRMENCİ 436-443
- Sulama Kanal Çeşitleri ve Uzunluklarının Sulama Performans Göstergelerine Etkisi**
The Effect of Irrigation Channel Type and Length on Irrigation Performance Indicators
Sinan KARTAL, Hasan DEĞİRMENCİ, Fırat ARSLAN 444-450
- Comparison of Conventional PCR Method With Cefoxitin Disc Diffusion, Automated System and Isolation on Chromogenic MRSA Medium Methods for The Detection of Meticillin Resistance In Staphylococcus aureus Strains Isolated From Various Clinical Specimens**
Çeşitli Klinik Örneklerden İzole Edilen *Staphylococcus aureus* Suşlarında Metisilin Direncinin Araştırılmasında Konvansiyonel PCR Yöntemi ile Sefoksitin Disk Difüzyon, Otomatize Sistem ve Chromogenic MRSA Agar Yöntemlerinin Karşılaştırılması
Esra KAYA, Murat ARAL, Zerife ORHAN, Kezban Tülay YALÇINKAYA, Hacer UĞURLU 451-455
- Öncül Afidikolin ve Nokodazol Muamelesinin Kanserli ve Ölümsüzleştirilmiş Mezotelyum Hücrelerinde Kapsaisin Sitotoksitesine Etkisi**
Effect of Nocodazole and Aphidicolin Pre-treatment on Capsaicin Cytotoxicity in Malignant and Immortalized Cells of Mesothelium
Sabahattin CÖMERTPAY, Gizem CEYLAN 456-465
- PB15 Kodlu Pigmentler; Sentezi, Karakterizasyonu ve Endüstriyel Uygulamaları**
PB15 Coded Pigments; Synthesis, Characterization and Industrial Applications
Yusuf YILMAZ, Sibel BAYIL 466-472
- Selective Cytotoxic Effect of Dorycnium pentaphyllum Extract on Human Breast, Liver, and Lung Cancer Cells**
Dorycnium pentaphyllum Ekstraktının İnsan Meme, Karaciğer ve Akciğer Kanseri Hücrelerindeki Seçici Sitotoksik Etkisi
Selim DEMİR, İbrahim TURAN, Sema MISIR, Yüksel ALİYAZICIOĞLU 473-479
- Katı Faz Fermantasyon Tekniği ile Bacillus circulans ATCC 4516'dan Ekstrasellüler β -Galaktosidaz Üretimi**
Solid State Fermentation for Production of Extracellular β -Galactosidase from Bacillus circulans ATCC 4516
Besî SERİN, Nurullah AKCAN 480-486
- Farklı Gelişme Dönemlerinde Hasat Edilen Saz Bitkisinin (Phragmites Australis) Yem Değerinin Belirlenmesi**
Determination of Feed Value of Common Reed (Phragmites Australis) in Different Sowing Periods
Selma BÜYÜKKILIÇ BEYZİ, Selim SIRAKAYA 487-491
- KISA NOT - SHORT COMMUNICATION***
- Determination of the Species of Tephritidae family (Diptera) on Cherry Orchards in Adana Province and Surroundings in Turkey**
Adana İli ve Çevresi Kiraz Bahçelerinde Tephritidae (Diptera) Türlerinin Belirlenmesi
Burcu ÖZBEK ÇATAL, Asime Filiz ÇALIŞKAN KEÇE, Mehmet Rifat ULUSOY 492-497



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

HAKEMLER/Referees*

Prof.Dr. Mehmet Salih AĞIRTAŞ
Doç.Dr. Selin Muradiye AKÇAY
Dr. Öğr. Üyesi Davut Soner AKGÜL
Prof. Dr. Cuma AKINCI
Prof.Dr. Gönül ASLAN
Dr. Öğr. Üyesi Ali İhsan ATALAY
Prof. Dr. Mehmet AYDIN
Doç.Dr. ALİ AYBEK
Prof. Dr. Zübeyde BAYSAL
Doç.Dr. Mustafa BOĞA
Prof.Dr. Hakan BÜYÜKCANGAZ
Doç.Dr. Önder CANBOLAT
Prof.Dr Rüstem CANGİ
Doç.Dr. Ümit CEYLAN
Prof.Dr. Tülay Aşkın ÇELİK
Prof.Dr. Pınar ÇIRAGİL
Prof.Dr. Ayşegül ÇOPUR ÇİÇEK
Dr. Öğr. Üyesi Alihan ÇOKKIZGIN
Dr. Öğr. Üyesi Sabahattin CÖMERTPAY
Dr. Öğr. Üyesi Sabahattin CÖMERTPAY
Prof.Dr Zübeyir DEVRAN
Prof.Dr Atilla DURSUN
Prof.Dr. Tolga ERDEM
Dr. Öğr. Üyesi Remzi EKİNCİ
Dr. Öğr. Üyesi Osman GEDİK
Prof.Dr Kemal Sulhi GÜNDOĞDU
Prof. Dr. Kemal GÜVEN
Prof.Dr. Leyla İDİKUT
Prof.Dr Ahmet İLÇİM
Doç.Dr. Özlem Timirci KAHRAMAN
Prof.Dr. Mehmet Demir KAYA
Prof.Dr Soner KAZAZ
Prof.Dr İlker KEPENEKÇİ
Doç.Dr. Ahmet MENTEŞE
Prof.Dr Ramazan MERAL
Doç.Dr. Adem ÖZARSLANDAN
Prof. Dr. Emin ÖZKÖSE

Yüzüncü Yıl Üniv. Fen Edebiyat Fak. Kimya Böl., Van
Adnan Menderes Üniv. Ziraat Fak., Biyosistem Mühendisliği Böl., Aydın
Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl., Adana
Dicle Üniv. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl., Diyarbakır
Mersin Üniv. Tıp Fak. Temel Tıp Bilimleri Böl., Mersin
Iğdır Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl., Iğdır
Adnan Menderes Üniv. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl., Aydın
KSÜ Ziraat Fak. Biyosistem Mühendisliği Böl., Kahramanmaraş
Dicle Üniv. Fen-Edebiyat Fak. Kimya Böl., Diyarbakır
Ömer Halisdemir Üniv. Niğde MYO. Bitkisel ve Hayvansal Üretim Böl., Niğde
Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Biyosistem Mühendisliği Böl., Bursa
Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl., Bursa
Gazi Osman Paşa Üniv. Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl., Tokat
Giresun Üniv. Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Giresun
Adnan Menderes Üniv. Fen Edebiyat Fak. Biyoloji Böl., Aydın
Yeditepe Üniv. Tıp Fak. Temel Tıp Bilimleri Böl., İstanbul
Recep Tayyip Erdoğan Üniv. Tıp Fak. Temel Tıp Bilimleri Böl., Rize
Gaziantep Üniv. Nurdağı MYO. Park ve Bahçe Bitkileri Böl., Gaziantep
KSÜ Ziraat Fak. Tarımsal Biyoteknoloji Böl., Kahramanmaraş
KSÜ Ziraat Fak. Tarımsal Biyoteknoloji Böl., Kahramanmaraş
Akdeniz Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl., Antalya
Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl., Erzurum
Namık Kemal Üniv. Ziraat Fak. Biyosistem Böl., Tekirdağ
Dicle Üniv. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl., Diyarbakır
KSÜ Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl., Kahramanmaraş
Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Biyosistem Mühendisliği Böl., Bursa
Dicle Üniv. Fen Edebiyat Fak. Biyoloji Böl., Diyarbakır
KSÜ Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl., Kahramanmaraş
Hatay Mustafa Kemal Üniv. Fen Edebiyat Fak. Biyoloji Böl., Hatay
İstanbul Üniv. Aziz Sancar Deneysel Tıp Araştırma Enst. İstanbul
Eskişehir Osmangazi Üniv. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl., Eskişehir
Ankara Üniv. Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl., Ankara
GOP Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl., Tokat
Karadeniz Teknik Üniv. SHMYO, Tıbbi Hizmetler Teknolojisi Böl., Trabzon
Bingöl Üniv. Ziraat Fak. Biyosistem Mühendisliği Böl., Bingöl
Mersin Üniv. Silifke Uygulamalı Teknoloji ve İşletmecilik Yüksekokulu, Mersin
KSÜ Ziraat Fak. Zootečni Böl., Kahramanmaraş

* Soyada göre sıralanmıştır.



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

Prof.Dr. Altıngül ÖZASLAN PARLAK

Doç.Dr. Sibel SARIÇAM

Prof.Dr. Sarp SÜMER

Dr. Öğr. Üyesi Servet TEKİN

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TERİN

Prof.Dr Hasan TUNAZ

Prof.Dr. Yusuf UÇAR

Prof.Dr Ece Kasapoğlu ULUDAMAR

Prof.Dr Halil UZUN

Prof.Dr. Mustafa ÜNLÜ

Dr. Öğr. Üyesi Fatma İlknur ÜNÜVAR

Prof.Dr Bülent YAŞAR

Prof.Dr. Saadettin YILDIRIM

Prof.Dr. Güngör YILMAZ

Prof. Dr. Zehranur YUKSEKDAG

Çanakkale Onsekiz Mart Üniv. Ziraat Fak., Tarla Bitkileri Böl., Çanakkale

Eskişehir Osmangazi Üniv. Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl., Eskişehir

Çanakkale Onsekiz Mart Üniv. Ziraat Fak. Tarım Mak. ve Tek. Müh. Böl., Çanakkale

KSÜ Ziraat Fak. Biyosistem Böl., Kahramanmaraş

Yüzüncü Yıl Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl., Van

KSÜ Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl Kahramanmaraş

Isparta Uyg. Bil. Üniv. Tarım Bil. ve Tek. Fak. Tarımsal Yap. Sul. Böl. Isparta

Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl., Adana

Akdeniz Üniv. Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl., Antalya

Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Böl., Adana

Ankara Üniv Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl., Ankara

Isparta Uyg. Bil. Üniv. Tarım Bil. ve Tek. Fak. Bitki Koruma Böl., Isparta

Adnan Menderes Üniv. Ziraat Fak., Biyosistem Mühendisliği Böl., Aydın

Gazi Osman Paşa Üniv. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl., Tokat

Gazi Üniv. Fen-Edebiyat Fak. Biyoloji Böl., Ankara

Arpada Tane Verimi ve Kalite Özellikleri Üzerine Genotip ve Çevrenin Etkileşimi

Ferhat KIZILGEÇİ¹, Mehmet YILDIRIM², Cuma AKINCI³, Önder ALBAYRAK⁴

¹Mardin Artuklu Üniv. Kızıltepe Meslek Yüksek Okulu, Mardin ^{2,3,4}Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Diyarbakır

¹<https://orcid.org/0000-0002-7884-5463>, ²<https://orcid.org/0000-0002-6953-4479>, ³<https://orcid.org/0000-0002-3514-1052>,

⁴<https://orcid.org/0000-0003-2440-7748>

✉: ferhat_kizilgeci@hotmail.com

ÖZET

Bu çalışma, bazı arpa genotiplerinin tane verimi ve kalite özellikleri üzerine çeşit ve çevrenin etkilerini belirlemek amacıyla, 2011-2012 yılında Diyarbakır ve Mardin koşullarında yürütülmüştür. Araştırmada, 2 adet ticari çeşit ve 5 adet ileri hat kullanarak tane verimi, bin tane ağırlığı, hektolitreye ağırlığı, protein içeriği, nişasta içeriği ve klorofil içeriği değerleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, genotip, çevre ve çeşit x çevre interaksyonunun incelenen özellikler üzerine etkileri istatistikî olarak önemli bulunmuştur. Genotiplerin tane verimi 413.60-661.63 kg da⁻¹, bin tane ağırlığı 42.21-45.02 g, hektolitreye ağırlığı 58.92-66.39 kg/hl, tanede protein içeriği %11.70-14.24, tanede nişasta içeriği %59.8-61.2 ve klorofil içeriği 44.4-48.6 değerleri arasında değişmiştir. Her iki lokasyonda da Altikat çeşidi en yüksek tane verimi değerine sahip olmuştur. DZA-7, DZA-8 ve Dicle 1 hatları protein içeriği, hektolitreye ağırlığı ve nişasta içeriği özellikleri yönünden ön plana çıkmışlardır. Biplot analizi ile tüm özellikler incelendiğinde tane verimi, bin tane ağırlığı ve SPAD değeri aynı grupta yer alırken protein içeriği, nişasta içeriği ve hektolitreye ağırlığı özellikleri aynı grupta yer almıştır.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 18.01.2019

Kabul Tarihi : 04.03.2019

Anahtar Kelimeler

Arpa

Biplot

Protein içeriği

SPAD

Tane verimi

Genotype and Environment Effects on the Grain Yield and Quality Traits of Some in Barley Genotypes

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine genotype and environment effects on the grain yield and its component of some barley genotypes in Diyarbakır and Mardin conditions in 2011-2012. In the study, 2 commercial varieties and 5 advanced lines were used as a material. Grain yield, thousand grain weight, test weight, protein content, starch content and SPAD value were measured. Results varied between 413.60-661.63 kg da⁻¹ for grain yield, 42.21-45.02 g for thousand grain weight, 58.92-66.39 kg hl⁻¹ for test weight, 11.70-14.24 % for grain protein content, 59.8-61.2 % for grain starch content and 44.4-48.6 unit for SPAD value. Altikat sustained the highest grain yield in both locations. DZA-7, DZA-8 and Dicle 1 advanced lines showed high performance in terms of protein contents, starch content and test weight. When all traits were evaluated using the Biplot analysis, grain yield, thousand grain weight and SPAD were involved in the same group, while protein content, starch content, test weight were grouped in the other group.

Research Article

Article History

Received : 18.01.2019

Accepted : 04.03.2019

Keywords

Barley

Biplot

Protein content

SPAD

Grain yield

To Cite : Kızılgöçü F, Yıldırım M, Akıncı C, Albayrak Ö 2019. Arpada Tane Verimi ve Kalite Özellikleri Üzerine Genotip ve Çevrenin Etkileşimi. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 22(3): 346-353. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.499013.

GİRİŞ

Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Dünyada üretim miktarı ve yetiştirme alanı bakımından mısır, çeltik ve buğdaydan sonra en önemli 4. tahıl bitkisidir (Kızılgöçü ve ark., 2018). Türkiye arpa yetiştiriciliği için uygun çevre koşullarına sahip olmasından dolayı buğdaydan sonra ikinci sırada yer almaktadır. Türkiye’de, 2.7 milyon hektar alanda yıllık 6.7 milyon ton üretim ve

ortalama 248.1 kg da⁻¹ verime sahiptir (TUİK, 2018). Geçmişte insan beslenmesinde kullanılan arpa günümüzde büyük ölçüde hayvan yemi ve malt sanayinde kullanılmaktadır. İnsan nüfusunun artması beraberinde hayvansal besinlere olan ihtiyacı da arttırmaktadır. Geçit (1982) hayvan yetiştiriciliğinde yoğun olarak arpanın kullanılması nedeniyle arpa üretiminde birim alandan elde edilen

ürünün miktarının arttırması gerektiğini bildirmiştir. Ancak günümüzde ekim alanlarının son sınırına ulaşmış olması nedeniyle birim alandan en yüksek verimin alınabileceği çeşitlerin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle birçok ıslah programının asıl ve en önemli amacı birim alandan elde edilecek ürün miktarının ve kalitesinin artırılmasına yönündedir. Arpa tane bileşimi ve kalitesi sıcaklık, gün uzunluğu, su miktarı, topraktaki besin elementinin durumu gibi çevresel faktörlerden etkilenmektedir (Jadhav ve ark., 1998). Vaize ve ark. (2015) genotip \times çevre etkileşim etkilerinin değerlendirilmesi ve farklı çevre koşullarında kararlı ve yüksek performanslı çeşitlerin tanımlanmasının bitki ıslahında çok önemli olduğunu bildirmiştir. Birçok çalışmada, çeşitlerin verim, tarımsal özellikler ve kalite özelliklerinin çeşit ve çevreye göre değiştiği belirtilmiştir (Iranavi ve ark., 2008; Fotokian ve ark., 2014; Ahmadi ve ark., 2016). Genotip çevre verilerinin analizi için temel istatistiksel metotlardan biri olarak, GGE biplot analizi Yan ve ark. (2000), Yan ve Kang (2002) ve Yan ve Tinker (2006) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntem, son zamanlarda farklı genotipler ile farklı çevrelerde veya yıllarda yürütülen çalışmalarda birçok özelliği aynı anda görsel açıdan değerlendirme fırsatı sağlaması ve seleksiyonda başarıyı etkilediği için bitki ıslahında uygulanan yenilikçi bir yöntem olarak kabul edilmiştir (Yau, 1995; Yan ve ark., 2007). Bu çalışma, bazı arpa genotiplerinin verim ve kalite özelliklerini farklı lokasyonlarda incelemek ve biplot analizi yöntemiyle değerlendirmek amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL ve METOT

Araştırma, 2011-2012 yetiştirme sezonunda Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi araştırma ve uygulama alanı ile Mardin ili Kızıltepe ilçesinde yürütülmüştür. Materyal olarak 2 adet ticari çeşit (Altıkat ve Samyeli) ve 5 adet ileri arpa hattı kullanılmıştır (Çizelge 1).

Diyarbakır ve Mardin deneme alanlarının toprak yapısı sırasıyla, killi-tınlı ve killi bünyeli olup, her iki lokasyon için pH değerleri 7.3-7.7 arasında hafif alkali, organik madde içeriği düşük ve fosfor bakımından

fakir, potasyum kapsamı çok yüksek ve tuzluluk sorunu olmayan alanlardır. Her iki lokasyona ait iklim verileri Çizelge 2'de verilmiştir. Toplam yağış miktarı yönünden Diyarbakır lokasyonu Mardin lokasyonuna göre daha fazla yağış almıştır. Mardin lokasyonunda bitki gelişimi için önemli olan Nisan ve Mayıs ayında (sırasıyla, 13 mm ve 5.6 mm) yağışın, kritik seviye yetersiz olması nedeniyle sulama yapılmıştır.

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan arpa genotiplerine ait başak tipi özellikleri

Genotip	Başak Tipi
Altıkat	6 sıralı
Samyeli	2 sıralı
Dicle 1	2 sıralı
DZA-07	2 sıralı
DZA-08	2 sıralı
DZA-13	2 sıralı
DZA-6-1	6 sıralı

Denemeler, her iki lokasyonda Kasım ayı içerisinde tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Ekim, metrekaareye 450 tohum gelecek şekilde 4.8 m² (1.2 m x 4 m) parsellere 6 sıralı parsel ekim mibzeri ile yapılmıştır. Çalışmada, 6 kg da⁻¹ saf fosfor (P₂O₅) ve 6 kg da⁻¹ saf azot (N) hesabına göre ekimle beraber kompoze gübre (20:20:0) uygulanmıştır. Bitkiler kardeşlenme döneminde iken üst gübre olarak dekara 6 kg saf N hesabına göre üre (%46) uygulanmıştır. Bitkilerin gelişim dönemi boyunca görülen hastalık ve zararlılar yönünden gözlemlenmiş, gerekli görülen durumlarda kimyasal mücadele yapılmıştır.

Deneme parselleri Haziran ayının son haftası elle hasat edilmiştir. Araştırmada; klorofil içeriği, tane verimi, bin tane ağırlığı, tanede protein içeriği, tanede nişasta içeriği ve hektolitreye ağırlığı özellikleri incelenmiştir.

Klorofil içeriği, bitkiler başaklanma döneminde iken her parselden rastgele seçilen 10 bitkinin bayrak yaprağına zarar vermeden klorofil miktarını dolaylı olarak ölçen SPAD-502 (Minolta, Japonya) ile havanın bulutsuz ve açık olduğu 11-12 saatleri arasında ölçülmüştür.

Çizelge 2. Diyarbakır ve Mardin illerine ait 2011-2012 yılı meteorolojik verileri

Aylar	Diyarbakır			Mardin		
	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Nisbi Nem(%)	Sıcaklık(°C)	Yağış(mm)	Nisbi Nem(%)
Kasım	6.1	73.0	58.5	6.7	45.2	51.3
Aralık	2.3	40.2	73.9	5.9	41.2	48.1
Ocak	2.4	78.3	84.5	3.1	74.8	77.6
Şubat	2.0	74.4	68.2	2.9	107.4	59.3
Mart	5.2	44.0	58.6	5.0	44.4	53.2
Nisan	15.2	26.2	58.4	16.4	13.0	41.3
Mayıs	19.6	41.0	58.2	20.3	5.6	39.2
Haziran	27.5	7.0	28.0	27.6	5.2	21.3
Toplam/ortalama	10.0	384.1	61.0	11.0	336.8	48.9

Tanede protein içeriği (%), tanede nişasta içeriği (%) ve hektolitre ağırlığı (kg hl⁻¹) taneler öğütülmeden NIT-1246 grain analyzer (Foss) cihazıyla ölçülmüştür. Tane verimi, parsellerin hasat harman işlemlerinden sonra tanelerin tartılmasıyla belirlenen parsel veriminin dekara çevrilmesiyle hesaplanmıştır.

Elde edilen verilerin varyans analizleri JMP 10 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Önemli bulunan özelliklerin gruplandırılmaları LSD testi ile yapılmıştır. Genotip/çevre arasındaki ilişki Biplot analiz yöntemi ile gösterilmiştir (Yan, 2001).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Klorofil İçeriği (SPAD)

Çizelge 3'te birleştirilmiş varyans analizi sonucuna göre verilen lokasyon, genotip ve genotip x çevre etkileşimi istatistiksel olarak önemli (%) bulunmuştur. Klorofil içeriğinin her iki çevreden etkilendiği görülmektedir. Diyarbakır ve Mardin lokasyonlarında elde edilen klorofil içeriği değerleri sırasıyla 45.4-51.4 ve 37.3-51.4 arasında değişim

göstermiştir. Genotiplerin lokasyon ortalamalarına göre en yüksek SPAD değeri 51.4 ile Altıkat çeşidinde elde edilirken en düşük SPAD değer ise 43.6 ile DZA-6-1 hattında elde edilmiştir. Diyarbakır lokasyonunun (48.6) ortalama klorofil içeriği değeri Mardin lokasyonuna (44.4) göre daha yüksek bulunmuştur. Klorofil içeriğinin ölçüldüğü başaklanma döneminde Mardin lokasyonunda sıcaklığın yüksek ve yağışın düşük olması arpa bitkisinin bayrak yaprağındaki klorofil içeriği üzerine olumsuz etkiye neden olduğu düşünülmektedir. Allakhverdiev ve ark., (2008) abiyotik stres faktörlerinin bitkide fotosentez sürecini ciddi şekilde olumsuz etkilediğini ve Mishra ve ark. (2014) kuraklık ve sıcaklık stresinin klorofil içeriği, photosystem II (PSII) etkinliği, stoma iletkenliği, net asimilasyon oranı gibi fizyolojik parametrelerini büyük ölçüde azalttığını bildirmişlerdir. Kızılgeçi ve ark. (2016a), Mardin ve Diyarbakır lokasyonlarında yaptıkları çalışmalarında arpada klorofil içeriği değerinin sırasıyla, 45.33-52.13 ve 41.15-48.88 değerleri arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir.

Çizelge 3. 2011-2012 üretim sezonunda iki çevrede denenen 7 arpa genotipinin tane verimi ve bazı kalite özelliklerine ilişkin birleştirilmiş varyans analizi sonuçları

Kaynak	SD	SPAD	Tane Verimi	Bin Tane Ağırlığı	Hektolitre Ağırlığı	Protein İçeriği	Nişasta İçeriği
Lokasyon	1	249.06**	151967.6**	89**	34.13**	11.07**	9.19**
Hata1	6	8.86	34927.99	8.49	5.36	1.67	0.54
Genotip	6	49.86**	33532.81**	12.29	81.77**	7.78**	2.41**
GenotipxLokasyon	6	46.59**	11440.72	16.95*	11.9**	2.46**	0.86
Hata 2	36	11.93	7197.11	6.27	2.54	0.55	0.4
V.K. %		7.41	16.7	1.05	2.5	5.91	1.05

*, ** %5, %1 düzeyinde önemli

Bin Tane Ağırlığı (g)

Arpada önemli bir kalite kriteri olan bin tane ağırlığı; tanenin dolgunluğu, iriliği ve nişasta içeriğini hakkında bilgi vermektedir. Birleşik varyans analizine göre lokasyon ve genotip x lokasyon etkileşimi istatistiksel yönden yüksek düzeyde önemli (%) bulunmuştur. Genotipler arası farklılıklar ise önemli bulunmamıştır (Çizelge 3). Diyarbakır ve Mardin lokasyonlarında arpa genotiplerinden elde edilen ortalama bin tane ağırlığı değerleri sırasıyla, 40.54 g-45.16 g ve 42.35 g-48.49 g arasında değişim göstermiştir. Lokasyon ortalamalarına göre en düşük bin tane ağırlığı değeri DZA-13 (42.21g) hattında elde edilirken en yüksek değer Samyeli (45.02 g) çeşidinde elde edilmiştir. Bin tane ağırlığında görülen farklılık daha çok çeşitlerin genetik yapısından kaynaklanmaktadır (Öztürk ve ark., 2007). Bin tane ağırlığı yönünden lokasyon ortalamaları Diyarbakır lokasyonu 42.10 g ve Mardin lokasyonunda 44.62 g olduğu belirlenmiştir. Mardin lokasyonunda arpanın tane dolun döneminde düşen yağış miktarı Diyarbakır

lokasyonunun çok altında gerçekleşmiştir. Bu dönemde Mardin lokasyonunda yapılan sulamanın etkisiyle bin tane ağırlığı yüksek bulunmuştur. Çiçeklenme ve başaklanma döneminde yapılacak olan sulamanın, tane iriliği ve yeknesaklığı ile yakından ilgili olup bin tane ağırlığı üzerine etkili olmaktadır (Doorenbos ve Kassam, 1979).

Hektolitre Ağırlığı (kg hl⁻¹)

Hektolitre ağırlığı tane dolgunluğunu belirleme yönünden önemli kalite unsurudur. Birleştirilmiş varyans analiz tablosu incelendiğinde (Çizelge 2), genotip, lokasyon ve genotip x lokasyon etkileşimi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli olduğu görülmektedir. Diyarbakır lokasyonunda hektolitre ağırlığı 68.07-58.44 kg hl⁻¹ ve Mardin lokasyonunda 65.40-59.21 kg hl⁻¹ değerleri aralığında değişim gösterdiği görülmüştür. Genotiplerin lokasyon ortalamalarına göre en düşük hektolitre ağırlığı 58.92 kg hl⁻¹ ile DZA-6-1 hattında elde edilirken, en yüksek hektolitre ağırlığı 66.39 kg hl⁻¹ ile Dicle 1 hattında

belirlenmiştir. Lokasyon ortalamaları incelendiğinde, Diyarbakır lokasyonunda (63.58 kg hl⁻¹) elde edilen hektolitreye ağırlığı değeri Mardin lokasyonundan (62.02 kg hl⁻¹) yüksek bulunmuştur. Çalışmada genotip ve çevre koşullarının hektolitreye ağırlığı özelliği üzerine etkide bulunduğu görülmüştür. Kızılgeci ve ark. (2018) hektolitreye ağırlığı tanenin biçimine, yoğunluğuna ve tane ebadına göre farklılıklar gösterdiğini bildirmişlerdir. Arpada hektolitreye ağırlığının 64-66 kg arasında olması düşük, 66-68 kg arasında olması orta ve 68 kg ve üzeri ise yüksek olarak değerlendirilmektedir (Geçit, 2016). Bu çalışmada yalnızca Dicle 1 hattı Diyarbakır lokasyonunda yüksek hektolitreye ağırlığı grubunda yer almıştır. Araştırmada kullanılan altı sıralı arpa genotipleri (Altıkata ve DZA-1-6) beklenildiği gibi

düşük hektolitreye ağırlığı değerine sahip olmuşlardır.

Tane Verimi (kg da⁻¹)

Arpa genotiplerinin birleşik varyans analiz sonucuna göre, lokasyon ve genotipler arası farklılıklar istatistiksel anlamda çok önemli görülürken, genotip x lokasyon etkisi önemsiz bulunmuştur (Çizelge 3). Tane verimi Diyarbakır lokasyonunda 590.97-327.33 kg da⁻¹ ve Mardin lokasyonlarında 661.63-479.62 kg da⁻¹ arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Genotiplerin lokasyon ortalamalarına göre en yüksek tane verimi Altıkata (661.63 kg da⁻¹) çeşidinde belirlenirken en düşük tane verimi DZA-13 (413.60 kg da⁻¹) hattında olduğu görülmüştür (Çizelge 4).

Çizelge 4. Diyarbakır ve Mardin lokasyonlarında kullanılan arpa genotiplerinin tane verimi ve kalite özelliklerine ait ortalama değerleri ve ortalamaların farklılık gruplandırılmaları

Özellikler	Lokasyon	Altıkata	Samyeli	Dicle1	DZA-07	DZA-08	DZA-13	DZA-6-1	Ortalama
SPAD	Diyarbakır	51.4 a	50.3 a	48.1 c	45.4 d	48.4 bc	47.0 cd	49.9 ab	48.6 a
	Mardin	51.4 a	43.2 bc	45.1 ab	47.5ab	44.8ab	41.6bc	37.3c	44.4 b
	Ortalama	51.4 a	46.8b	46.6b	46.4b	46.6b	44.3b	43.6b	46.53
Tane Verimi (kg da ⁻¹)	Diyarbakır	590.97a	473.3b	433.75bc	470.94b	499.34b	327.33d	380.69cd	453.76 b
	Mardin	661.63	591.58	521.58	555.45	479.62	499.88	595.87	557.95 a
	Ortalama	626.30a	532.44ab	477.67bc	513.19b	489.48bc	413.60c	477.67bc	505.85
Bin Tane Ağırlığı(g)	Diyarbakır	42.10	41.56	42.24	40.54	45.16	40.92	42.18	42.10b
	Mardin	47.04	48.49	42.35b	44.09	43.60b	43.51	43.27	44.62a
	Ortalama	44.57	45.02	43.30	42.31	44.38	42.21	42.72	43.36
Hektolitreye ağırlığı (kg ha ⁻¹)	Diyarbakır	59.64c	65.42b	68.07a	66.7ab	67.15ab	59.64c	58.44c	63.58a
	Mardin	60.37cd	65.40a	64.70a	62.98ab	62.07bc	59.21d	59.40d	62.02b
	Ortalama	60.00c	65.41ab	66.39a	64.84ab	64.61b	59.43c	58.92c	62.80
Tanede Protein İçeriği (%)	Diyarbakır	10.5d	12.6c	14.2a	13.7ab	13.9a	12.6c	12.6c	12.85b
	Mardin	12.9c	15.0a	14.3a	14.7a	14.0ab	12.4c	12.9c	13.74a
	Ortalama	11.70c	13.77a	14.24a	14.18a	13.96a	12.49bc	12.73b	13.3
Tanede Nişasta İçeriği (%)	Diyarbakır	60.7bc	61.4ab	61.0b	61.5ab	62.2a	60.0c	59.9c	60.94a
	Mardin	60.1	60.0	60.7	60.4	60.3	59.8	59.7	60.13b
	Ortalama	60.4bc	60.7ab	60.9ab	61.0ab	61.2a	59.9c	59.8c	60.54

Aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark yoktur.

Altıkata çeşidi her iki lokasyonda en yüksek tane verimine sahip olmuştur. Kendal ve ark. (2014) 2011-2012 üretim döneminde Diyarbakır koşullarında yürüttükleri çalışmalarında en yüksek tane verimi değerini Altıkata çeşidinde elde ettiklerini bildirmişlerdir. Mardin lokasyonunda arpa genotipleri arasında tane verimi yönünden istatistiksel anlamda farklılıklar ortaya çıkmamasına rağmen altı sıralı arpa genotipleri iki sıralı arpalara göre daha yüksek verime sahip olmuştur. Ekolojik farklılıklar tane verimi üzerine olumlu veya olumsuz yönde etkiye sahip olduğundan genotiplerin farklı çevrelerde farklı performans göstermesi beklenen bir sonuçtur. Her bitkinin isteği olan uygun çevre koşulları her yerde mümkün olmamaktadır. Birçok araştırmacının yaptıkları çalışmalarında arpanın tane verimi üzerine çeşitlerin, çevre faktörlerinin ve kültürel işlemlerin

etki ettiğini bildirmişlerdir (Çölkesen ve ark., 1994; Akıncı ve ark., 1999; Akıncı ve Yıldırım, 2009; Akıncı ve ark., 2001; Kaydan ve Yağmur, 2007; Kılıç ve ark., 2010; Aydoğan ve ark., 2011; Kızılgeci ve ark., 2016a; Kızılgeci ve ark., 2016b).

Tanede Protein İçeriği (%)

Arpa tanesinin protein içeriği değeri onun son ürün olarak kullanım amacını belirlemede önemli bir kriterdir. Özellikle malt sanayi için tane protein içeriği değerinin düşük olması istenilirken yem sanayinde ise bu değer yüksek olması arzu edilmektedir. Yapılan varyans analizine göre genotip, lokasyon ve genotip x lokasyon etkisi istatistiksel olarak önemli (P<0.01) bulunmuştur (Çizelge 3). Bu bulgulara göre tanede protein içeriğinin genotip ve çevreden etkilendiğini göstermektedir. Diyarbakır

lokasyonunda protein içeriği değeri %12.6-14.2 arasında değişim gösterirken Mardin lokasyonunda ise %12.4-15.0 değerleri arasında değiştiği görülmüştür. Lokasyon ortalamalarına göre en yüksek protein içeriği %14.24 ile Dicle 1 hattında, en düşük protein içeriği değeri ise %11.70 ile Altikat çeşidinde belirlenmiştir. Tanede protein içeriği, Mardin lokasyonu ortalaması %13.74 iken Diyarbakır lokasyonu ortalaması %12.85 olduğu görülmektedir. Tanenin protein içeriği değerinin yüksek olması özellikle yemlik olarak kullanılması için daha uygundur. Bu çalışmada söz konusu özellik yönünden Dicle 1, DZA-7 ve DZA-8 hatları ön plana çıkmıştır. Araştırmanın yürütüldüğü Mardin lokasyonunda protein oluşumu döneminde yağış miktarının düşük ve sıcaklığın yüksek olmasından dolayı protein içeriği Diyarbakır lokasyonuna göre yüksek bulunmuştur. Tekdal ve ark. (2013) yağışın fazla olduğu veya sulu koşullarda yetiştirilen tahılların protein içeriğinin düşük olduğunu rapor etmektedir. Elgün ve ark. (2001), tahıllarda protein miktarının çeşit, çevre ve toprak faktörlerine göre değiştiğini ve topraktaki alınabilir azot oranı arttıkça tanedeki protein miktarının da yükseldiğini bildirmişlerdir.

Tanede Nişasta İçeriği (%)

Tanenin en önemli bileşenlerinden biri olan nişasta, tanenin kuru ağırlığının yaklaşık olarak %70'ini oluşturmaktadır. Ele alınan özelliğe ait varyans analizi tablosu incelendiğinde (Çizelge 3), genotip ve lokasyonlar arası farklılıklar istatistiki olarak çok önemli ($P \leq 0.01$) bulunurken, genotip x lokasyon interaksiyonu ise önemsiz bulunmuştur. Diyarbakır lokasyonunda tanede nişasta içeriği değerleri %59.9-62.2 ve Mardin lokasyonunda %59.7-60.7 değerleri aralığında değişim gösterdiği görülmüştür. Genotipler arasında tanede nişasta içeriği yönünden farklılıklar

sadece Diyarbakır lokasyonunda görülmüştür. Mardin lokasyonunda ise benzer bulunmuştur. Arpa genotiplerinin lokasyon ortalamalarına göre en düşük tanede nişasta içeriği %59.8 ile DZA-6-1 hattında görülürken, en yüksek değer ise %61.2 ile DZA-08 hattında belirlenmiştir. Bu çalışmaya benzer olarak Kızılgeçi ve ark. (2016a) Diyarbakır ve Mardin koşullarında yürüttükleri çalışmalarında, Diyarbakır koşullarında en yüksek tanede nişasta içeriği değerlerini elde ettiklerini bildirmişlerdir. Tanede nişasta içeriğinin Diyarbakır'da yüksek bulunmasının nedeni başaklanma döneminde havanın nisbi neminin Mardin lokasyonuna göre daha yüksek olmasından dolayı olduğu düşünülmektedir.

İncelenen Özelliklerin Korelasyon Katsayısı Analizi

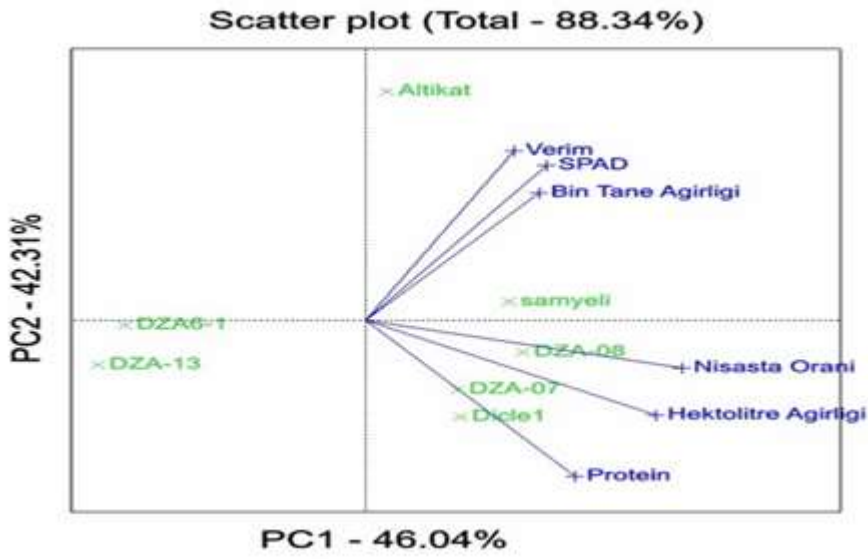
Tane verimini artırma için verim ve verim unsurları arasındaki ilişkiyi bilmek önemlidir. Korelasyon katsayısı analizi, araştırmacıların inceledikleri özellikler arasındaki anlamlı ilişkiyi ayırt etmelerine yardımcı olmaktadır. Çalışmaya ait korelasyon katsayısı analizi sonuçları Çizelge 5'te verilmiştir. Diyarbakır lokasyonunda tane verimi ile tanede protein içeriği yönünden olumsuz önemli ($r = -0.412^*$) ilişki belirlenmiştir. Hektolitre ağırlığı ile tanede protein içeriği ve tanede nişasta içeriği (sırasıyla, $r = 0.572^{**}$, $r = 0.774^{***}$) arasında olumlu ve önemli ilişki belirlenmiştir.

Mardin lokasyonunda ise sadece hektolitre ağırlığı ile tanede protein içeriği ($r = 0.567^{**}$) arasında olumlu ve önemli ilişki belirlenmiştir. Her iki lokasyonda hektolitre ağırlığı ile tanede protein içeriği arasında olumlu ve önemli ilişki belirlenmiştir. Kızılgeçi ve ark. (2016 b) bu çalışmaya benzer olarak hektolitre ve protein arasında olumlu ve önemli ilişki olduğunu bildirmişlerdir.

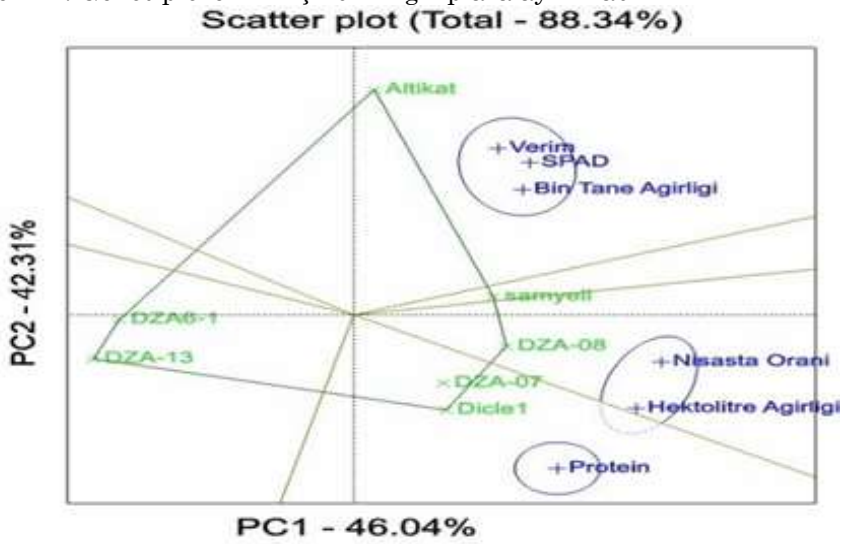
Çizelge 5. Diyarbakır ve Mardin lokasyonlarında incelenen özellikler arası korelasyon ilişkisi

Diyarbakır						
Özellikler	SPAD	Tane verimi	Tanede protein içeriği	Tanede nişasta içeriği	Hektolitre ağırlığı	Bin tane ağırlığı
SPAD	1					
Tane verimi	0.317	1				
Tanede protein içeriği	-0.302	-0.412*	1			
Tanede nişasta içeriği	-0.153	0.445*	0.225	1		
Hektolitre ağırlığı	-0.352	0.189	0.572**	0.774***	1	
Bin tane ağırlığı	0.1645	0.090	0.115	0.259	0.228	1
Mardin						
SPAD	1					
Tane verimi	-0.270	1				
Tanede protein içeriği	0.221	-0.204	1			
Tanede nişasta içeriği	0.227	-0.051	0.142	1		
Hektolitre ağırlığı	0.157	-0.082	0.567**	0.337	1	
Bin tane ağırlığı	0.166	0.241	0.242	-0.292	0.125	1

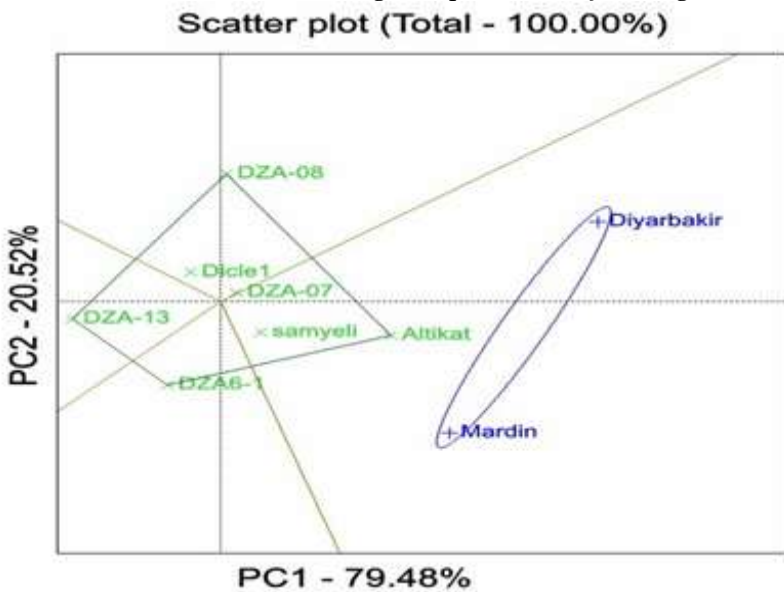
** , *** % 1 ve % 0.1 düzeyinde önemli



Şekil 1. Genotip-özellik ilişkisinin gruplara ayrılması



Şekil 2. İncelenen özelliklere ait genotip-özellik ilişkisini gösteren biplot grafiği



Şekil 3. Genotip- lokasyon ilişkisini gösteren biplot grafiği

Biplot Analiz Sonuçları ve Grafiklerin Yorumlanması

7 arpa genotipinin tane verimi ve kalite özellikleri ile lokasyonlar arasındaki çoklu değişken ilişkileri belirlemek için hem genotipler hem de incelenen özelliklerin temel bileşen analizi (PCA) PC1 ve PC2 değerleri karşılaştırılarak biplot analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada incelenen özelliklerin genotiplere göre sınıflandırılması ve genotiplerin özelliklere göre değişimi Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmiştir. GGE Biplot grafiği incelendiğinde; PC1 (1. temel bileşen) % 46.04 ve PC2 (2. temel bileşen) % 42.31 toplamda varyasyonun % 88.34'ünü oluşturmuştur. Yan ve ark., (2000), iki temel bileşenin toplam değerinin %100'e yaklaşması incelenen özelliklerin katsayılarının yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Genel olarak incelenen özelliklerin 2 farklı grup oluşturduğu görülmektedir. İlk grup tane verimi, SPAD ve bin tane ağırlığı özelliklerine ait vektörler arasındaki açı değerinin 90° düşük olduğundan bu 3 özellik aynı grupta yer almışlardır. İkinci grup ise nişasta içeriği, hektolitreye ağırlığı ve protein içeriğine ait vektörler arasındaki açı 90°den düşük bulunmuş ve bu özellikler aynı grupta yer almıştır. Protein içeriği özelliği ile tane veriminin ayrı sektörlerde yer alması ve aralarındaki vektörel açının 90°den yüksek olması bu özellikler arasında ilişkinin zayıf olduğunu göstermektedir. Biplot grafiği incelendiğinde poligon köşegenlerinde yer alan Altikat, tane verimi, bin tane ağırlığı ve SPAD bakımından, DZA-7, DZA-08 ve Dicle1 tanede protein içeriği, hektolitreye ağırlığı ve tanede nişasta içeriği yönünden ön plana çıkmışlardır.

DZA-6-1 ve DZA-13 genotiplerinin herhangi bir özellik ile ilişkileri olmadığından, herhangi bir grupta yer almamışlardır. Araştırmada incelenen özelliklerin GGE Biplot analiz yöntemi ile gruplandırılması ve genotiplerin incelenen özelliklerle olan ilişkisi yönünden ön plana çıkan Altikat çeşidi olmuştur. Ayrıca aynı grupta yer alan özelliklere yakın olan ve PC2 değeri, ortalama PC2 değeri olan sıfır "0" değerine yakın olan Samyeli çeşidi sahip olduğu özellikleri koruma kararlılığının yüksek olduğu söylenebilir. Yapılan Biplot analizine göre PC1 (%79.48) ve PC2 (%20.52) varyasyonun toplam %100'nü oluşturmaktadır (Şekil 3). İncelenen özellikler yönünden genotip ile çevre ilişkisini gösteren GGE Biplot grafiğine göre, çalışmada yer alan genotiplerin 4 bölgeye ayrıldığı, lokasyonların ise aynı sektörde yer aldığı görülmüştür. Poligonların köşegenlerinde yer alan genotipler en duyarlı genotipler olarak belirlenmiştir. Diyarbakır ve Mardin çevrelerinin birlikte yer aldıkları mega çevreyi en iyi temsil eden Altikat çeşidi olmuştur.

Poligonun diğer köşelerinde yer alan DZA6-1, DZA13 ve DZA-08 hatları bu çevreleri temsil eden en kötü genotipler olmuşlardır. Biplot grafiğinin orijin noktası

yakınında yer alan DZA-07 genotip incelenen özellikler yönünden çevre değişimlerinden en az etkilenen genotip olduğu görülmüştür.

SONUÇ

Çalışma sonucuna göre, genotip, çevre ve onların interaksiyonunun Diyarbakır ve Mardin lokasyonlarında yetiştirilen arpa genotiplerinin verim ve kalite özellikleri üzerine yüksek etkiye sahip olduğu görülmüştür.

Her iki lokasyonda tane verimi yönünden Altikat çeşidi en yüksek değere sahip olmuştur. DZA7, DZA8 ve Dicle 1 hatları birçok kalite (protein içeriği, hektolitreye ağırlığı ve nişasta içeriği) özellikleri yönünden ön plana çıkan hatlar olmuşlardır. Bu hatların daha özel amaçlarda kullanmak için çeşit adayları olabilecekleri kanısına varılmıştır. Biplot analiz yöntemi farklı lokasyonlarda incelenen arpa genotiplerinin verim ve kalite performanslarını görsel açıdan değerlendirmede fayda sağlamıştır.

KAYNAKLAR

- Ahmadi J, Vaezi B, Pour-Aboughadareh A 2016. Analysis of variability, heritability, and interrelationships among grain yield and related characters in barley advanced lines. *Genetika*, 48(1): 73-85.
- Akıncı C, Gül İ, Çölkesen M 1999. Diyarbakır koşullarında bazı arpa çeşitlerinin tane ve ot verimi ile bazı verim unsurlarının belirlenmesi. *Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi*, 15-20 Kasım 1999, Cilt:1, 405-410, Adana.
- Akıncı C, Yıldırım M, Sönmez N 2001. Diyarbakır koşullarına uygun arpa çeşitlerinin belirlenmesi. *Türkiye 4. Tarla Bitkileri Kongresi*, 17-21 Eylül 2001, Cilt 1, 151-156, Tekirdağ.
- Akıncı C, Yıldırım M 2009. Screening of barley landraces by direct selection for crop improvement. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science*, 59(1): 33-41.
- Aydoğan S, Şahin M, Akçacık AG, Ayrancı R 2011. Konya koşullarına uygun yüksek verimli ve kaliteli arpa genotiplerinin belirlenmesi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25 (1): 10-16.
- Çölkesen M, Eren N, Öktem A, Akıncı C 1994. Harran ovası sulu koşullarında farklı ekim sıklığının arpa çeşitlerinde verim ve verim unsurlarına etkisi üzerine bir araştırma. *Türkiye 1. Tarla Bitkileri Kongresi*, Cilt I, *Agronomi Bildirileri*, 13-17, İzmir.
- Doorenbos J, Kassam, AH 1979. Yield response to water FAO Irrigation and Drainage Paper No:33. Food and Agriculture Organization of United Nations. Rome.
- Elgün A, Türker S, Bilgiçli N 2001. Tahıl ve ürünlerinde analitik kalite kontrolü. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü*, Yayın No: 2, Konya.

- FAOSTAT 2017. Statistics Division of Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>. (Erişim tarihi: 08/03/2017).
- Fotokian MH, Agahi K, Ahmadi J, Vaezi B 2014. Selection of barley advanced lines at rainfed conditions using regression and cluster analyses. *Int. J. Biosci*, 4(6): 80-88.
- Geçit HH 1982. Ekmeklik buğday (*T. aestivum* L. Em Thell) çeşitlerinde ekim sıklıklarına göre birim alan değerleri ile ana sap ve çeşitli kademedeki kardeşlerin tane verimi ve verim komponentleri üzerine araştırmalar. Ankara Üniversitesi Zir. Fak. Tarla Bit. Böl., Doçentlik Tezi, 91 s.
- Geçit HH 2016. Serin İklim Tahılları (Buğday, Arpa, Yulaf, Triticale). Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1640, Ankara, 822s.
- Iravani M, Solouki M, Rezai AM, Siasar BA, Kohkan SA. (2008). Investigating the diversity and relationship between agronomical traits and seed yield in barley advanced lines using factor analysis. *JWSS-Isfahan University of Technology*, 12(45): 137-145.
- Kaydan D, Yağmur M 2007. Van ekolojik koşullarında bazı iki sıralı arpa çeşitlerinin (*Hordeum vulgare* L. conv. *distichon*) verim ve verim öğeleri üzerine bir araştırma, Ankara Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi. 13 (3): 269-278.
- Kendal E, Tekdal S, Aktaş H, Karaman M, Berekatoğlu K, Doğan H 2014. Biplot analizi kullanılarak yazlık arpa genotiplerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 15(2): 95-103.
- Kılıç H, Akar T, Kendal E, Sayım İ 2010. Evaluation of grain yield and quality of barley varieties under rainfed conditions. *African Journal of Biotechnology*, 9(46): 7825-7830.
- Kızılgeçi F, Yıldırım M, Akıncı C, Albayrak Ö 2016a. Bazı arpa genotiplerinin Diyarbakır ve Mardin koşullarında verim ve kalite parametrelerinin incelenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(3): 161-169.
- Kızılgeçi F, Yıldırım M, Akıncı C, Albayrak Ö, Biçer BT, Başdemir F 2016b. Bazı arpa genotiplerinin Diyarbakır ve Şanlıurfa Koşullarında verim ve kalite özellikleri açısından incelenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, (Özel Sayı-1): 146-150.
- Kızılgeçi F, Yıldırım M 2017. Bazı tritikale (*X Triticosecale* Wittmack) genotiplerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*. 4(1): 43-49.
- Kızılgeçi F, Yıldırım M, Akıncı C, Albayrak O, Sesiz U, Tazebay N 2018. Evaluation of relationships between yield and yield components with physiological parameters in barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes. *DUFED*. 7(2): 61-66.
- Mishra SC, Singh SK, Patil R, Bhusal N, Malik A, Sareen S 2014. Wheat: recent trends on production strategies of wheat in India Edition: 1stChapter: Breeding for heat tolerance in Wheat. Publisher: DWR, Karnal Editors: RS Shukla, PC Mishra, R Chatrath, RK Gupta, SS Tomar, Indu Sharma.
- Öztürk İ, Avcı R, Kahraman T 2007. Trakya Bölgesinde yetiştirilen bazı arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinin verim ve verim unsurları ile bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(1): 59-68.
- Tekdal S, Kendal E, Aktaş H, Karaman M, Kılıç H, Kızılgeçi F 2013. ICARDA orijinli bazı durum buğday genotiplerinin Diyarbakır şartlarına uyum kabiliyetlerinin araştırılması. Türkiye 10. Tarla Bitkileri Kongresi, Bildiriler :10-13 Eylül, Konya, 743-749.
- TUİK 2018. Türkiye İstatistik Kurumu. www.tuik.gov.tr (Erişim tarihi : 20/09/2018)
- Vaezi B, Ahmadi J, Pour-Aboughadareh A 2105. Stability analysis for barley advanced lines under Gachsaran tropical conditions. *Cereal Research*, 5(3): 261-27.
- Yan W, Hunt LA, Sheng Q, Szlavnic Z 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on GGE biplot. *Crop Science*, 40:597–605.
- Yan W 2001. GGE Biplot- A Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types two-way data. *Agronomy Journal*, 93: 1111-1118.
- Yan W, Kang MS 2002. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists and agronomists. CRC pres,
- Yan W, Tinker NA 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science* 86: 623–645.
- Yan W, Kang MS, Ma B, Woods S, Cornelius, PL 2007. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Science*, 47: 643–655.
- Yau SK 1995. Regression and AMMI analyses of genotype × environment interactions: An empirical comparison. *Agronomy Journal*, 87: 121-126.

Tuz Stresinin Yem Bezelyesi (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.) Seçilmiş Genotipinde Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri

Gürkan DEMİRKOL^{1*}, Nuri YILMAZ², Özlem ÖNAL AŞCI³

^{1,2,3}Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ordu

¹<https://orcid.org/0000-0003-0033-8039>, ²<https://orcid.org/0000-0002-0597-6884>, ³<https://orcid.org/0000-0002-9487-9444>

✉: gurkandemirkol@odu.edu.tr

ÖZET

Bitkisel üretimde stres faktörleri verimde azalmaya neden olmaktadır. Bu çalışma, yemlik kullanıma uygun olduğu belirlenen yem bezelyesi genotipinin tuzluluğa toleransını saptamak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada farklı NaCl dozları (0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 ve 300 mM) uygulanmıştır. Deneme Tesadüf Parselleri Deneme desenine göre 10 tekrarlı olarak kurulmuştur. Çalışmada, çimlenme oranı, ortalama çimlenme süresi, radikula ve plumula uzunluğu, radikula ve plumula taze ağırlığı ile radikula ve plumula kuru ağırlığı incelenmiştir. Araştırmada, tuz stresi tüm parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı bir farka sebep olmuştur. Sonuç olarak çalışılan genotipin 90 mM'ın altındaki tuz dozlarına dayanıklı olduğu tespit edilmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 28.08.2018

Kabul Tarihi : 30.01.2019

Anahtar Kelimeler

NaCl

Stres fizyolojisi

Yem bitkisi

The Effect of Salt Stress on the Germination and Seedling Growth Parameters of a Selected Forage Pea (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.) Genotype

ABSTRACT

Stress factors in crop production cause a decrease in crop yield. Salinity is one of the most important abiotic stress factors that decrease yield and quality. This study was conducted to determine the salinity tolerance of forage pea genotype. The salinity stress was arranged with different NaCl concentrations (0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 and 300 mM). The experiment was conducted as a randomized complete block design with ten replications. In the study, germination rate, mean germination time, the length of radicle and plumula, radicle fresh and dry weight, plumula fresh and dry weight were determined. Results showed that, salt stress caused significant differences in all parameters. As a result, the studied genotype was found to be resistant to salt doses below 90 mM.

Research Article

Article History

Received : 28.08.2018

Accepted : 30.01.2019

Keywords

NaCl

Stress physiology

Forage crop

To Cite : Demirkol G, Yılmaz N, Önal Aşçı Ö 2019. Tuz Stresinin Yem Bezelyesi (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.) Seçilmiş Genotipinde Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 22(3): 354-359. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.455439

GİRİŞ

Bitkilerin yaşadığı çevrelerde büyüme ve gelişmelerini olumsuz etkileyen biyotik veya abiyotik ajanlar stres faktörü olarak değerlendirilir. Stres önce metabolik ve fizyolojik mekanizmalarda bozulmalarla başlar. Daha sonra bitki organlarında hasara, ürün kalitesinde düşmeye ve hatta ölüme neden olabilmektedir. Abiyotik stres faktörlerinin başında gelen tuzluluk, özellikle kurak ve yarı kurak iklim özelliği gösteren bölgelerde yıkanarak yeraltı suyuna karışan tuzların, yüksek taban suyuyla birlikte kapilarite yoluyla toprak yüzeyine çıkması ve suyun buharlaşarak topraktan ayrılması sonucu tuzun toprak yüzeyinde ve yüzeye yakın bölümünde birikmesi olayıdır. Tuzluluk stresi özellikle toprak strüktürünü değiştirmek

suretiyle bitki verimi ve kalitesinde önemli kayıplara neden olmaktadır (Ekmekçi ve ark., 2005).

Günümüzde dünyadaki tuzlu toprakların alanı düzenli olarak artmaya devam etmektedir (Athar ve ark., 2009). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO, 2018) verilerine göre dünyadaki arazilerin yaklaşık % 6'sı tuzluluktan etkilenirken, Türkiye'de 1.5 milyon hektarlık alan tuzlulukla karşı karşıyadır (Kuşvuran, 2010).

Bitkinin yaşamı içinde tuz stresine karşı en hassas olduğu dönemin çimlenme dönemi olduğu belirtilmektedir (Ahmad ve ark., 2013). Bitkilerin tuz stresine karşı tepkisi, bitki türlerine göre değişim göstermesinin yanı sıra aynı tür içinde de farklılıklar gösterebilmektedir. 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; Önal Aşçı, 2011). Bu nedenle son yıllarda bitki tür ve çeşitlerinin tuzluluğa dayanımı üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır.

Ülkedeki kaliteli kaba yem açığını kapatmak için yem bitkileri ekim alanının genişletilmesi ve verimliliğin artırılması gerekmektedir. Besleme değeri yönünden oldukça zengin olan ve hayvanlar tarafından sevilerek tüketilen yem bezelyesi, ülkemizde yem bitkileri üretimine ve dolayısıyla kaliteli kaba yem açığının giderilmesine katkıda bulunabilme potansiyeli olan türlerden birisidir (Tekeli ve Ateş, 2003). Yem bitkisi olarak tanelerinden, yeşil ve kuru otundan yararlanılan yem bezelyesi aynı zamanda mera bitkisi ve yeşil gübre bitkisi olarak da kullanılmaktadır (Açıkgöz, 2001).

Bugüne kadar yapılan birçok çalışma sonucunda, tuzluluğun çimlenmeyi önemli ölçüde azalttığı ve hatta tamamen engellediği ortaya konmuştur ancak bu etkinin bitki türü, çeşidi ve tuz dozuna bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir (Acar ve ark., 2011; Şentürk ve Sivritepe, 2015; Önal Aşçı ve Üney, 2016).

Bu çalışmanın amacı; tuz stresinin yem bezelyesinde çimlenme ve bitki gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesidir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Bu çalışma farklı tuz konsantrasyonlarının yem bezelyesi genotipinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Laboratuvarında 2018 yılında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada Demirkol (2017) tarafından yürütülen araştırmada kuru ot ağırlığı ve nispi yem değerleri çeşitlere ait değerlerden daha yüksek olduğu tespit edilen ve böylece yem değeri açısından ümitvar olarak belirlenen T8 kodlu genotip materyal olarak kullanılmıştır.

Yöntem

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 10 tekrarlı olarak kurulmuştur. Çalışmada 11 farklı NaCl dozu (0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300 mM) kullanılmıştır. 25 adet tohum konulan her petriye farklı dozlarda 10 ml NaCl solüsyonu eklenmiştir. Araştırmada bitki tohumları önce % 10'luk sodyum hipoklorit ile daha sonra ise % 80'lik etil alkol ile yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuştur. Petri kapları, iklim dolabında tamamen karanlık ortamda 20±1°C'de 7 gün boyunca çimlenmeye bırakılmıştır. Deneme süresince tohumlar her gün kontrol edilmiş ve 2 mm kökçük uzunluğuna sahip tohumlar çimlenmiş olarak kabul edilmiştir.

Çalışmada, çimlenme oranı (%), çimlenme süresi (gün), radikula ve plumula uzunlukları (cm), yaş radikula ve plumula ağırlıkları (g) ile kuru radikula ve plumula ağırlıkları (g) hesaplanmıştır.

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

Ortalama Çimlenme süresi= $\Sigma(fx)/\Sigma f$ (Matthews ve Khajeh-Hosseini, 2007).

Verilerin Değerlendirilmesi

On tekrarlı olarak yürütülen araştırmada elde edilen veriler Tesadüf Parselleri Deneme Deseninde analiz edilmiştir. Ortalamalar arasındaki farklılıkların istatistik önemleri Tukey karşılaştırma testi ile Minitab 17 istatistik programı ile gerçekleştirilmiştir.

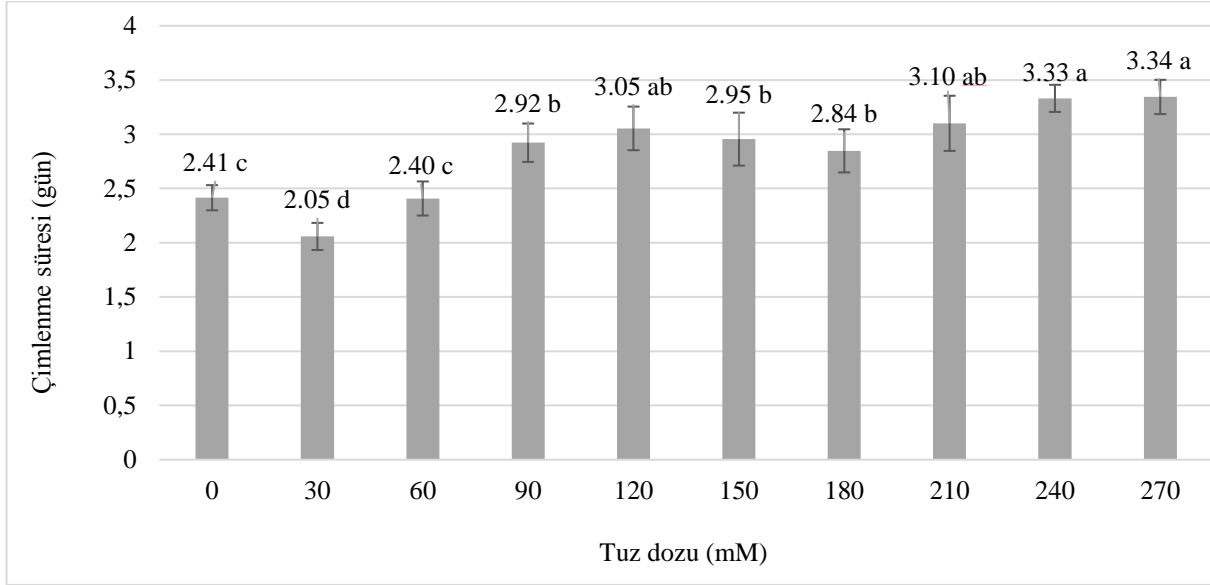
BULGULAR ve TARTIŞMA

Araştırmada, yapılan varyans analizi sonucunda incelenen tüm özellikler bakımından tuz dozları arasında istatistiki olarak farklılık olduğu belirlenmiştir (p<0.001). Çalışmada bezelye genotipi 300 mM tuz dozunda çimlenme göstermemiştir. Tuz dozlarının çimlenme süresi üzerine etkileri incelendiğinde 30 mM tuz uygulamasının çimlenme süresini kontrole kıyasla azalttığı görülmektedir. Kontrole kıyasla çimlenme süresinde ilk önemli artış 90 mM'de gerçekleşmiştir. (Şekil 1).

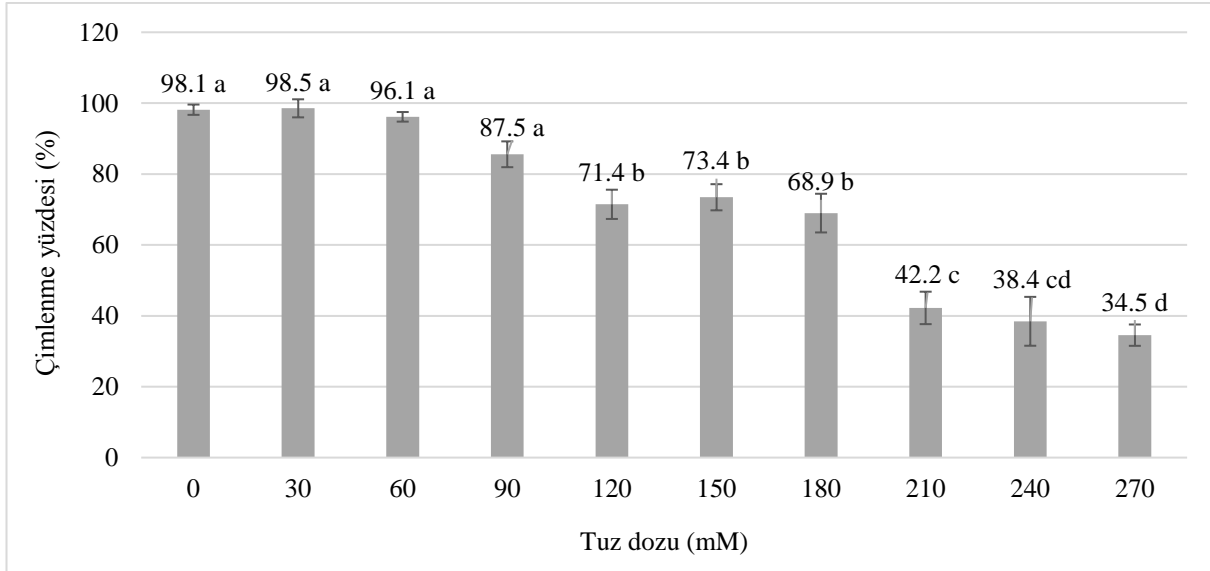
Tuz dozunun artması ile birlikte çimlenme süresinin uzaması beklenen bir durumdur (Day ve ark., 2008). Tuz dozlarının çimlenme oranı üzerine etkileri incelendiğinde kontrole kıyasla ilk önemli stresin 120 mM tuz uygulamasında başladığı görülmektedir (Şekil 2). 30, 60 ve 90 mM tuz dozlarında belirlenen çimlenme oranı kontrol ile istatistiki olarak farksız bulunmuştur. Çalışılan genotipin 90 mM tuz dozunda dahi kontrol ile istatistiki olarak farksız olması ilgili genotipin çimlenme yüzdesi açısından tuza dayanıklılığının ülkemizde bugüne kadar çalışılan bezelye örneklerinden daha fazla olduğunu göstermektedir (Okçu ve ark., 2005; Şentürk ve Sivritepe, 2015; Petrović ve ark., 2016).

Tuz dozlarının, radikula uzunluğu üzerine etkileri incelendiğinde kontrole kıyasla ilk stres 120 mM'de, plumula uzunluğunda ise 150 mM'de başlamıştır. Tuz dozunun radikula ve plumula uzunluğuna en olumsuz etkisi ise 210, 240 ve 270 mM dozlarında meydana gelmiştir (Şekil 3, 4). Tuzluluğun plumula gelişimine etkisi değerlendirildiğinde, 30 mM tuz dozunun plumula uzunluğunu önemli derecede artırdığı ve bu dozdan sonra azalttığı görülmektedir.

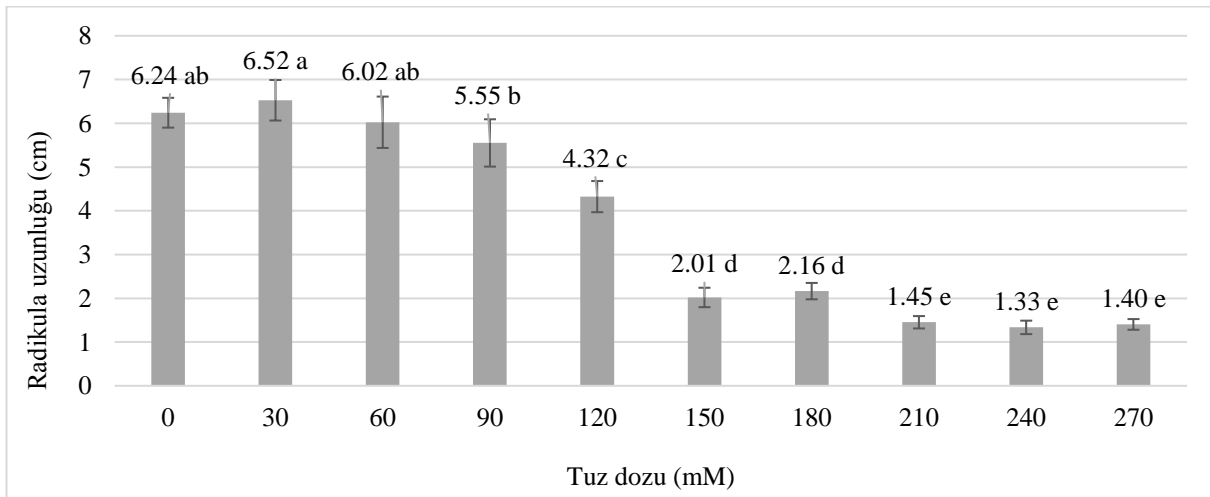
Tuz dozlarının, radikula yaş ağırlığı, plumula yaş ağırlığı, radikula kuru ağırlığı ve plumula kuru ağırlığı değerleri üzerine etkileri incelendiğinde incelenen özelliklerin tamamında kontrole kıyasla ilk stresin 90 mM'de başladığı görülmektedir.



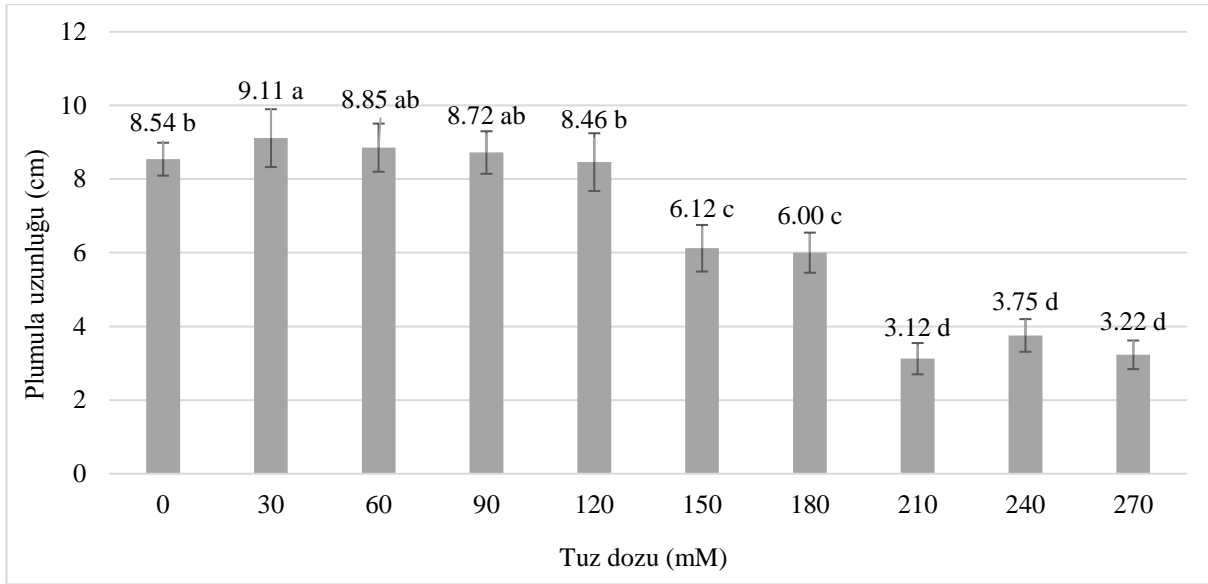
Şekil 1. Tuz dozlarının çimlenme süresi üzerine etkileri (gün)



Şekil 2. Tuz dozlarının çimlenme yüzdesi üzerine etkileri (%)



Şekil 3. Tuz dozlarının radikula uzunluğu üzerine etkisi (cm)

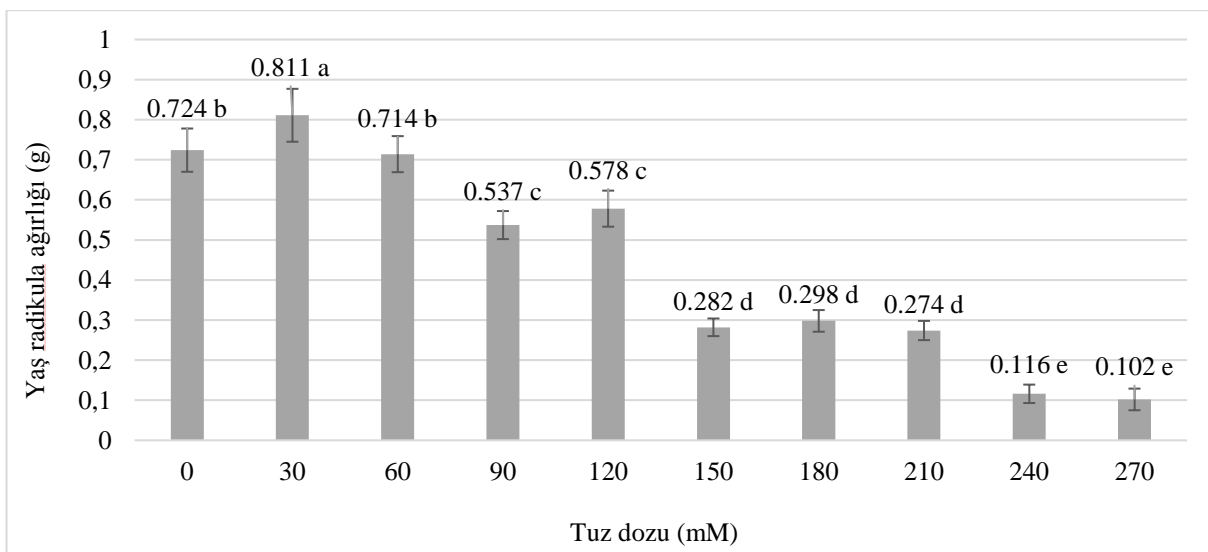


Şekil 4. Tuz dozlarının plumula uzunluğu üzerine etkisi (cm)

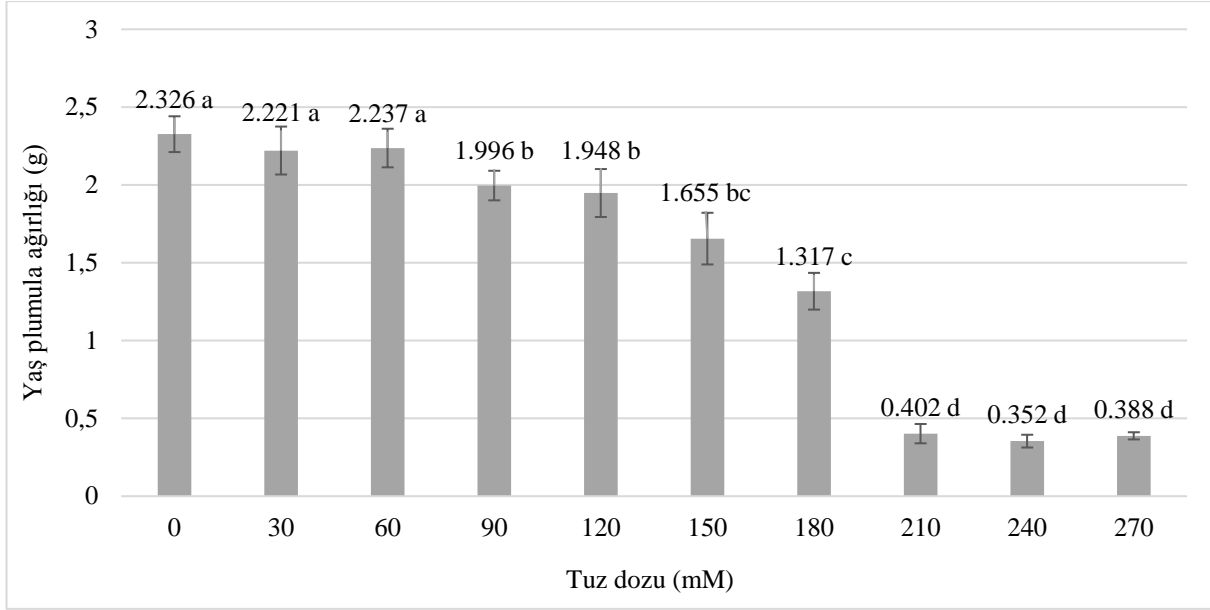
Tuz dozunun radikula yaş ağırlığı, plumula yaş ağırlığı, radikula kuru ağırlığı ve plumula kuru ağırlığı değerleri üzerine en olumsuz etkisi ise yine incelenen özelliklerin tamamında 210, 240 ve 270 mM tuz dozlarında meydana gelmiştir (Şekil 5-8).

Ortamda bulunan 30 mM NaCl, bezelyede radikula yaş ve kuru ağırlığını olumlu etkilemiştir ancak tuz dozunun artmasıyla birlikte incelenen özellikler olumsuz etkilenmeye başlamıştır. Bilindiği üzere Na⁺ ve Cl⁻ iyonları bitkiler için besin elementidir. Düşük dozlarda kök ve gövde gelişiminin teşvik edilmesinin besin etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Tuz stresi yaşayan bitkilerde aynı zamanda kuraklık stresi de yaşanır. Kuraklığa maruz kalmış bitkilerde absisik asit sentezi artar, absisik asit sürgün büyümesini engeller (Taiz ve Zeiger, 2002). Yine hücreler turgor durumunu sağlayamadıklarında hücre büyümesi ve buna bağlı olarak hücre bölünmesi gerçekleşmez.

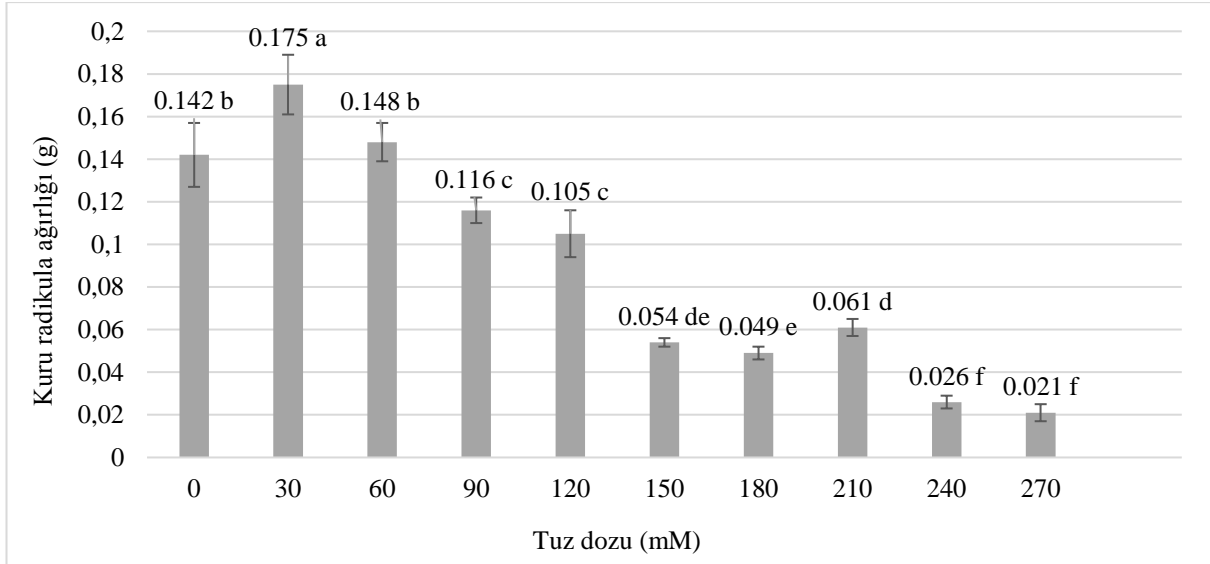
Stres şartlarında bitkilerde absisik asit, etilen ve brassinosteroid sentezlendiği ve söz konusu bileşiklerin kök gelişimini değiştirdiği, genellikle düşük tuz dozlarının kök uzamasını teşvik ettiği, yüksek dozların ise kök gelişimini azalttığı bildirilmiştir (Julkowska ve ark., 2014). Kök bölgesindeki tuz, osmotik stres ve toksik iyon etkisi ile kök meristem dokusunda hücre genişlemesini ve hücre üretimini engelleyerek kök uzamasını azaltır (Rewald ve ark., 2013). Bu nedenlerle çalışmada artan tuz dozlarında kök ve gövde gelişiminde olumsuzluklar yaşanmaya başlanmıştır. Araştırmada plumula uzunluğundaki ve ağırlığındaki azalış, radikula uzunluğundaki ve ağırlığındaki azalışa kıyasla daha yüksek tuz konsantrasyonlarında meydana gelmiştir. Bu durum bezelyede kök gelişiminin gövde gelişimine göre tuzluluğa daha hassas olduğunu göstermektedir.



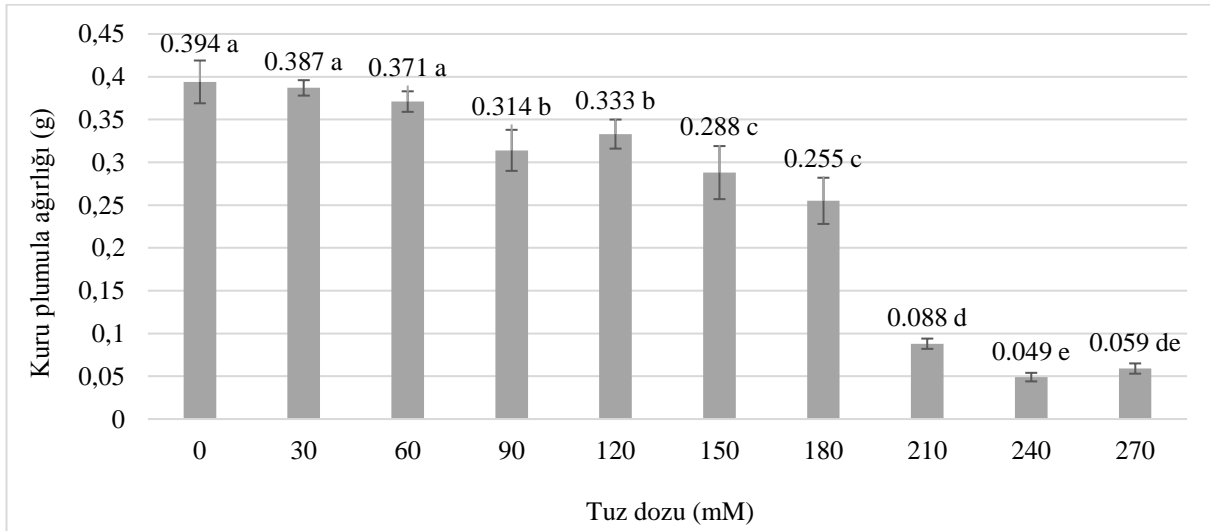
Şekil 5. Tuz dozlarının radikula yaş ağırlığı üzerine etkisi (g)



Şekil 6. Tuz dozlarının plumula yaş ağırlığı üzerine etkisi (g)



Şekil 7. Tuz dozlarının radikula kuru ağırlığı üzerine etkisi (g)



Şekil 8. Tuz dozlarının plumula kuru ağırlığı üzerine etkisi (g)

Nitekim, bezelye ile yapılan benzer çalışmalar da artan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak kökün daha çok etkilendiği rapor edilmiştir (Okçu ve ark., 2005; Aydın ve Atıcı, 2015).

Çalışmada tuz stresinin çimlenme ve bitki gelişimine ilk olumsuz etkisi genellikle 90 mM'den sonra görülmüştür. Bezelyede tuz stresine yönelik farklı çeşitler üzerinde gerçekleştirilen araştırmalarda çoğunlukla bu değer 75 mM olarak saptanmıştır (Okçu ve ark., 2005; Acar ve ark., 2011; Şentürk ve Sivritepe, 2015). Bu sebeple ele alınan genotipin tuza dayanıklılığının daha yüksek olabileceği düşünülmektedir.

SONUÇ

Tuz stresi tohumların çimlenmesini ve fide gelişimini düşük dozlarda olumlu, yüksek dozlarda ise olumsuz etkilemektedir. Ancak bu olumsuz etkinin şiddeti ortamda bulunan tuz dozlarına göre değişmektedir. Yapılan çalışmada ele alınan yem bezelyesi genotipinin çimlenme döneminde, ortamda bulunan tuz dozundan önemli derecede etkilendiği belirlenmiştir. Araştırmada incelenen genotipin çimlenme ve fide gelişiminin 90 mM'in altındaki tuz dozlarından olumsuz etkilenmediği belirlenmiştir. Bu sebeple çalışılan genotipin, tuzluluk probleminin yaşandığı alanlarda, tarla koşullarındaki performansının belirlenmesi, tuzlu alanların değerlendirilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle saksı ve tarla koşullarında yürütülen yeni çalışmaların yapılması fayda sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Acar R, Yorgancılar M, Atalay E, Yaman C 2011. Farklı Tuz Uygulamalarının Bezelyede (*Pisum sativum* L.) Bağlı Su İçeriği, Klorofil ve Bitki Gelişimine Etkisi. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 25(3): 42-46.
- Açıkgöz E 2001. Yem bitkileri (3. Baskı). Uludağ Üniversitesi Vakfı Yayın No:182. 584 s, Bursa.
- Ahmad P, Azooz MM, Prasad MNV 2013. Salt Stress in Plants. Heidelberg: Springer.
- Athar HUR, Khan A, Ashraf M 2009. Inducing Salt Tolerance in Wheat By Exogenously Applied Ascorbic Acid Through Different Modes. Journal of Plant Nutrition, 32(11): 1799-1817.
- Aydın İ, Atıcı Ö 2015. Tuz Stresinin Bazı Kültür Bitkilerinde Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri. Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 3(2): 1-15.
- Day S, Kaya MD, Kolsarıcı Ö 2008. Bazı Çerezlik Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Genotiplerinin Çimlenmesi Üzerine NaCl Konsantrasyonlarının Etkileri. Tarım Bilimleri Dergisi, 4(3): 230-236.
- Demirkol G 2017. Yerel Bezelye Populasyonlarının Karakterizasyonu ve Genetik Çeşitliliklerinin

- Belirlenmesi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Doktora Tezi, 110 s.
- Ekmekçi E, Apan M, Kara T 2005. Tuzluluğun Bitki Gelişimine Etkisi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 20(3): 118-125.
- FAO 2018. <http://www.fao.org/statistics/databases/en/> Erişim tarihi: 06.11.2018.
- Julkowska MM, Hoefsloot HCJ, Mol S, Feron R, Boer G-J de, Haring MA, Testerink C 2014. Capturing Arabidopsis Root Architecture Dynamics With ROOT-FIT Reveals Diversity in Responses to Salinity. Plant Physiology, 114(1): 1-39.
- Kuşvuran S 2010. Ion Regulation in Different Organs of Melon (*Cucumis melo*) Genotypes Under Salt Stress. International Journal of Agriculture and Biology, 14(1): 141-144.
- Matthews S, Khajeh-Hosseini M 2007. Length of The Lag Period Of Germination and Metabolic Repair Explain Vigour Differences In Seed Lots of Maize (*Zea mays*). Seed Science and Technology, 35(1): 200-212.
- Okçu G, Kaya MD, Atak M 2005. Effects of Salt and Drought Stresses on Germination and Seedling Growth of Pea (*Pisum sativum* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 29(4): 237-242.
- Önal Aşçı Ö 2011. Salt Tolerance in Red Clover (*Trifolium pratense* L.) seedlings. African Journal of Biotechnology, 10(44): 8774-8781.
- Önal Aşçı Ö, Üney H 2016. Farklı Tuz Yoğunluklarının Macar Fiğinde (*Vicia pannonica* Crantz) Çimlenme ve Bitki Gelişimine Etkisi. Akademik Ziraat Dergisi, 5(1): 29-34.
- Şentürk B, Sivritepe H 2015. Bezelye (*Pisum sativum* L.) Tohumlarında NaCl ile Yapılan Priming Uygulamaları için En Uygun Protokolün Belirlenmesi, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 29(2): 95-105.
- Petrović G, Jovičić D, Nikolić Z, Tamindžić G, Ignjatov M, Milošević D, Milošević B 2016. Comparative Study of Drought and Salt Stress Effects on Germination and Seedling Growth of Pea. Genetika, 48(1): 373-381.
- Rewald B, Shelef O, Ephrath JE, Rachmilevitch S 2013. Adaptive Plasticity of Salt-Stressed Root Systems. In Ecophysiology and Responses of Plants Under Salt Stress (pp. 169-201). Springer, NY.
- Taiz L, Zeiger E 2002. Plant Physiology. 3rd edition, Sinauer Associates Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts, USA, 690p.
- Tekeli AS, Ateş E 2003. Yield and Its Components in Field Pea (*Pisum arvense* L.) Lines. Journal of Central European Agriculture, 4(4): 313-317.
- Turhan A, Şeniz V 2010. Salt Tolerance of Some Tomato Genotypes Grown in Turkey. Journal of Food, Agriculture and Environment, 8(3-4): 332-339.

Ayçiçeği Bitkisi Yapraklarında Tuz Stresi, Nitrik Oksit ve Hormon Uygulamalarının Antioksidan Savunma Sistemi Üzerine Etkileri

Oğuz Ayhan KİREÇÇİ¹, Füsun YÜREKLİ²

¹Bitlis Eren Üniversitesi Hizan Meslek Yüksekokulu, Bitlis ²İnönü Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Malatya

¹<https://orcid.org/0000-0003-2205-4758>, ²<https://orcid.org/0000-0002-4111-9230>

✉: kireccioguzayhan@gmail.com

ÖZET

Bu çalışmada ayçiçeği (*Helianthus annuus* L. cv. Tarsan-1018 çeşidi) bitkisinde tuz stresi, sodyum nitroprussid ve bitki hormonları uygulamalarının antioksidan sistem aktiviteleri üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışma 2016 yılında kontrollü iklim odası şartlarında yapılmıştır. Tohumlar 5 hafta süreyle kültür çözeltisi ile sulanarak, 5. hafta sonunda tuz, sodyum nitroprussid ve bitki hormonları uygulamaları 48 saat süreyle yapılmıştır. 48. Saat sonunda örnekler alınarak, süperoksit dismutaz aktivitesi Sairam ve ark. (2002)' a katalaz aktivitesi Aebi (1984)'e glutatyon S transferaz aktivitesi Habig ve ark. (1974)' e ve prolin miktarı da Ninhidrin (Troll ve Lindsley, 1955) metoduna göre belirlenmiştir. Sonuçlar; tuz stresi ve Sodyum nitroprussid uygulamalarının antioksidan savunmayı teşvik ettiğini göstermiştir. Bitki hormonları farklı etkiler yapmış olup; absisik asidin antioksidan savunma sistemi üzerine olumlu etkilerde bulunduğu, gibberellik asidin ise enzim aktiviteleri ve prolin miktarı üzerine etkisinin olumsuz olduğu belirlenmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 07.09.2018

Kabul Tarihi : 30.01.2019

Anahtar Kelimeler

Antioksidan enzim

Ayçiçeği

Nitrik oksit

Prolin

Tuz stresi

The Effects of Salt Stress, Nitric Oxide and Hormone Applications on Antioxidant Defense in Sunflower Plant Leaves

ABSTRACT

In this study, effects of salt stress, SNP and plant hormones on activities of antioxidant system in sunflower (*Helianthus annuus* L. cv. Tarsan-1018) leaf tissues were investigated. The study was conducted in 2016 under controlled climate room conditions. The seeds were irrigated with culture solution for 5 weeks. At the end of the fifth week, salt, SNP and hormone applications were applied for 48 hours. At the end of 48-hour samples were gathered. Superoxide dismutase activity, Catalase activity, Glutathione S transferase activity and Proline amount were determined according to Sairam et al. (2002), Aebi (1984), Habig et al. (1974) and Ninhidrin method (Troll and Lindsley, 1955), respectively. Results showed that salt stress and Sodium nitroprusside stimulated antioxidant defense. Plant hormones had different effects. Abscisic acid had positive effects on antioxidant defense. Gibberellic acid caused negative effects on enzyme activities and proline amount.

Research Article

Article History

Received : 07.09.2018

Accepted : 30.01.2019

Keywords

Antioxidant enzyme

Nitric oxide

Proline

Salt stress

Sunflower

To Cite : Kireççi OA, Yürekli F 2019. Ayçiçeği Bitkisi Yapraklarında Tuz Stresi, Nitrik Oksit ve Hormon Uygulamalarının Antioksidan Savunma Sistemi Üzerine Etkileri. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 22(3): 360-369. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.457992.

GİRİŞ

Stres; fiziksel açıdan bir nesneye birim alan başına uygulanan güç olarak tanımlanmaktadır. Bitkilerde bir stres faktörü tarafından uygulanan gücü ölçmek zor olduğundan biyolojik açıdan stresi tanımlamak zordur. Biyolojik koşullarda bir bitki için stres oluşturan durum başka bir bitki için optimum şartları

sağlayabilmektedir. Biyolojik stresin en pratik tanımı ise bitkiler gibi biyolojik sistemlerde normal fonksiyonları ve oluşumları engelleyen olumsuz şartlar olarak tanımlanabilir (Jones ve Jones 1989; Gaspar ve ark., 2002; Jaleel ve ark., 2009). Tuzluluk, son yıllarda dünya genelinde ciddi şekilde artarak devam eden bir stres türüdür. Yağış miktarında

azalma, kurak ve yarı kurak alanlardaki yüksek derecede nem oluşumu ve bunların neticesinde bitkiler için su ile besin maddelerine ulaşmadaki zorlukları meydana gelen tuz stresi su eksikliği ve kuraklık stresi sonuçlarına neden olmaktadır (Mahajan ve Tuteja 2005; Al-karaki 2006; Porcel ve ark., 2012). Yüksek tuzluluk ise; su stresi, iyon toksisitesi, besin yetersizliği, metabolik proseslerin değişimi, membran bozuklukları, hücre bölünmesi ve genişlemesinde gerileme, genotoksinite gibi bir çok yolla bitkiyi olumsuz etkilemektedir (Zhu 2007). Bu gibi durumlar bitkinin gelişimini, büyümesini ve yaşamını ciddi derecede sınırlandırmakta, tuz stresinin devam etmesiyle de protein sentezi, fotosentez, enerji ve lipid metabolizması gibi önemli fizyolojik aşamalar olumsuz etkilenmektedir (Parida ve Das 2005). Tuz stresinin ozmotik etkisi hemen gözlenebilmekte, hücre büyümesi ile bölünmesi inhibe edilerek, stomalar tedbir olması için kapatılabilmektedir. (Munns 2002; Flowers 2004). Uzun süreli tuzluluk, bitkide olgun yapraklarda senesensin başlamasına neden olmakta ve fotosentetik alan azalmaktadır (Cramer ve Nowak 1992). Bitkilerin birçoğunda tuzluluğun olumsuz etkisinden koruyucu veya tolare edici mekanizmalar bulunmaktadır. Bu mekanizmalar; stomaları kontrol altına alarak, ozmotik uyum sağlamakta, fotoprotektif etkiler geliştirerek, sekonder metabolit ve fitohormon üretimi sayesinde kuraklık ve tuz stresine başa çıkmaya çalışmaktadır (Yordanov ve ark., 2000; Valladeres ve Percy 2002; Martinez-Ferri ve ark., 2004; Radhakrishnan ve Lee 2013). Strese bağlı olarak ABA ve etilen gibi hormonların üretiminde ve çeşitli genlerin ifadelerinde değişimler meydana gelmektedir (Mahajan ve Tuteja 2005; Yamaguchi-Shinozaki ve ark., 2005; Shinozaki ve Yamaguchi-Shinozaki 2007). Serbest radikallerin zararlı etkilerine karşı hücre veya organizmalar koruyucu mekanizmalara sahiptirler. Bu mekanizmalardan bir kısmı serbest radikal oluşumunu, bir kısmı ise oluşmuş serbest radikallerin zararlı etkilerini önler. Bu işlevleri yapan maddelerin tamamına genel olarak antioksidanlar denir. Bitki dokularındaki oksidatif hasar enzimatik ve enzimatik olmayan mekanizmalar tarafından baskılanmaktadır. β -karoten, α -tokoferol, askorbat, glutatyon ile süperoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POX), askorbat peroksidaz (APX), katalaz (CAT) ve glutatyon redüktaz (GR) enzimleri bu mekanizma içerisinde yer almaktadır (Halliwell 1987; Asada 1992; 1997; Türkan ve ark., 2005). Stres çeşitlerinin sebep olduğu zararlar bitkinin türüne, stresten kaçınma ve tolerans kabiliyetine bağlı olarak değişebilmektedir (Dubey, 1994; Kadioğlu, 2004; Madhava Rao ve ark., 2005; Büyük ve ark., 2012). Bitkiler, düşük moleküler ağırlıklı çözünen maddeler veya prolin gibi ozmolitleri oluşturarak stres cevapları meydana getirebilmektedir. Koruyucu moleküllerden olan ozmolitler stres tarafından oluşturulan ROS'un temizlenmesinde görev yapan proteinlerdir (Büyük ve

ark., 2012). Bitki hormonları, bitkinin büyüme ve gelişmesinde önemli rol oynayan maddelerdir. Bitkiler, abiyotik stres ile karşılaştığı zaman bazı endojen bitki hormonları sinyal iletimi ve gen ifadelerinin düzenlenmesinde önemli görevler yapar (Xiong ve ark., 2002). Bitki hormonları hücre bölünmesi, farklılaşması ve büyümesi gibi olayları düzenlerken (Hooley 1994), giberellinler, etilen, sitokininler ve brassinosteroidler tohum çimlenmesinin ve gelişimin düzenlenmesini de sağlayabilmektedir. (Kucera ve ark., 2005; Kucera ve ark., 2007). Absisik asit (ABA) su stresi ve ağır metal stresi gibi durumlarda bitkinin strese karşı cevaplarının düzenlenmesinde rol oynarken, kuraklığa karşı cevapların düzenlenmesini de sağlar. Abiyotik ve biyotik stres şartlarında stomatal aktivite, dormansi ve diğer bitkisel faaliyetleri düzenler (Moore 1989; Davies ve Jones 1991; Weyers ve Paterson 2001; Popko ve ark., 2010). Gibberellik asit (GA), ise bitki büyüme ve gelişmesini önemli şekilde düzenlemekte tohum çimlenmesini, yaprak genişlemesini, kök uzamasını ve akışını kontrol eden, büyüme ve gelişme ile ilgili bir hormondur (Magome ve ark., 2004; Kim ve Park, 2008). Bunun yanında GA, NaCl stresinin etkilerini azaltmaktadır. GA'nın soya (*Glycine max*) bitkisinde diğer bitkisel hormonların miktarını düzenleyerek, NaCl stresinin neden olduğu olumsuz durumları düzelttiği bildirilmiştir (Hisamatsu ve ark., 2000; Hamayun ve ark., 2010; Iqbal ve ark., 2011). Bununla birlikte, bitkilerde GA'nın tuz toleransını uyarma mekanizmaları henüz net değildir. Tuzluluk, bitkilerdeki hormonal dengeyi bozmaktadır. Yapılan çalışmada antioksidan savunma üzerine tuz, nitrik oksit ve bitki hormonlarının etkileri araştırılmış ve bu amaçla SOD, CAT ve GST enzim aktiviteleri ile prolin miktarı analizleri yapılmıştır.

MATERYAL ve METOT

Bu çalışmada deney materyali olarak Ayçiçeği tohumları (*Helianthus annuus* L. cv. TARSAN – 1018 çeşidi) kullanılmıştır. Bitkinin dayanabileceği maksimum tuz konsantrasyonu 300 mM olarak saptanmış ve sterilizasyon sonrasında, tohumlar karanlıkta 24 saat bekletilmiştir. Her uygulama için 5'er tane saksı hazırlandı. Çimlenmenin ardından bitkiler 5 hafta boyunca Hoagland kültür çözeltisi ile yetiştirilen bitkilere 5. hafta sonunda; sodyum nitroprusid (100 μ M), gibberellik asit (100 μ M), absisik asit (100 μ M) ve bunların diğer kombinasyonlarına ek olarak tuz stresi 48 saat boyunca uygulanmıştır. Örnekler 48. saatte rastgele seçildi ve sıvı azot ile dondurularak, analizlere kadar -40 °C'de saklanmışlardır. Süperoksit dismutaz, Katalaz, Glutatyon S transferaz ve Prolin analizleri için 10 deney grubu oluşturulmuş olup, bunlar; Kontrol, 300 mM NaCl, 100 μ M SNP, 300 mM NaCl + 100 μ M SNP, 300 mM NaCl + 100 μ M ABA, 300 mM NaCl + 100 μ M

GA, 100 µM GA, 300 mM NaCl+ 100 µM SNP+ 100 µM ABA, 300 mM NaCl+ 100 µM SNP+ 100 µM GA 100 µM ABA ve 100 µM GA.

Süperoksit Dismutaz Enzim Aktiviteyi Tayini

Stres altında oluşan süperoksit radikalleri nitroblue tetrazolium (NBT) ile reaksiyona girerek mavi renkli formazon oluşumuna neden olur. Ortamda süperoksit dismutaz varlığında formazon oluşumu inhibe edilir. Renk oluşumu ile enzim konsantrasyonu arasında ters orantı bulunmaktadır. Süperoksit dismutaz enziminin aktivitesinin belirlenmesinde Sairam ve ark. (2002), tarafından belirtilen yöntem, modifiye edilerek kullanılmıştır. Buna göre; elde edilen ekstraksiyon sıvısından alınan örnek üzerine 1'er mL. substrat tamponu ve katalizör eklenmiştir. 15 W'lık ışık kaynağı altında 15 dakika bekletilen karışım 560nm dalga boyunda spektrofotometrik (Agilent Cary 60 Uv Vis G6860 A) olarak ölçülmüştür.

Katalaz Enzim Aktivitesi Analizi

Katalaz aktivite tayini Aebi (1984)'ye göre yapılmıştır. Hidrojen peroksit (H₂O₂) ultraviyole spektrumunda absorpsiyon veren bir maddedir. Maksimum absorbanı 240 nm'de vermektedir. Deney ortamına ilave edilen hidrojen peroksidin katalaz tarafından su ve oksijene parçalanması 240 nm'de absorbanın azalması ile kendini gösterir. Absorbansta meydana gelen azalış katalaz aktivitesi ile doğru orantılıdır. Katalaz aktivitesinin belirlenmesinde pH'sı 7 olan fosfat tamponuna 30 mM H₂O₂ eklenerek elde edilen hidrojen peroksitli fosfat tamponu kullanılmıştır. Ekstraksiyon üst sıvısından alınan 2 mL örnek üzerine 1 mL hidrojen peroksitli fosfat tamponu eklenerek 240 nm'de H₂O₂ konsantrasyonundaki azalışa göre spektrofotometre (Agilent Cary 60 Uv Vis G6860 A) ile ölçüm yapılmıştır. Ölçüm 15 saniye aralıklarla 60 saniye boyunca yapılmıştır.

Glutatyon S Transferaz Enzim Aktivitesi Analizi

GST aktivite tayini Habig ve ark., (1974)'na göre yapılmıştır. GST aktivitesi tayini için 0.1 M potasyum fosfat tamponu, 0.01 M Tris HCl (pH 7.4) içerisinde 0.002 M redükte glutatyon ve % 96'lık etil alkol içerisinde 0.15 M CDNB (1-chloro,2-4dinitrobenzen) hazırlanarak, reaksiyon karışımı 400 µL 0.1 M potasyum fosfat tamponu, 400 µL redükte glutatyon, 100 µL örnek ve 150 µL CDNB olarak hazırlanmıştır. Enzim aktivitesi spektrofotometrede (Agilent Cary 60 Uv Vis G6860 A) 344 nm dalga boyunda 1 dakikada elde edilen absorban değişimi olarak belirlenmiştir

Prolin Analizi

Ninhydrin metoduna göre belirlenmiştir. Kısaca 250 mg bitki materyali %95'lik (v/v) 3 ml etanol ile muamele edilip oda ısısında 5 dakika 2000 g devirde

santrifüj dildikten sonra 200 µL ekstrakt üzerine 2 ml ninhydrin ayırıcı ve 300 µL distile su eklenerek 60 dakika süreyle kaynatılmıştır. Buz banyosuna daldırarak reaksiyon durdurulmuş ve 6 ml toluene ile 20 saniye çalkalandıktan sonra 520 nm dalga boyunda spektroskopik (Agilent Cary 60 Uv Vis G6860 A) olarak belirlenmiştir (Troll ve Lindsley, 1955).

İstatistik Analizi

Deney sonucunda elde edilen veriler SPSS 15.0 istatistik paket programı ile değerlendirilmiştir. Kontrol grubu ile deney gruplarının ortalamaları arasındaki farklılıklar önce tek-yönlü ANOVA testi ile belirlenirken, her bir grubun diğerine göre farklılıkları ise post hoc LSD testi yapılarak, değerler ortalama ± standart sapma (ortalama±SD) şeklinde belirtilmiştir.

BULGULAR

Süperoksit Dismutaz Aktivitesi

Ayçiçeği bitkisinin (*Helianthus annuus* L.cv. TARSAN - 1018) yaprak dokularındaki Süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesinin 48. saatte 300 mM NaCl + 100 µM SNP + 100 µM GA ve 100 µM GA uygulamalarında kontrol grubundan düşük olduğu belirlenmiştir. En yüksek SOD enzim aktivitesi 365.61±0.3 µmol min⁻¹ mg⁻¹ protein olarak 300 mM NaCl+ 100 µM SNP+ 100 µM ABA uygulamasında saptanırken, en düşük SOD enzim aktivitesi 100 µM GA uygulamasında (148.81±0.1 µmol min⁻¹ mg⁻¹ protein) gözlenmiştir. 300 mM NaCl uygulamasında artan SOD enzim aktivitesi 100 µM SNP uygulamasında daha yüksek seviyeye ulaşmıştır. Çizelge 1 incelendiğinde; GA ve GA kombinasyonlu uygulamalarda SOD enzim aktivitesinin diğer uygulamalardan daha düşük olduğu görülmektedir.

Katalaz Aktivitesi

Helianthus annuus L.cv. TARSAN - 1018 yaprak dokularında Katalaz (CAT) enzim aktivitesinin 300 mM NaCl + 100 µM SNP + 100 µM GA ve 100 µM GA uygulamaları dışındaki tüm uygulama gruplarında kontrol grubundan yüksek olduğu belirlenmiştir. En yüksek CAT enzim aktivitesi 100 µM SNP uygulamasında belirlenirken (50.01±0.5 µmol min⁻¹ mg⁻¹ protein) en düşük CAT enzim aktivitesi 300 mM NaCl + 100 µM SNP + 100 µM GA uygulamasında (15.36±0.1 µmol min⁻¹ mg⁻¹ protein) saptanmıştır (Çizelge 2).

Glutatyon S Transferaz Aktivitesi

Ayçiçeği bitkisinin (*Helianthus annuus* L.cv. TARSAN - 1018) yaprak dokularında Glutatyon S transferaz (GST) enzim aktivitesinin 300 mM NaCl + 100 µM IAA, 300 mM NaCl + 100 µM GA ve 100 µM GA uygulamalarında kontrol grubundan düşük olduğu, diğer tüm uygulamalarda ise kontrol grubundan

yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). 300 mM NaCl + 100 µM GA uygulamasında saptanan GST enzim aktivitesinin kontrol grubuna çok yakın olduğu ($2.52 \pm 0.51 \mu\text{mol min}^{-1} \text{mg}^{-1} \text{protein}$) gözlenmiştir. 300 mM NaCl + 100 µM SNP + 100 µM ABA uygulaması

en yüksek GST enzim aktivitesini sağlamıştır ($10.33 \pm 0.23 \mu\text{mol min}^{-1} \text{mg}^{-1} \text{protein}$). En düşük GST enzim aktivitesi ise, 100 µM GA uygulamasında ($1.08 \pm 0.82 \mu\text{mol min}^{-1} \text{mg}^{-1} \text{protein}$) belirlenmiştir.

Çizelge 1. Uygulama gruplarının *Helianthus annuus* L.cv. TARSAN – 1018 yaprak dokularında Süperoksit dismutaz (SOD) Enzim Aktivitesi Üzerine Etkileri

Uygulama Grupları (n=3) LSD (6.36)	SOD Enzim Aktivitesi ($\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg}^{-1} \text{protein}$) $\bar{x} \pm \text{SD}$
KONTROL	48. Saat
300 mM NaCl	^a 191.55±0.3
100 µM SNP	^d 237.36±0.5*
300 mM NaCl + 100 µM SNP	^h 346.85±0.3*
300 mM NaCl + 100 µM ABA	ⁱ 361.60±0.4*
300 mM NaCl + 100 µM GA	^f 256.57±0.2*
300 mM NaCl + 100 µM SNP + 100 µM ABA	^d 202.39±0.1*
300 mM NaCl + 100 µM SNP + 100 µM GA	ⁱ 365.61±0.3*
100 µM ABA	^b 174.21±0.2*
100 µM GA	^g 306.09±0.3*
	^a 148.81±0.1*

100 µM GA ve 300 mM NaCl+ 100 µM SNP+ 100 µM GA uygulamaları dışındaki tüm uygulama gruplarının SOD aktivitesini kontrol grubuna göre artırdığı belirlenmiştir (*p<0.05; Ortalama fark 0.05 düzeyinde önemlidir)

Çizelge 2. Uygulama gruplarının *Helianthus annuus* L.cv. TARSAN – 1018 yaprak dokularında Katalaz (CAT) Enzim Aktivitesi Üzerine Etkileri

Uygulama Grupları (n=3) LSD (2.63)	CAT Enzim Aktivitesi ($\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg}^{-1} \text{protein}$) $\bar{x} \pm \text{SD}$
KONTROL	48. Saat
300 Mm NaCl	^b 19.52±0.3
100 µM SNP	^d 33.19±0.4*
300 mM NaCl + 100 µM SNP	^f 50.01±0.5*
300 mM NaCl + 100 µM ABA	^{de} 35.06±0.5*
300 mM NaCl + 100 µM GA	^c 23.05±0.1*
300 mM NaCl + 100 µM SNP + 100 µM ABA	^{bc} 21.68±0.1*
300 mM NaCl + 100 µM SNP + 100 µM GA	^{de} 35.36±0.3*
100 µM ABA	^a 15.36±0.1*
100 µM GA	^e 36.36±0.4*
	^{ab} 17.79±0.2*

100 µM GA ve 300 mM NaCl+ 100 µM SNP+ 100 µM GA uygulamaları dışındaki tüm uygulama gruplarının CAT aktivitesini kontrol grubuna göre artırdığı belirlenmiştir (*p<0.05; Ortalama fark 0.05 düzeyinde önemlidir)

Çizelge 3. Uygulama gruplarının *Helianthus annuus* L.cv. TARSAN – 1018 yaprak dokularında Glutatyon S Tarnsferaz (GST) Enzim Aktivitesi Üzerine Etkileri

Uygulama Grupları (n=3) LSD (0.54)	GST Enzim Aktivitesi ($\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg}^{-1} \text{protein}$) $\bar{x} \pm \text{SD}$
KONTROL	48. Saat
300 Mm NaCl	^b 2.55±0.02
100 µM SNP	^d 6.40±0.02*
300 mM NaCl + 100 µM SNP	^e 7.36±0.02*
300 mM NaCl + 100 µM ABA	^e 7.46±0.02*
300 mM NaCl + 100 µM GA	^e 7.05±0.11*
300 mM NaCl + 100 µM SNP + 100 µM ABA	^b 2.52±0.51
300 mM NaCl + 100 µM SNP + 100 µM GA	^f 10.33±0.23*
100 µM ABA	^c 4.56±0.01*
100 µM GA	^e 7.47±0.24*
	^a 1.08±0.82*

100 µM GA ve 300 mM NaCl+ 100 µM SNP+ 100 µM GA uygulamaları dışındaki tüm uygulama gruplarının GST aktivitesini kontrol grubuna göre artırdığı belirlenmiştir (*p<0.05; Ortalama fark 0.05 düzeyinde önemlidir)

Prolin Miktarı

Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.cv. TARSAN - 1018) yaprak dokularında Prolin miktarının 300 mM NaCl + 100 µM IAA, 300 mM NaCl + 100 µM SNP + 100 µM IAA, 100 µM IAA ve 100 µM GA uygulamalarında kontrol grubundan daha az olduğu belirlenmiştir. (Çizelge 4). 300 mM NaCl + 100 µM SNP + 100 µM ABA uygulamasının en yüksek Prolin miktarı sağladığı (61.61±1.73 µg) saptandı. En düşük Prolin

miktarı ise 300 mM NaCl + 100 µM SNP + 100 µM IAA uygulamasında 10.46±1.54 µg olarak belirlenmiştir (Çizelge 4).

TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmanın sonucunda; SOD, CAT ve GST enzim aktivitelerinin özellikle 100 µM GA uygulamasıyla azaldığı belirlenmiştir (Çizelge1, 2, 3).

Çizelge 4. Uygulama gruplarının *Helianthus annuus* L.cv. TARSAN – 1018 yaprak dokularında Prolin Miktarı Üzerine Etkileri

Uygulama Grupları (n=3) LSD (2.09)	Prolin Miktarı (µg) $\bar{x}\pm SD$
KONTROL	48. Saat ^b 22.01±0.1
300 Mm NaCl	^c 32.40±0.2*
100 µM SNP	^b 48.36±0.32*
300 mM NaCl + 100 µM SNP	^g 44.78±0.52*
300 mM NaCl + 100 µM ABA	^c 24.36±0.15*
300 mM NaCl + 100 µM GA	^d 30.10±0.72*
300 mM NaCl + 100 µM SNP + 100 µM ABA	ⁱ 61.61±1.73*
300 mM NaCl + 100 µM SNP + 100 µM GA	^f 42.60±0.71*
100 µM ABA	^{bc} 24.07±0.74*
100 µM GA	^a 14.02±0.11*

100 µM GA uygulaması dışındaki tüm uygulama gruplarının CAT aktivitesini kontrol grubuna göre artırdığı belirlenmiştir (*p<0.05; Ortalama fark 0.05 düzeyinde önemlidir)

300 mM NaCl ve 100 µM SNP uygulamalarının antioksidan aktiviteyi artırdığı sonucunu varılmıştır. 100 µM GA uygulamasında belirlenen enzim aktivitelerindeki azalmanın 300 mM NaCl + 100 µM SNP + µM GA kombinasyonlu uygulamalarda da meydana geldiği saptanmıştır.

Sanchez-Rodriguez ve ark., (2012) stres koşullarında glutatyon redüktaz (GR), askorbat peroksidaz (APX) ve katalaz (CAT) enzim aktivitelerinin artış gösterdiğini saptamışlardır. Sabra ve ark., (2012) üç *Echinacea* türünün (*Echinacea purpurea*, *Echinacea pallida* ve *Echinacea angustifolia*) hidroponik kültürasyon altında 0 mM, 50 mM, 75 mM ve 100 mM konsantrasyonlardaki tuz stresine karşı süperoksit dismutaz (SOD) ve askorbat peroksidaz (APX) enzim aktivitelerinde artış olduğunu belirtmiştir. Mevcut çalışmada antioksidan enzim aktivitelerinin tuz stresi etkisiyle arttığı ve bu artışın tuz uygulamalı kombinasyonların neredeyse tamamında meydana geldiği belirlenmiştir ve sonuçlar literatür ile uyumludur. Nitrik oksit (NO) vericilerinin çoğu, sodyum nitroprusit (SNP) gibi NO kompleksleri oluşturan organik bileşiklerdir (Huo ve ark., 1999). NO'nun sıcak şartlarda antioksidan enzim aktivitelerini artırdığı bilinmektedir (Neill ve ark., 2002; Karpets ve ark., 2011). *Triticum aestivum*'da sıcaklık stresine bağlı olarak NO sinyali ile askorbat peroksidaz ve glutatyon redüktaz enzim aktivitelerinin uyarılmasının H₂O₂ metabolizmasında

önemli bir rol oynadığı bildirilmiştir (El-Beltagi ve ark., 2016). Benzer şekilde, 10 dakika boyunca 43 ° C'de ısı şoku verilen *T. aestivum* koleoptillerinde 0.5 mM SNP'nin süperoksit dismutaz ve katalaz enzimleri ile çözünür peroksidaz aktivitelerini yüksek miktarda artırdığı belirtilmiştir (Karpets ve ark., 2011). Sıcaklık stresi süresince antioksidan aktivitesinin teşvik edilmesi, çoğu türde gözlenen yaygın NO aracılıklı koruyucu yanıt ve bu antioksidan savunmanın stres bitiminden sonra da sürdüğü ile ilgili kanıtlar vardır (Parankusam ve ark., 2017). NO'nun dışsal uygulanması antioksidan enzimlerin artmasıyla hücreleri oksidatif stresin zararlarından korumaktadır (Wu ve ark., 2011). 50 µmol L⁻¹ SNP uygulaması, reaktif oksijen türleri (ROT) süpürücü enzimleri uyarılmış ve *Cucumis sativus* köklerinin mitokondrilerinde NaCl ile indüklenen H₂O₂ birikimini azaltmıştır (Shi ve ark., 2007). Tuz stres koşulları altındaki *Cicer arietinum*'da 0.2 mmol L⁻¹'den daha düşük konsantrasyondaki SNP uygulamasının CAT ve glutatyon redüktaz (GR) aktivitesinin artırılmasında daha etkili olduğu, 1 mmol L⁻¹'den daha yüksek SNP konsantrasyonunun ise SOD aktivitesinin artırılmasında, membran hasarı ve lipid peroksidasyon seviyelerinin düşürülmesinde daha etkili olduğu bildirilmiştir (Sheokand ve ark., 2010). Tanou ve ark., (2009) tuzlulukla beraber gerçek enzim aktivitelerinin H₂O₂ veya SNP'ye yanıt olarak yeniden düzenlendiğini belirtmişlerdir. Nitrik oksit abiyotik stresin neden olduğu ROT'u doğrudan

süpürme ile veya çeşitli ROT temizleyici enzimlerin aktivitesini tetiklediği için ikincil bir antioksidan olarak da kabul edilmektedir (Siddiqui ve ark., 2011; Hasanuzzaman ve ark., 2013; Arora ve ark., 2016). Fan ve ark., (2007), 10–400 µM SNP ile 50 mM NaCl kombinasyonunun tuz kaynaklı stres altında *Cucumis sativus* bitkisi ile bir deney gerçekleştirmiş ve 50 µM SNP uygulamasının, SOD, CAT, guaiacol peroksidaz (POD) ve askorbat peroksidaz (APX) dahil antioksidan enzimlerin aktivitesini arttırdığını belirtmişlerdir. Ahmad ve diğ. (2016), NO kaynağı olarak 50 µM S-nitroso-N-asetil penisilaminin, (SNAP), *C. arietinum* bitkisinde SOD, CAT, APX ve GR aktivitelerini arttırdığını sonucuna varmışlardır (Hasanuzzaman ve ark., 2018). Bu çalışmada literatürde belirtildiği şekilde NO donörü SNP uygulamalarında artan antioksidan enzim aktiviteleri saptanmıştır (Çizelge 1, 2, 3).

Bitki büyüme hormonlarının ekzojen uygulamasının ağır metal toksisitesine karşı koruma geliştirdiğini gösteren çalışmalar da mevcuttur (Al-Hakimi 2007; El-Monem ve ark., 2009; Zhu ve ark., 2012; Agami and Mohamed 2013; Zhu ve ark., 2013; Masood ve ark., 2016). Mısır bitkisinde su stresi ve ABA uygulamasının ROT birikimini tetiklediği ve bu sayede antioksidan enzim aktivitelerini kodlayan genlerin artmış ekspresyonu ile antioksidan enzim aktivitelerinin arttığı belirtilmiştir (Jiang ve Zhang, 2002). Domates ile yapılan bir çalışmada ABA'nın kloroplastlarda ROT birikimini uyarabileceği sonucuna varılmıştır (Zhou ve ark., 2014). Pospisilova ve ark., (2005), ABA ön uygulamasının, mısır fidelerinde endojen ABA düzeyini daha da arttırdığını bildirmişlerdir. Tohumların ABA ile muamelesinin, su stresine maruz kalan mısır fidelerinde antioksidan enzim aktivitesini önemli ölçüde arttırdığı bildirilmiştir (Jiang ve Zhang 2002). ABA tarafından kuraklık stresi altında SOD aktivitesinin arttığı belirtilmiştir (Jiang ve Zhang, 2001; Hu ve ark., 2005). Buğday bitkisinde kuraklık ile birlikte ABA uygulamasının SOD aktivitesinin kontrol grubuna göre 2 kat arttığı rapor edilmiştir (Bano ve ark., 2012). Yapılan çalışmada ABA uygulanması ile SOD, CAT ve GST enzim aktivitelerinde artış meydana geldiği ve bu artışın ABA kombinasyonlu uygulamalarda da olduğu sonucuna varılmıştır. Tuz stresi altındaki bitkilerde SOD aktivitesi, GA₃'ün ekzojen uygulaması ile azalmıştır. Benzer şekilde, GA₃ uygulamasının tuz stresli *Vigna radiata* bitkisinde SOD aktivitesini azalttığı bildirilmiştir (Chakrabarti ve Mukharji, 2003). Tuz stresli bitkilerde azalmış gibberellik asit içeriği olduğu bilgisi mevcuttur (Boucaud ve Unger, 1976). Bu veri; stres şartlarında azalan GA miktarının antioksidan savunmayı teşvik ettiği fikrini düşündürmektedir. Mevcut çalışma süresince ortama verilen GA antioksidan enzim aktivitelerinde azalmaya neden olmuştur. 300 mM NaCl + 100 µM GA

uygulamasında saptanan enzim aktivitelerinin kontrol grubuna oldukça yakın olması stress şartlarında GA miktarının artırılmasıyla ilişkili olabilir. Öyle ki 300 mM NaCl + 100 µM SNP + 100 µM GA uygulamasında dahi SOD ve CAT aktivitesinin kontrol grubundan düşük olduğu anlaşılmaktadır. SNP uygulamasıyla elde edilen yüksek enzim aktiviteleri GA uygulamayla tersine dönmüştür. SNP'nin düzeltici etkisi sadece GST enzim aktivitesinde elde edilmiştir ve bu durum enzimlerin çalışma mekanizmalarının farklı olmasıyla açıklanabilir. Zira bilindiği üzere SOD super oksit radikalini H₂O₂'ye katalizlerken CAT H₂O₂'yi su ve oksijene katalizler.

Prolin gibi ozmolitlerin birikimi tuz stresine karşı adaptasyon mekanizmasının en önemli parçalarından biridir. Çavdar çimlerinde Prolin birikimi üzerine ilk çalışmadan sonra (Kemble ve MacPherson 1954), Prolinin tuz stresi toleransındaki rolü üzerine çalışmalar yapılmıştır. Çeşitli çalışmalarda Prolin'in antioksidan özelliği ve radikalleri temizleme aktiviteleri araştırılmıştır (Smirnoff ve Cumbes, 1989; Matysik ve ark., 2002). Prolin bir serbest radikal süpürücü olarak işlev görür ve kuraklık stresinde serbest radikal aracılı hasarları bastırır. Birkaç çalışmada, kuraklık stresi boyunca Prolin içeriğinin arttığını ve Prolin birikiminin, bazı bitkilerde kuraklık toleransında iyileşme ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Seki ve ark., 2007; Zhang ve ark., 2009). Kuraklık stresinin çayırotu yapraklarında Prolin birikimini artırdığı rapor edilmiştir (Man ve ark., 2011). Mevcut çalışmada tuz stresi ile artan Prolin içerikleri tespit edilmiştir. Bu durum litertürler ile uyumludur. SNP uygulamasında da Prolin miktarlarının arttığı belirlenmiştir. Araştırmacılar SNP'nin Prolin birikimine olumlu katkı sağladığını bildirmişlerdir (Dong ve ark., 2015). Yine farklı bir çalışmada kuraklık stresi altındaki *Ginkgo biloba* ve *Populus przewalskii* bitkilerinde SNP uygulamasının Prolin içeriğini 3 kata kadar artırdığı rapor edilmiştir (Miao ve ark., 2005; Hao ve ark., 2007). Elde edilen bulgular literatürler ile uyumludur. Prolin miktarının SA'nın ABA'nın aracılık ettiği Prolin birikimiyle buğday bitkisinde tuz stresinin olumsuz etkilerini azalttığı ile ilgili çalışma mevcuttur (Sakhabutdinova ve ark., 2003). Ekzojen ABA uygulamalarının, stres altındaki prolin birikiminin kısmen ABA tarafından regüle edildiği ancak stres olmayan ortamlarda eklenen ABA uygulamasının yüksek Prolin içeriği sağlamada yetersiz olduğu bilgisi de bulunmaktadır (Ober and Sharp 1994; Verslues ve Bray 2006; Sharma ve Verslues 2010). Çalışmada elde edilen sonuçlar ABA'nın tek başına Prolin miktarı üzerinde artırıcı etkisinin olduğunu ortaya koymuştur ve literatür ile uyumludur. Yine ABA kombinasyonlu uygulamalar Prolin miktarında artış sağlamıştır ve ABA'nın antioksidan savunmada etkili bir hormon grubu olduğunu göstermektedir. GA uygulamasında ise

düşük Prolin miktarı belirlenmiştir ve bu durum tuz stresi varlığında farklı buğday çeşitlerinde GA uygulamasının Prolin içeriğini azalttığını bildiren çalışmayla uyumludur (Manjili ve ark. 2012). Ek olarak; Tuna ve ark., (GA enzim) mısır bitkisinde 100 mM NaCl ile birlikte 50 ppm ve 100 ppm GA uygulamasının prolin miktarını artırdığını rapor etmişlerdir. Bu çalışmada tek başına GA uygulamasının Prolin miktarını düşürdüğü saptanmıştır. Bu durum uygulama dozundan kaynaklanabileceği gibi, çalışma materyallerinin farklılığından da meydana gelmiş olabilir. Çizelge 4 incelendiğinde GA kombinasyonlu uygulamalarda Prolin miktarının arttığı anlaşılmaktadır. Elde ettiğimiz sonuçlar GA'nın tek başına Prolin miktarı üzerine baskılayıcı etkisi olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar enzim aktiviteleri sonuçlarıyla da benzerlik göstermektedir.

Sonuç olarak; tuz stresi, NO ve bitki hormonlarının antioksidan savunma mekanizması üzerindeki etkilerinin açıklanmaya çalışıldığı bu araştırmada; NO'nun önemli bir sinyal molekülü olarak hareket ederek antioksidan enzim aktiviteleri üzerinde olumlu etkiler yaptığı anlaşılmıştır. Bitki hormonları bitkilerin yaşamlarında önemli olayları regule eden yegane moleküllerdir. Çalışmanın sonuçları; hormonların enzim aktiviteleri üzerine etkilerinin farklı olduğunu gösterirken, ABA'nın antioksidan savunmada önemli bir molekül olduğuna işaret etmektedir. GA bitki hayatında her ne kadar önemli bir hormon olsa da, bu çalışmada, antioksidan enzim aktiviteleri ve Prolin miktarı üzerine olumsuz etkiler yapmıştır. Bitkiler gibi canlı organizmalarda stress cevaplarının ve mekanizmasının anlaşılması oldukça güçtür. Bu kapsamda sınırlı literatür bilgisine katkı sağlanması amacıyla, daha fazla sayıda hormonun bitkilerdeki antioksidan savunma üzerine etkilerinin araştırılması, mekanizmanın anlaşılmasına yardımcı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Aebi H, 1984. Catalase in vitro. *Methods in Enzymology*, 105: 121-126.
- Agami RA, Mohamed GF 2013. Exogenous treatment with indole-3-acetic acid and salicylic acid alleviates cadmium toxicity in wheat seedlings. *Ecotoxicol Environ Saf*, 94: 164-171.
- Al-Hakimi AMA 2007. Modification of cadmium toxicity in pea seedlings by kinetin. *Plant Soil Environ*, 53:129-135.
- Al-Karaki GN 2006. Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi and subsequent performance under irrigation with saline water. *Sci. Hort*, 109: 1-7.
- Arora D, Jain P, Singh N, Kaur H, Bhatla SC 2016. Mechanisms of nitric oxide crosstalk with reactive oxygen species scavenging enzymes during abiotic stress tolerance in plants. *Free Radic Res*, 50: 291-303.
- Asada K 1992. Ascorbate peroxidase—a hydrogen scavenging enzyme in plants, *Physiol. Plant*, 85: 235-241.
- Boucaud J, Unger IA 1976. Hormonal control of germination under saline conditions of three halophyte taxa in genus Suaeda. *Physiol. Plant*, 36: 197-200.
- Büyük İ, Saydam Aydın S, Aras S 2012. Bitkilerin Stres Koşullarına Verdiği Moleküler Cevaplar. *Türk Hij Den Biyol Derg* 69(2): 97-110.
- Chakrabarti N, Mukharji S, 2003. Alleviation of NaCl stress by pretreatment of phytohormones in *Vigna radiata*. *Biol. Plant*, 46: 589-594.
- Cramer GR, Nowak RS 1992. Supplemental manganese improves the relative growth, net assimilation and photosynthetic rates of salt-stressed barley. *Physiologia Plantarum*, 84(4): 600-605.
- Davies WJ, Jones HG 1991. *Abscisic acid: physiology, biochemistry*. BIOS. Scientific Publishers Ltd., Cambridge, UK.
- Dubey RS 1994. *Handbook of Plant and Crop Stress*. New York: Marcel Dekker, 227.
- El-Beltagi HS, Ahmed OK, Hegazy AE 2016. Protective effect of nitric oxide on high temperature induced oxidative stress in wheat. *Not. Sci. Biol*, 8: 192.
- El-Monem A, Sharaf AE-MM, Farghal II, Sofy MR 2009. Role of gibberellic acid in abolishing the detrimental effects of Cd and Pb on broad bean and lupin plants. *Res J Agric Biol Sci*, 5: 6-13.
- Fan H, Guo S, Jiao Y, Zhang R, Li J 2007. Effects of exogenous nitric oxide on growth, active oxygen species metabolism, and photosynthetic characteristics in cucumber seedlings under NaCl stress. *Front Agric China*, 1: 308-314.
- Flowers TJ 2004. Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 55(396): 307-319.
- Gaspar T, Franck T, Bisbis B, Kevers C, Jouve L, Hausman JF, Dommes J 2002. Concepts in plant stress physiology. Application to plant tissue cultures. *Plant Growth Regul*, 37: 263-285
- Habig WH, Pabst MJ, Jakoby WB 1974. Glutathione S-transferases. The first enzymatic step in mercapturic acid formation. *J Biol Chem*, 249(22):7130-7139.
- Halliwell B 1987. Oxidative damage, lipid peroxidation, and antioxidant protection in chloroplasts. *Chem. Phys. Lipids*, 44: 327-340.
- Hamayun M, Khan SA, Khan AL, Shin JH, Ahmad B, Shin DH, Lee IJ 2010. Exogenous gibberellic acid reprograms soybean to higher growth and salt stress tolerance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58: 7226-7232.
- Hasanuzzaman M, Gill SS, Fujita M 2013. Physiological role of nitric oxide in plants grown under adverse environmental conditions. In: Tuteja

- N, Singh Gill S (eds) Plant acclimation to environmental stress. Springer, New York, 269–322
- Hasanuzzaman M, Oku H, Nahar K, Borhannuddin MHM, Al Mahmud J, Baluska F, Fujita M 2018. Nitric oxide-induced salt stress tolerance in plants: ROS metabolism, signaling, and molecular interactions. *Plant Biotechnology Reports*, 12(2): 77-92.
- Hisamatsu T, Koshioka M, Kubota S, Fujime Y, King RW, Mander LN 2000. The role of gibberellin in the control of growth and flowering in *Matthiola incana*. *Physiologia Plantarum*, 109: 97–105
- Hooley R 1994. Gibberellins: perception, transduction and responses. *Plant Mol Biol*. 26: 1529-1555.
- Hou YC, Janczuk A, Wang PG 1999. Current trends in the development of nitric oxide donors, *Curr. Pharm. Des*, 5: 417–442.
- Hu X, Jian M, Zhang A, Lu J 2005, Abscisic acid-induced apoplastic H₂O₂ accumulation up-regulates the activities of chloroplastic and cytosolic antioxidant enzymes in maize leaves. *Planta*, 223: 57–68.
- Iqbal N, Nazar R, Khan MIR, Masood A, Khan NA 2011. Role of gibberellins in regulation of source sink relations under optimal and limiting environmental conditions. *Current Science*, 100: 998–1007.
- Jaleel AC, Manivannan P, Wahid A, Farooq M, Al-Juburi HJ, Somasundaram R, Panneerselvam R 2009. Drought Stress in Plants: A Review on Morphological Characteristics and Pigments Composition. *Int. J. Agric. Biol*, 11(1) 100-105.
- Jiang M, Zhang J 2001, Effect of abscisic acid on active oxygen species, antioxidative defence system and oxidative damage in leaves of maize seedlings. *Journal of Plant Cell Physiology*, 42: 1265–1273.
- Jiang MY, Zhang JH 2002. Role of abscisic acid in water stress induced antioxidant defense in leaves of maize seedlings. *Free Radical Research*, 36: 1001–1015.
- Jones HG, Jones MB 1989. Introduction: some terminology and common mechanisms, in: Jones HG, Flowers TJ, Jones MB (Eds.), *Plants Under Stress*, Cambridge university Press, Cambridge, 1–10.
- Kadioğlu A 2004. *Bitki Fizyolojisi*. Trabzon: Lokman Yayın, 453.
- Karpets YV, Kolupaev YE, Yastreb TO 2011. Effect of sodium nitroprusside on heat resistance of wheat coleoptiles: dependence on the formation and scavenging of reactive oxygen species. *Russ. J. Plant Physiol*, 58(6): 1027-1033.
- Kemble AR, Macpherson HT 1954. Liberation of amino acids in perennial rye grass during wilting. *Biochemical Journal*, 58(1): 46-49.
- Kim SG, Park CM 2008. Gibberellic acid-mediated salt signaling in seed germination. *Plant Signaling & Behavior*, 3:877–879.
- Kucera B, Cohn MA, Leubner-Metzger G 2005. Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. *Seed Sci Res*, 15: 281–307.
- Kucera K, Meinhard J, Dobrev P, Linkies A, Pesek B, Heß B, Machackova I, Fischer U, Leubner-Metzger G 2007. 1-Aminocyclopropane-1-carboxylic acid and abscisic acid during the germination of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) - A comparative study of fruits and seeds. *J. Exp. Bot*, 58: 3047–3060.
- Madhava Rao KV, Raghavendra AS, Janardhan Reddy K 2005. *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants*. Netherlands: Springer, 345.
- Magome H, Yamaguchi S, Hanada A, Kamiya Y, Odadoi K 2004. Dwarf and delayed-flowering 1, a novel *Arabidopsis* mutant deficient in gibberellins biosynthesis because of overexpression of a putative AP2 transcription factor. *Plant Journal*, 37:720–729
- Mahajan S, Tuteja N 2005. Cold, salinity and drought stresses: an overview. *Arch. Biochem., Biophys*, 444:139-158.
- Manjili FA, Sedghi M, Pessarakli M 2012. Effects if Phytohormones in Proline Content and Antioxidant Enzymes of Various Wheat Cultivars Under Salinity Stress. *Journal of Plant Nutrition*, 35(7): 1098-1111.
- Martinez-Ferri E, Manrique E, Valladares F, Balaguer L 2004. Winter photoinhibition in the field involves different processes in four co-occurring Mediterranean tree species. *Tree Physiol*, 24: 981-990.
- Masood A, Khan MIR, Fatma M, Asgher M, Per TS, Khan NA 2016. Involvement of ethylene in gibberellic acid-induced sulfur assimilation, photosynthetic responses, and alleviation of cadmium stress in mustard. *Plant Physiol Biochem*, 104: 1-10.
- Matysik JA, Bhalu B, Mohanty P 2002. Molecular mechanisms of quenching of reactive oxygen species by proline under stress in plants. *Curr. Sci*, 82: 525–532.
- Moore TC 1989. *Biochemistry and Physiology of Plant Hormones*, 2nd edn. Springer-Verlag, New York U.S.A
- Munns R 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell & Environment*, 25(2): 239-250.
- Neill SJ, Desikan R, Clarke A, Hancock JT 2002. Nitric oxide is a novel component of abscisic acid signaling in stomatal guard cells. *Plant Physiol*, 128: 13–16.
- Ober ES, Sharp RE 1994. Proline accumulation in maize (*Zea mays* L) primary roots at low water potentials. 1. Requirement for increased levels of abscisic acid. *Plant Physiology*, 105: 981–987.
- Parankusam S, Adimulam SS, Bahatnagar-Mathur P, Sharma KK 2017. Nitric Oxide (NO) in Plant Stress Tolerance: Current Knowledge and Perspectives. *Frontiers in Plant Sci*, 8: 1582-1600.

- Parida AK, Das AB, Mohanty P 2004. Investigations on the antioxidative defense responses to NaCl stress in a mangrove, *Bruguiera parvi flora*: differential regulations of isoforms of some antioxidative enzymes. *Plant Growth Regul*, 42:213–226
- Popko J, Hänsch R, Mendel R, Polle A, Teichmann T, 2010. The role of abscisic acid and auxin in the response of poplar to abiotic stress. *Plant Biol*. 12: 242–258.
- Porcel R, Aroca R, Ruiz-Lozano JM 2012. Salinity stress alleviation using arbuscular mycorrhizal fungi. A review. *Agron. Sustain. Dev*, 32: 181-200.
- Pospisilova J., Vagner M., Malbeck J., Travnickova A., Batkova P 2005. Interactions between abscisic acid and cytokinins during water stress and subsequent rehydration. *Biologia Plantarum*, 49: 533–540.
- Radhakrishnan R, Lee IJ 2013. Spermine promotes acclimation to osmotic stress by modifying antioxidant, abscisic acid, and jasmonic acid signals in soybean. *Journal of Plant Growth and Regulation*, 32: 22-30.
- Sabra A, Daayf F, Renault S 2012. Differential physiological and biochemical responses of three *Echinacea* species to salinity stress. *Scientia Horticulturae*, 135: 23-31.
- Sairam RK, Rao KV, Srivastava GC 2002. Differential response of wheat genotypes to term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant Sci*, 163: 1037–46.
- Sanchez-Rodriguez E, Rubio-Wilhelmi MM, Blasco B, Leyva R, Romero L, Ruiz JM, 2012. Antioxidant response resides in the shoot in reciprocal grafts of drought-tolerant and drought-sensitive cultivars in tomato under water stress. *Plant Sci*, 188: 89-96.
- Savoure A, Hua XJ, Bertauche N, VanMontagu M, Verbruggen N 1997. Abscisic acid-independent and abscisic acid-dependent regulation of proline biosynthesis following cold and osmotic stresses in *Arabidopsis thaliana*. *Molecular and General Genetics*, 254: 104–109.
- Seki M, Umezawa T, Urano K, Shinozaki K 2007. Regulatory metabolic networks in drought stress responses. *Curr. Opin. Plant Biol*, 10: 296–302
- Sharma S, Verslues PE 2010. Mechanisms independent of ABA or proline feedback have a predominant role in transcriptional regulation of proline metabolism during low water potential and stress recovery. *Plant Cell and Environment*, 33: 1838–1851.
- Sheokand S, Bhankar V, Sawhney V 2010. Ameliorative effect of exogenous nitric oxide on oxidative metabolism in NaCl treated chickpea plants. *Braz J Plant Physiol*, 22: 81–90
- Shi Q, Ding F, Wang X, Wei M 2007. Exogenous nitric oxide protect cucumber roots against oxidative stress induced by salt stress, *Plant Physiol Biochem*, 45: 542–550.
- Shinozaki K, Yamaguchi-Shinozaki K 2007. Gene networks involved in drought stress response and tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 58(2): 221–22.
- Siddiqui MH, Al-Whaibi MH, Basalah MO 2011. Role of nitric oxide in tolerance of plants to abiotic stress. *Protoplasma*, 248: 447–455
- Smirnoff N, Cumbes QJ 1989. Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solutes. *Phytochemistry*, 28: 1057–1060.
- Tanou G, Molassiotis A, Diamantidis G 2009. Hydrogen peroxide- and nitric oxide-induced systemic antioxidant prime-like activity under NaCl-stress and stress-free conditions in citrus plants. *Journal of Plant Physiology*, 166: 1904–1913.
- Troll W, Lindsley J 1955. A photometric method for the determination of proline. *Biol. Chem*, 215: 655-660.
- Tuna AL, Kaya C, Dikilitaş M, Higgs D 2008. The combined effects of gibberellic acid and salinity on some antioxidant enzyme activities, plant growth parameters and nutritional status in maize plants. *Environmental and Experimental Botany*, 62: 1–9.
- Türkan İ, Bor M, Özdemir F, Koca H 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress, *Plant Science*, 168: 223–231.
- Valladares F, Pearcy RW 2002. Drought can be more critical in the shade than in the sun: a field study of carbon gain and photo-inhibition in a Californian shrub during a dry El Nino year. *Plant Cell Environ*, 25: 749-759.
- Verslues PE, Bray EA 2006. Role of abscisic acid (ABA) and *Arabidopsis thaliana* ABA-insensitive loci in low water potential-induced ABA and proline accumulation. *Journal of Experimental Botany*, 57: 201–212.
- Weyers JDB, Paterson NW, 2001. Plant hormones and the control of physiological processes. *New Phytol*. 152: 375–407.
- Wu X, Zhu W, Zhang H, Ding H, Zhang HJ 2011. Exogenous nitric oxide protects against salt-induced oxidative stress in the leaves from two genotypes of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.), *Acta Physiol Plant*, 33: 1199–1209.
- Xiong L, Schumaker KS, Zhu JK 2002. Cell signaling during cold, drought, and salt stress. *The Plant Cell* 14:165–183.
- Yamaguchi-Shinozaki K, Shinozaki K 2005. Organization of cis acting regulatory elements in osmotic- and cold-stress-responsive promoters. *Trends in Plant Science*, 10: 88–94.
- Yordanov I, Velikova V, Tsonev T 2000. Plant responses to drought, acclimatation and stress

- tolerance. *Photosynthetica*, 38: 171-186.
- Zhang X, Ervin EH, Evanylo GK, Haering KC 2009. Impact of biosolids on hormone metabolism in drought-stressed tall fescue. *Crop Sci*, 49(1): 1893-1901.
- Zhu JK 2007. *Plant Salt Stress*: John Wiley & Sons, Ltd.
- Zhu XF, Wang ZW, Dong F, Lei GJ, Shi YZ, Li GX, Zheng SJ 2013. Exogenous auxin alleviates cadmium toxicity in *Arabidopsis thaliana* by stimulating synthesis of hemicellulose 1 and increasing the cadmium fixation capacity of root cell walls. *J Hazard Mater*, 263: 398-403.

Farklı Sulama Suyu Miktarı ve Besin Çözeltisi Uygulamalarının Kinoa (*Chenopodium Quinoa Willd.*) Verim, Bazı Verim Bileşenleri ve Su Kullanım Etkinliği Üzerine Etkisi

Aylin ÇAYGARACI¹, Hayrettin KUŞÇU²

¹Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, ²Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye.

¹<https://orcid.org/0000-0002-4235-6836>, ²<https://orcid.org/0000-0001-9600-7685>

✉: kuscu@uludag.edu.tr

ÖZET

Su ve bitki besin maddeleri, tarımsal üretimin vazgeçilmez unsurlarıdır. Bu çalışmada, kinoa bitkisine uygulanan farklı sulama suyu düzeyleri ile Hoagland besin çözeltisinin farklı konsantrasyonlarının, bitkinin vejetatif gelişimi, verimi ve bazı verim bileşenleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Deneme, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi uygulama seralarında yürütülmüştür. Tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseninde 4 tekerrürlü olarak yürütülen çalışmada, ana parselde 5 sulama suyu düzeyi (Bitki su tüketiminin (ET_c) %50, 75, 100, 125 ve 150'si kadar sulama), alt parsellere ise standart Hoagland (H) besin çözeltisinin konsantrasyonları (0.50H, 1.00H ve 2.00H) yerleştirilmiştir. Deneme konularına, yetiştiricilik mevsimi boyunca 306 mm ile 919 mm arasında sulama suyu uygulanmış ve mevsimlik bitki su tüketimi ise 306 mm ile 741 mm aralığında değişmiştir. Sulama suyu düzeyi arttıkça tane verimi de artmış ve en yüksek tane verimi (334 kg da⁻¹) %150 ET_c sulama düzeyi ve 2.00H besin çözeltisi konsantrasyonundan elde edilmiştir. Biyokütle verimi ve diğer verim bileşenleri, sulama düzeyi ve/veya besin çözeltisi konsantrasyonlarından değişen düzeylerde önemli ölçüde etkilenmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 08.01.2019

Kabul Tarihi : 07.03.2019

Anahtar Kelimeler

Hoagland besin çözeltisi

Kinoa

Sera

Kısıntılı sulama

Biyokütle verimi

The Effect of Different Irrigation Water Amounts and Nutrient Solution Applications on the Yield, Some Yield Components and Water Use Efficiency of Quinoa (*Chenopodium Quinoa Willd.*)

ABSTRACT

Water and plant nutrients are indispensable factors of agricultural production. In this study, the effects of different irrigation water levels and concentrations of Hoagland nutrient solution applied to quinoa plant on the vegetative growth, yield and some yield components of the plant were investigated. The study was conducted at the Research and Application Greenhouses of Agricultural Faculty, Bursa Uludag University. The experiment was arranged as a randomized split-plot design with 5 irrigation water levels (50, 75, 100, 125 and 150%) of the crop evapotranspiration (ET_c) as the main plot factors and the concentrations of the standard Hoagland (H) nutrient solution (0.50H, 1.00H and 2.00H) as the subplot factor with four replications. Irrigation water was applied 306 mm with 919 mm to the experimental pots during the growing season. Seasonal ET values ranged from 306 mm to 741 mm. As the irrigation water level increased, the grain yield increased and the highest grain yield (334 kg da⁻¹) was obtained from 150% ET_c irrigation level and 2.00H nutrient solution concentration. Biomass yield and other yield components were significantly affected by varying levels of irrigation levels and / or nutrient solution concentrations.

Research Article

Article History

Received : 08.01.2019

Accepted : 07.03.2019

Keywords

Hoagland nutrient solution

Quinoa

Greenhouse

Deficit irrigation

Biomass yield

GİRİŞ

Dünya nüfusundaki artış, gıda ve su gereksinimini de artırmaktadır. Bu nedenle su kaynaklarının rasyonel kullanılmasının yanı sıra kuraklık stresine dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesi gıda güvenliği için ilk akla gelen önlemler arasında yer almaktadır (Yazar ve ark., 2013). İnsan beslenmesinde tahıllar önemini korumakla birlikte, birçoğu içerdiği gluten nedeniyle, özellikle vitamin ve mineraller olmak üzere vücudun ihtiyaç duyduğu çeşitli besin maddelerinin emilimini azaltmakta ve çölyak hastalığına sahip kişiler tarafından tüketilememektedir (Battais ve ark., 2005; Demir ve Kılınç, 2016). Kinoa bitkisinin gluten içermemesi, yüksek düzeyde protein içeriğine sahip olması ve son yıllarda insan ve hayvan beslenmesindeki öneminin anlaşılması nedeniyle üretiminde ve tüketiminde artış gözlenmektedir. Küresel iklim değişikliği ve kuraklık gibi sebeplerden dolayı pirinç üretiminin azalması ve maliyetlerin artması, kinoa gibi alternatif ürünlere yönelimi artırmıştır (Hinojosa ve ark., 2018). Amerika kıtasında insan beslenmesinde asırlardır kullanılan bu bitki, Avrupa'da geleceğin gıda ve yem bitkisi olarak dikkat çekmektedir (Jacobsen ve Stolen, 1993; Sigsgaard ve ark., 2008; Bertero ve Ruiz, 2010). Kinoa, C3 bitkiler grubundan çift çenekli tek yıllık bir tane bitkisidir (Jacobsen ve ark., 2003). Toprak ve iklim özellikleri yönüyle geniş bir adaptasyon yeteneğine sahip olan kinoa bitkisinin, abiyotik stres faktörlerine (kuraklık, tuzluluk, don vb.) dikkate değer ölçüde toleransı bulunmaktadır (Kaya ve ark., 2015; Yazar ve ark., 2015; Dumanoglu ve ark., 2016; Hinojosa ve ark., 2018).

Seracılık faaliyetleri, Türkiye genelinde her geçen gün artmaktadır. Genellikle, bitki besin maddelerinden geniş ölçüde yararlandığı serada yetiştiriciliği yapılan bitkilerin çoğunda topraksız ortam kullanılmaktadır (Ullah ve ark., 2017). Bu ortamlar, su ve bitki besin maddelerini tutmak ve bu girdilerin bitki kök bölgesinde kullanışlı formda olmasını sağlamak amacıyla substrat olarak kullanılmaktadır. Kinoa bitkisi genelde açık tarım arazilerinde yetiştirilmesine karşın, onun yüksek ekonomik getirisi nedeniyle sera ortamında yetiştirilme olanağı da bulunmaktadır. Çiftçilerin çoğu, günümüz koşullarında, daha yüksek verimler almak amacıyla daha fazla su ve bitki besin maddesi kullanma eğilimindedirler ve genellikle konvansiyonel uygulamalar kullanmaktadırlar. Buna karşın, çoğu zaman gereğinden fazla kullanılan bu tarımsal girdiler bitki verimlerinde ekonomik anlamda önemsiz verim artışları sağlamaktadır. Diğer taraftan, su ve bitki besin maddelerinin aşırı kullanımı, bitki besin maddelerinin yıkanmasında artışa ve toprak çevresinin zarar görmesine neden olabilmektedir (Chen ve ark., 2013).

Su kullanım etkinliği (SKE), suyun kıt olduğu bölgelerde göz önüne alınması gereken en önemli parametredir. SKE, bitki büyüme mevsimi boyunca kullanılan su miktarı başına verimi arttırarak veya verimde büyük bir azalma olmaksızın uygulanan sulama suyu miktarında belirli düzeyde azaltmayla iyileştirilebilir (Parry ve ark., 2005, Ullah ve ark., 2017).

Su tasarrufu ve SKE'yi iyileştirmek kullanılan diğer önemli bir teknik ise kısıntılı sulamadır (Ullah ve ark., 2017). Kısıntılı sulamada; bitkiye gerekenden daha az su uygulayarak mevcut su kaynağı ile daha geniş alanların sulanması hedeflenmektedir. Daha önce yapılan çalışmaların çoğunda kinoa bitkisine uygulanan düşük düzeyli kısıntılı sulama uygulamalarının verimde çok büyük azalmalara neden olmadığı ancak kalite parametrelerinde bir miktar iyileşmeler olabileceği raporlanmıştır (Garcia ve ark., 2003; Geerts ve ark., 2008a; Yazar ve ark., 2015). Bununla birlikte, bitkinin gelişme evrelerindeki su stresi de verim ve kalite üzerinde önemli etkiye sahip olmaktadır. Geerts ve ark. (2008b), kinoa bitkisinin çiçeklenme öncesi, çiçeklenme ve tane dolun döneminde ortaya çıkan su stresinin hem toplam verim hem de SKE üzerinde olumsuz etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Çimlenme dönemi sonrası 12 yapraklı döneme kadar kuraklık stresinde önemli verim azalmaları meydana gelmezken tam sulama uygulamalarına kıyasla ya eşit ya da daha yüksek SKE elde edilebilmektedir (Geerts ve ark. 2008a, 2008b, 2009). Diğer taraftan bazı üreticiler yüksek düzeyde bitki besin maddesi kullanarak verimlerini artırma çabası içindedirler. Ancak bu uygulama çoğu zaman gereksiz olmakta ve hem girdi maliyetlerini arttırmakta hem de çevresel problemlere neden olmaktadır (Sun ve ark., 2009, Akınoğlu ve ark., 2017). Toprakta, bitki kök bölgesinde optimum düzeyde bitki besin maddesi bulundurmamak bitki su alımını ve SKE'yi arttırmaktadır. En uygun düzeyde üretim elde etmek, aşırı yıkanma aracılığı ile azot kaybı ve toprak kirliliğini azaltmak için sulama oranları ve gübre uygulama oranları arasında uygun bir dengenin sağlanması gerekmektedir.

Farklı sulama rejimleriyle farklı bitki besin konsantrasyonlarının bitki gelişimi üzerine etkilerini analiz etmek suretiyle, kinoanın büyüme ve verimini sürdürmek için en uygun gübreleme stratejisi elde edilebilecek, topraksız kültürde yıkamaya bağlı azot kayıpları ve kök bölgesinde nitrat birikimi azaltılabilecektir. Dünya genelinde yapılan çalışmalarda, kinoanın farklı sulama stratejileri altında tane verimi ve kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Ülkemiz genelinde ise kinoa üzerine yapılan çalışmalar bitki sıklığı, gübreleme, su kalitesi ve farklı sulama stratejileri üzerinde olmakla birlikte çok sınırlı sayıdadır. Ancak, kinoa için topraksız kültürde farklı sulama stratejileri ile bitki besin

konsantrasyonlarının birlikte ele alındığı çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Bu nedenle, bu çalışmanın amacı, kinoa bitkisinin verim, bazı verim unsurları ve SKE üzerinde en uygun sulama suyu ve bitki besin konsantrasyonu düzeyini belirlemektir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma, 2017 yılı yetiştirme mevsiminde, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Örtü Altı Araştırma ve Uygulama Ünitesi'nde (40°13' Kuzey, 28°52' Doğu, deniz seviyesinden yükseklik 114 m) yer alan 1 dekarlık alana sahip cam serada yürütülmüştür. Denemeler, Mayıs-Ağustos ayları boyunca devam etmiştir. Deneme süresince sera içi ortam sıcaklığı 20-50 °C arasında değişmiş olup ortalama bağıl nem %70 olarak belirlenmiştir. Laboratuvar çalışmaları ise, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Sulama ve Drenaj Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Araştırmada bitki materyali olarak, Titicaca kinoa (*Chenopodium quinoa*) çeşidi kullanılmıştır. Bu çeşit, su kaynaklarının sınırlı olduğu ekolojilerde yetiştirilmesi önerilen ve tane verimi yüksek bir çeşittir (Kır ve Temel, 2016). Denemede, bitki yetiştirme ortamı olarak plastik saksılar (üst çapı 20 cm, alt çapı 17 cm, yüksekliği 21 cm) ve su tutma kapasitesi yüksek olan tarım perlitli kullanılmıştır.

Kinoa tohumları, 08.05.2017 tarihinde, laboratuvar ortamında, torfla doldurulan viyollerin her bir gözüne 2 adet olmak üzere ekilmiş ve her gün şebeke suyuyla (elektriksel iletkenlik, $EC=0.35 \text{ dS m}^{-1}$) çimlenme aşamasına kadar sulanmıştır. Tohumların çimlenmeye başlamasıyla birlikte viyoller 12.05.2017 tarihinde denemenin yapılacağı seraya taşınmıştır. Sera ortamında, 4-5 yapraklı fide dönemine gelen bitkiler, Mayıs ayının sonunda her bir deneme saksına 4 adet fide gelecek biçimde şaşırtma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseninde 4 tekerrürlü olarak yürütülen çalışmada, ana parselde 5 sulama suyu düzeyi (Bitki su tüketiminin (ET_c) %50, 75, 100, 125 ve 150'si kadar sulama), alt parsellere ise standart Hoagland (H) besin çözeltisinin konsantrasyonları (0.50H, 1.00H ve 2.00H) yerleştirilmiştir. Besin çözeltilerinin 0.50H, 1.00H ve 2.00H konsantrasyonları için EC değerleri sırasıyla 0.95, 1.94 ve 3.85 dS m^{-1} olarak ölçülmüştür.

Standart Hoagland besin çözeltisi, Hoagland ve Arnon (1950)'ye göre hazırlanmıştır. Bu standart çözelti 0.1H konusu için kullanılmış, standart konsantrasyonun hazırlanmasında kullanılan makro ve mikro besin elementlerinin 2 katı kullanılarak hazırlanan çözelti 0.2H konusu için kullanılmış ve 0.1H konusu için hazırlanan çözeltinin %50 çeşme suyuyla seyreltilmesi ile elde edilen çözelti ise 0.5H konusunda yer alan

bitkilerin sulanmasında kullanılmıştır. Şaşırtma işleminden sonra, deneme süresi boyunca bitkilere sadece daha önce belirlenen konsantrasyonlardaki Hoagland besin çözeltileri uygulanmış, ayrıca bir kaynaktan sulama yapılmamıştır.

Uygulanacak besin çözeltisi içeren sulama suyu miktarı, kontrol konusundaki saksılar tartılarak belirlenmiştir. Denemelerin başlangıcında, perlit içeren saksılar su ile doyurulmuş ve saksıların üstleri buharlaşmayı önlemek için kapatılmıştır. Drenajın sona ermesinden sonra, her bir saksının ağırlığı alınmış ve bu ağırlık tarla kapasitesi olarak kabul edilmiştir. Hesaplanan sulama suyu miktarı, saksının su içeriğini tarla kapasitesine getirmek için, her sulamada her bir saksıya uygulanmıştır. Ardışık iki sulama arasında kısa bir süre olduğu için bitki biyokütlesindeki çok küçük olduğu için artış ihmal edilmiştir (Ullah ve ark., 2017).

Sulama suyu miktarını belirlemek amacıyla, kontrol konusunun her tekerrürü için günün başı iki sulama arasındaki bitki su tüketimi, su bütçesi eşitliği (ağırlık esas) kullanılarak Eşitlik 1 ile hesaplanmıştır (Kurunç ve Ünlükara, 2009).

$$ET_{C(K)} = S + [W_n - (W_{n+1})] \quad (1)$$

Eşitlikte, $ET_{C(K)}$ kontrol konusunun bitki su tüketimi, S uygulanan suyun miktarı (Litre) ve W_n ile W_{n+1} ise n. ve n+1. sulama öncesi saksı ağırlığıdır (g). $ET_{C(K)}$ bir sonraki sulama için kontrol konusuna uygulanmış olan standart su miktarı (S%100) olarak göz önüne alınmaktadır. Diğer tüm deneme konuları, kontrol konusunun tekerrürlerinden elde edilen ortalama ET_c 'nin ya da S%100 değerinin belirtilen yüzdelere göre sulanmıştır.

Drenaj suyu, tam sulama konusunun üzerinde sulanan deneme konularının her tekerrüründen saksıların altında yer alan tabaklardan toplanmış ve ortalama değer olarak ölçülmüştür. Aşırı sulama konularında drenaj gözlenmiş ancak kısıntılı sulanan deneme konularında drenaj gözlenmemiş ve drenaj değeri sıfır kabul edilmiştir. Sulama her gün yapılmış ve drenaj suyu değerleri her gün sulamadan sonra ölçülmüştür.

Kontrol konusu dışındaki diğer tüm deneme konularının bitki su tüketimi (ET_c) su bütçesi eşitliği kullanılarak uygulanan besin çözeltisi hacminden drene olan besin çözeltisinin çıkarılmasıyla belirlenmiştir. Sera ortamında yürütülen denemede, yağış, yüzey akışı ve kapılar yükselme olmadığı için su bütçesi, Eşitlik 2'deki gibi yazılabilir:

$$ET_c = I - \Delta S - D \quad (2)$$

Eşitlikte, ET_c bitki su tüketimi, I uygulanan sulama

suyu miktarı (L), ΔS substrat ya da toprakta tutulan su miktarındaki değişim (L) ve D drenaj suyudur (L). Yapay substrat (perlit) için depolanan su miktarındaki değişim çok düşük olduğundan ve onun çok sınırlı etkisi nedeniyle bu çalışmada ihmal edilmiştir (Ullah ve ark., 2017). Böylece kontrol konusu dışındaki deneme konuları için bitki su tüketimi, Eşitlik 3'deki gibi hesaplanmıştır:

$$ET_c = I - D \quad (3)$$

Deneme yılı içinde 14 Haziran tarihinde, bitki yapraklarında bit ve siyah sinek gözlemlenmiş ve ilaçlama yapılmıştır. Böcek ilacı olarak 4A Grubu Efdal Afitrid 20 SP insektisit kullanılmıştır. Ayrıca, aynı tarihte bazı bitkilerin yapraklarında kurt da gözlenmiştir. Tekrar ilaçlama yapılmış, böcek ilacı olarak 4A Grubu Efdal Afitrid 20 SP ve 28 Grubu (diamidler) Coragen 20 SC insektisit kullanılmıştır. Mücadele başarılı olmuş ve 6 Temmuz 2017 günü zararlı gözlenmemiştir. Sulama uygulamalarına 6 Ağustos 2017 tarihinde son verilmiş olup bu tarihten sonra bitkiler kurumaya bırakılmıştır. Saksıdaki bitkilerin sararıp kurduğu, çiçek salkımı elle ovuşturulduğunda tanelerin döküldüğü zamanda (ort.%13 nem) hasat gerçekleştirilmiştir. Kinoa bitkileri makas yardımıyla kök boğazından kesilerek 14 Ağustos 2017 tarihinde Bursa U.Ü. Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Sulama ve Drenaj Laboratuvarına taşınmış ve tanelerine ayrılmıştır.

Tane verimini belirlemek için, her deneme konusunun her tekerrüründe yer alan saksılardaki tüm bitkiler tanelerine ayrılmış ve 1 ay kadar süreyle laboratuvar ortamında doğal olarak kurutulduktan sonra hassas terazi ile tartılarak ağırlıkları alınmıştır. Bu ağırlıklar saksı yüzey alanına oranlanarak tane verimi $g\ m^{-2}$ cinsinden elde edilmiş ve $kg\ da^{-1}$ olarak değerlendirilmiştir. Toprak üstü kuru madde (biyokütle) verimini ($kg\ da^{-1}$) belirlemek amacıyla bitkiler $65^{\circ}C$ sıcaklıkta sabit ağırlığa gelinceye kadar (24 saat) kurutulmuş ve kurutulan bitkilerin ağırlığı saksının yüzey alanına oranlanmıştır. Her alt parselde yer alan deneme konularından hasat edilen yüz tohumun ağırlığı tartılmış ve sonuç on ile çarpılarak bin tane ağırlığı (g) saptanmıştır. Toprak seviyesinden ana salkımın en uç noktasına kadar olan mesafe (cm) bir şerit metre aracılığı ile ölçülerek bitki boyu, dijital kumpas yardımıyla tüm bitkilerin gövde çapları (mm) ölçülerek gövde çapı, ana salkımın en alt dalından uç noktasına kadar olan uzaklık (cm) ölçülerek ana salkım uzunluğu, bitki üzerinde oluşan salkımlar sayılarak bitkide salkım sayısı, ana salkımı oluşturan dallar sayılarak salkımdaki dal sayısı parametreleri belirlenmiştir. Ayrıca, tane verimi bitki su tüketimine oranlanarak su kullanım etkinliği hesaplanmıştır (Sezen ve ark., 2016).

Denemeden elde edilen verinin istatistiksel olarak değerlendirilebilmesi için, IBM SPSS 23 bilgisayar paket programı kullanılarak tüm veri için varyans

analizleri yapılmış ve F testinin en az %5 düzeyinde önemli bulunması halinde ortalama değerler Duncan'a göre gruplandırılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Uygulanan Sulama Suyu Miktarı, Bitki Su Tüketimi ve Drenaj

Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarı, drene olan su miktarı ve bitki su tüketimi sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarı 306 mm ile 919 mm arasında değişmiştir. Kısıntılı sulama yapılan deneme konularında drenaj gözlenmezken tam sulama yapılan konularda ihmal edilebilecek düzeyde drenaj gözlenmiş, en fazla drenaj ise kontrol ($S_{100-1.0H}$) konusuna göre 1.5 kat fazla sulama yapılan ($S_{150-1.0H}$) konusundan 211 mm olarak gerçekleşmiştir.

Deneme konularının bitki su tüketimi değerleri 306-741 mm aralığında hesaplanmıştır. Göreceli olarak en yüksek bitki su tüketimi değerleri, kontrol konusuna verilen sulama suyu miktarından daha fazla sulama yapılan uygulamalardan elde edilmiştir. Kısıntılı sulama uygulamalarında ise bitki su tüketimi değerleri düşmüştür. En yüksek bitki su tüketimi $S_{150-2.0H}$ konusundan elde edilirken en düşük ise yüksek düzeyde su stresinin uygulandığı S_{50} sulama düzeyinin 0.5H besin çözeltisi konusundan saptanmıştır. Adana ilinde Triticum kinoa çeşidi ile açık tarla koşullarında yapılan denemelerde elde edilen bitki su tüketimi değerleri sulama yapılmadığında 247-253 mm, tam sulama koşullarında ise 360-576 mm olarak belirlenmiş ve kısıntılı sulama koşullarında tam sulamaya kıyasla bitki su tüketiminde azalma saptanmıştır (Kaya ve Yazar, 2016). Bu çalışmadan tam ve kısıntılı sulama koşullarında elde edilen bitki su tüketimi değerleri Kaya ve Yazar (2016) tarafından elde edilen sonuçlara benzerlik göstermekle birlikte biraz daha yüksektir. Bunun nedeni, çalışmanın sera koşullarında yürütülmesine bağlı olarak bitkilerin daha yüksek sıcaklıklara maruz kalması sonucu buharlaşma ve terlemenin artması olabilir. Diğer taraftan, Razzaghi ve ark. (2012), Danimarka'da farklı toprak bünyelerinde tam ve kısıntılı sulama koşulları için kinoa bitki su tüketimini 163-289 mm arasında belirlemişlerdir. Bu değerler, bu çalışmadan elde edilen bulgulardan oldukça düşüktür. Bunun nedeninin farklı iklim ve toprak özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tane Verimi

Kinoa bitkisinin farklı su seviyesi ve besin çözeltisi konularından elde edilen tane verimi varyans analiz sonucuna göre, tane verimi için Hoagland besin çözeltisi konsantrasyonu (H), sulama suyu düzeyi (S) ve H × S interaksiyonlarında $p < 0.01$ olasılık düzeyinde önemli farklılıklar olduğu saptanmıştır.

Çizelge 1. Mevsimlik sulama suyu miktarı, drenaj ve bitki su tüketimi değerleri

Besin konsantrasyonu	çözültüsü düzeyi	Sulama suyu miktarı (mm)	Sulama suyu Drenaj (mm)	Bitki su tüketimi (mm)
0.5H	S _{%50}	306.25	0.00	306.25
	S _{%75}	459.38	0.00	459.38
	S _{%100}	612.50	0.12	612.38
	S _{%125}	765.63	71.25	694.38
	S _{%150}	918.75	198.87	719.88
1.0H	S _{%50}	306.25	0.00	306.25
	S _{%75}	459.38	0.00	459.38
	S _{%100}	612.50	0.00	612.50
	S _{%125}	765.63	74.82	690.81
	S _{%150}	918.75	211.25	707.50
2.0H	S _{%50}	306.25	0.00	306.25
	S _{%75}	459.38	0.00	459.38
	S _{%100}	612.50	0.06	612.44
	S _{%125}	765.63	58.30	707.33
	S _{%150}	918.75	177.86	740.89

Buna göre söz konusu girdilerin tane verimi üzerine etkilerini gruplandırmak amacıyla $p < 0.05$ olasılık düzeyinde Duncan'ın çoklu dağılım testi yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de gösterilmiştir. Çizelge

2'ye göre, farklı sulama suyu seviyeleri için kinoa bitkisinin en yüksek tane verimi $334.00 \text{ kg da}^{-1}$ ile S_{%150} konusundan, en düşük tane verimi ise $107.98 \text{ kg da}^{-1}$ ile S_{%50} konusundan elde edilmiştir.

Çizelge 2. Kinoa ortalama tane verimi değerleri (kg da^{-1})

Sulama suyu düzeyi	Hoagland besin çözültüsü konsantrasyonu			
	0.5H	1.0H	2.0H	Ortalama
S _{%50}	103.69 h ¹	115.00 h	105.25 h	107.98 E ³
S _{%75}	119.00 h	173.75 g	163.25 g	152.00 D
S _{%100}	227.50 ef	189.00 fg	169.00 g	195.17 C
S _{%125}	270.25 cde	260.25 de	346.75 b	292.41 B
S _{%150}	314.25 bc	297.25 cd	390.50 a	334.00 A
Ortalama	206.94 b ²	207.05 b	234.95 a	216.31

¹Küçük harfler sulama suyu düzeyi \times Hoagland besin konsantrasyonu interaksiyonu yönüyle, ²küçük harfler, besin konsantrasyonu yönüyle ve ³büyük harfler ise sulama suyu düzeyi yönüyle tane verimi arasındaki istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) farklılıkları göstermektedir.

Diğer taraftan, Hoagland besin çözültüsü konuları için en düşük değer $206.94 \text{ kg da}^{-1}$ ile 0.5H konusundan elde edilirken onu 1.0H konusu izlemiş ancak bu iki konu arasında istatistiksel olarak ($p < 0.05$) önemli bir farklılık ortaya çıkmamış, en yüksek değer ise $234.95 \text{ kg da}^{-1}$ ile 2.0H konusundan elde edilmiştir. Sulama suyu düzeyi ve besin çözültüsü konsantrasyonu interaksiyonu yönüyle bir inceleme yapıldığında, en yüksek verim S_{%150} \times 2.0H konusundan $334.00 \text{ kg da}^{-1}$ olarak belirlenirken onu S_{%100} \times 2.0H konusu izlemiştir. En düşük kinoa verimleri, S_{%50} konusunun altındaki tüm besin çözültüsü konsantrasyonları konularından elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre, kinoa'nın besin çözültüsü konsantrasyonuna kıyasla sulama suyu düzeylerine çok iyi tepki verdiği, sulama miktarındaki artışla birlikte standart Hoagland besin çözültüsüne kıyasla 2 katı konsantrasyonda kinoa tane

veriminin arttığı söylenebilir. Kuraklık, düşük sıcaklıklar, toprak tuzluluğu ve tarımsal girdilerdeki yetersizlikler kinoa verimlerinin düşmesinde önemli rol oynamaktadır (Geerts ve ark., 2008a). Bu çalışmada da özellikle bitki besin maddelerindeki eksiklik ve sulama suyu stresinin verimleri önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir. Daha önce yapılan benzer bir çalışmada, Kaya ve Yazar (2016), 151 ile 299 kg da^{-1} arasında değişen tane verimi elde etmişlerdir. Geerts ve ark. (2008a), Bolivyanın güneyinde iki farklı lokasyonda yürütülen denemelerde, yetiştiricilik mevsimine ve lokasyona göre farklılık göstermekle birlikte 34 ile 240 kg da^{-1} arasında tane verimi belirlerken hiç sulama yapılmamasına karşılık kısıntılı sulama ile verimlerde önemli artışlar olabileceğini belirtmişlerdir. Bu sonuçlar, kinoa verimlerinde, çeşide, yetiştiricilik yapılan yerin toprak

ve iklim özelliklerine ayrıca tarımsal girdilerin uygulama miktarlarına göre farklılıklar olabileceğini göstermektedir. Geren ve ark. (2014) ekim zamanının ve Geren ve ark. (2015) bitki sıklığının kinoa tane verimini önemli ölçüde etkilediğini bildirmişlerdir. Lavini ve ark. (2014), kinoa bitkisinde orta derecede kısıntılı sulamanın (%67 ET), yüksek derecede kısıntılı sulamadan (%33 ET) daha yüksek bir verimle sonuçlandığını rapor etmişlerdir.

Toprak Üstü Kuru Madde Verimi

Toprak üstü kuru madde (biyokütle) verimine ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre, besin çözeltisi, su düzeyi ve bu iki girdinin etkileşimlerinin, toprak üstü kuru madde verimi üzerinde $p<0.01$ olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemli etkisinin olduğu belirlenmiştir. Genelde, uygulanan sulama suyu düzeyindeki artışla toprak üstü kuru madde verimi değerleri de artış göstermiştir (Çizelge 3). En yüksek biyokütle verimi 694.2 kg da^{-1} ile S_{150} konusundan elde edilirken onu sırasıyla S_{125} , S_{100} , S_{75} ve S_{50} konuları izlemiştir. Diğer taraftan Hoagland besin çözeltisi konsantrasyonu uygulamaları yönüyle incelendiğinde, en yüksek ortalama biyokütle verimi

$494.62 \text{ kg da}^{-1}$ ile standarda göre 2 kat yoğun çözeltinin uygulandığı 2.0H konusundan elde edilirken, onu 1.0H ve 0.5H konuları izlemiştir ancak 1.0H ve 0.5H konuları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık ($p<0.05$) gözlenmemiştir. Sulama suyu düzeyi ve besin çözeltisi konsantrasyonu etkileşimini yönüyle bir inceleme yapıldığında, göreceli olarak daha yüksek verimler S_{100} ve S_{125} sulama konuları altında 2.0H besin çözeltisi konsantrasyonundan elde edilmiştir. Sulama suyu kısıdının daha sert olduğu S_{50} konusunun altındaki besin çözeltisi konsantrasyonunun tüm düzeylerinde en düşük biyokütle verimleri belirlenmiştir. Bu sonuç, kinoa bitkisinin yüksek besin konsantrasyonlarında ve sulama suyu düzeylerinde, yetiştirme ortamına bağlı olarak daha yüksek biyokütle ürettiğini göstermektedir. Bunun nedeni, bitki besin maddeleri ve suyun etkisine bağlı olarak kinoa bitkisinin daha fazla vejetatif gelişme göstermesi ve böylece daha yüksek kuru madde üretmesi olabilir. Başta azot olmak üzere yeterli düzeyde bitki besin maddesinin kök bölgesinde depolanması, bitkinin kuru madde üretiminde en büyük öneme sahiptir (Özdemir ve ark., 2019).

Çizelge 3. Toprak üstü kuru madde verimi (kg da^{-1}) değerleri

Sulama suyu düzeyi	Hoagland besin çözeltisi konsantrasyonu			
	0.5H	1.0H	2.0H	Ortalama
S_{50}	212.16 h ¹	176.13 h	226.29 h	204.86 E ³
S_{75}	252.96 h	358.70 g	355.89 g	322.51 D
S_{100}	489.13 ef	406.35 fg	373.49 g	422.98 C
S_{125}	583.74 de	575.15 de	724.71 ab	627.87 B
S_{150}	685.07 bc	606.39 cd	792.72 a	694.72 A
Ortalama	444.61 b ²	424.54 b	494.62 a	

¹Küçük harfler sulama suyu düzeyi \times Hoagland besin konsantrasyonu etkileşimini yönüyle, ²küçük harfler, besin konsantrasyonu yönüyle ve ³büyük harfler ise sulama suyu düzeyi yönüyle toprak üstü kuru madde verimi arasındaki istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) farklılıkları göstermektedir.

Daha önce yapılan benzer bir çalışmada, Erzurum ve Iğdır koşullarında sulu deneme alanlarında Titicaca kinoa çeşidi için biyokütle verimleri sırasıyla 544.9 kg da^{-1} ve 810.8 kg da^{-1} olarak bulunmuş ve kinoa genotiplerine bağlı olarak biyokütle verimlerinin farklılık gösterdiği belirtilmiştir (Tan ve Temel, 2017). Söz konusu çalışmadan elde edilen bulgular, bu çalışmadan elde edilen bulgulara benzerlik göstermektedir. Lavini ve ark. (2014), kuraklık ve tuz stresinin toprak üstü kuru madde verimini önemli ölçüde düşürdüğünü bildirmiştir. Bunun ötesinde, bu çalışmada farklı sulama düzeyleri ve besin maddesi konsantrasyonlarının da kinoa biyokütle verimini etkileyebileceği saptanmıştır

Verim Bileşenleri

Bu çalışmada, ölçülen kinoa bitkisi verim bileşenlerinden bin tane ağırlığı üzerinde sulama suyu düzeylerinin etkisi $p<0.05$ düzeyinde, diğer verim bileşenleri üzerinde sulamanın etkisi ise $p<0.01$

düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Hoagland besin çözeltisi konsantrasyonunun yan dal sayısı üzerinde etkisi $p<0.05$, bin tane ağırlığı, bitki boyu ve gövde çapı üzerindeki etkisinin $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan, söz konusu iki faktörün etkileşimini sadece bitki boyu üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli düzeyde etki göstermiştir (Çizelge 4). Çizelge 4 incelendiğinde, en düşük bin tane ağırlığı S_{50} sulama konusundan elde edilirken S_{75} ile S_{150} arasında kalan tüm sulama konularında istatistiksel olarak önemli bir farklılık gözlenmemiş ve görece daha yüksek değerler elde edilmiştir.

Bu sonuç, bin tane ağırlığının verim üzerine katkısının tane büyüklüğünden çok tane sayısı ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Çünkü sulama konularının tane verimi üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) etkisi olduğu belirlenmiş ve bin tane ağırlığı üzerine sulamanın etkisine yönelik gruplandırma farklılık sergilememektedir.

Çizelge 4. Bin tane ağırlığı, bitki boyu, gövde çapı, salkım uzunluğu ve yan dal sayısı ortalama değerleri

Deneme konuları	Bin tane ağırlığı (g)	Bitki boyu (cm)	Gövde çapı (mm)	Salkım uzunluğu (cm)	Salkım sayısı (adet/bitki)	Yan dal sayısı (adet/bitki)
S ₅₀ × 0.5H	1.93	77.38 fg	2.98	34.63	17.75	25.50
S ₅₀ × 1.0H	1.67	95.25 b-e	3.85	41.33	13.75	32.00
S ₅₀ × 2.0H	1.86	87.13 def	3.76	49.33	21.00	28.25
S ₇₅ × 0.5H	2.32	89.50 def	3.72	42.53	21.00	26.00
S ₇₅ × 1.0H	2.10	86.13 def	4.03	48.13	22.50	24.00
S ₇₅ × 2.0H	1.87	80.63 ef	4.22	47.13	21.75	30.00
S ₁₀₀ × 0.5H	2.51	108.88 abc	4.38	57.25	24.25	32.25
S ₁₀₀ × 1.0H	2.24	97.65 bcd	4.52	59.13	22.5	27.25
S ₁₀₀ × 2.0H	1.82	99.25 a-d	4.97	49.32	24.25	38.00
S ₁₂₅ × 0.5H	2.23	115.25 a	4.93	76.00	26.00	34.75
S ₁₂₅ × 1.0H	1.99	108.68 abc	5.42	73.50	28.00	31.25
S ₁₂₅ × 2.0H	2.06	94.13 cde	5.46	63.00	23.75	35.00
S ₁₅₀ × 0.5H	2.46	111.75 ab	4.95	73.00	27.75	37.75
S ₁₅₀ × 1.0H	2.05	98.25 bcd	4.87	70.62	26.75	28.25
S ₁₅₀ × 2.0H	2.28	64.12 g	5.07	53.50	24.00	35.50
<i>Sulama düzeyi (S)</i>						
S ₅₀	1.82 b ¹	86.58 b	3.53 d	41.76 d	17.83 c	28.58 cd
S ₇₅	2.10 a	85.42 b	3.99 c	45.93 cd	21.75 b	26.67 c
S ₁₀₀	2.19 a	101.93 a	4.62 b	55.23 bc	23.75 ab	32.50 ab
S ₁₂₅	2.09 a	106.02 a	5.27 a	70.83 a	25.92 a	33.67 a
S ₁₅₀	2.26 a	91.38 b	4.96 ab	65.72 ab	26.17 a	33.83 a
<i>Hoagland besin çözeltisi konsantrasyonu (H)</i>						
0.5H	2.29 a	100.55 a	4.19 b	56.68	23.55	31.25 ab
1.0H	2.01 b	97.19 a	4.54 a	58.55	22.75	28.55 b
2.0H	1.98 b	85.05 b	4.70 a	52.46	22.95	33.35 a
F testi						
<i>S</i>	*	**	**	**	**	**
<i>H</i>	**	**	**	öd	öd	*
<i>S × H</i>	öd	**	öd	öd	öd	öd

(¹): Her sütunda aynı harfle gösterilen ortalama değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsizdir.

* ve **: Sırasıyla P<0.05 ve P<0.01 düzeyinde önemlidir, öd: önemli değildir.

Besin konsantrasyonları yönüyle bir değerlendirme yapıldığında, 0.5H konusundan elde edilen bin tane ağırlığının, standart Hoagland çözeltisi (1.0H) ve 2.0H konularından daha yüksek olduğu görülmektedir. S₅₀ konusuyla diğer sulama konuları arasında bin tane ağırlığı yönüyle önemli farklılık bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, kinoa bitkisi bin tane ağırlığının Hoagland besin çözeltisinin standart ve yüksek konsantrasyonlarından olumsuz etkilendiği ancak 0.50 ETc düzeyi üstündeki sulama seviyelerinden önemli düzeyde etkilenmediği söylenebilir. Iğdır ovası kuru koşullarında yetiştirilen farklı kinoa çeşitleri içinden en yüksek bin tane ağırlığı 2.53 g ile Titicaca çeşidinden elde edilmiştir (Kır ve Temel, 2016). Bu sonuç, bu çalışmadan elde edilen değerlerden daha yüksektir. Söz konusu farklılığın nedeni, yetiştiricilik sistemleri arasındaki

farklılığın yanı sıra bitkinin farklı çevre koşullarında yetiştirilmesinden kaynaklanıyor olabilir. Başka bir çalışmada, Akdeniz iklim koşullarında farklı ekim zamanlarında yapılan denemede, yıl ve ekim zamanı faktörlerinin bin tane ağırlığı üzerine etkisi önemli bulunmuş ve en yüksek ortalama değer 3.50 g ile 1 Mart'ta yapılan ekimlerden, en düşük değer ise 3.24 g ile 15 Mayıs'ta yapılan ekimlerden sağlanmış, ekim zamanının ilerlemesiyle bin tane ağırlığının sürekli azaldığı bildirilmiştir. Bunun nedeni olarak geç ekim zamanlarında yüksek sıcaklık ve düşük oransal nem nedeniyle tohumların yeterince olgunlaşmadığı ve erken ekim zamanlarında salkımlardaki az olan tanelerin mevcut besin maddelerini alarak irileştiği belirtilmiştir (Geren ve ark., 2014). Bu çalışmadan elde edilen değerlerin görece daha düşük olmasının nedeni, bitkinin sera koşullarında yetiştirilmiş

olmasına bağlı olarak araştırmacıların belirttiği koşullardan dolayı tohumların yeterince olgunlaşmaması olabilir. Q-52 çeşidi kinoanın farklı tuz yoğunluklarına verdiği tepkileri incelemek amacıyla serada yürütülen bir başka saksı denemesinde ortalama bin tane ağırlığı 5.4 g bulunmuştur (Dumanoğlu ve ark., 2016). Kısıntılı sulama konuları daha düşük bin tane ağırlığına neden olmuştur. Lavini ve ark. (2014) tarafından yürütülen çalışmada tatlı su ile tam sulamayla, en yüksek bin tane ağırlığı (2.6 g) elde edilmiştir. Bu sonuçlar, bin tane ağırlığının, farklı genotiplere, yetiştiricilik ortamına, stres tipine ve düzeyine, tuzluluk düzeyine, iklim ve toprak özelliklerine göre değişebileceğini göstermektedir.

Çizelge 4'e göre, en yüksek bitki boyunun 115.25 cm ile $S_{%125}$ ve 0.5H kombinasyonundan sağlandığı görülmektedir. Besin konsantrasyonu ortalama değerlerine bakıldığında, 0.5H ve 1.0H konularından elde edilen bitki boyu değerlerinin 2.0H konusundan elde edilen değerden istatistiksel olarak daha yüksek olduğu sonucuna varılmaktadır. Sulama düzeyleri altında ortalama en yüksek bitki boyu ise $S_{%125}$ ve $S_{%100}$ deneme konularından sırasıyla 106.02 ve 101.93 cm (bu değerler arasında istatistiksel olarak $p < 0.05$ düzeyinde önemli fark yok) olarak elde edilmiştir. Diğer sulama konuları arasında bitki boyu yönüyle istatistiksel olarak önemli bir fark olmayıp bu iki konudan daha düşük bitki boyu değerlerine sahiptirler. Standart besin çözeltisinin 2 katı düzeyinde uygulama yapmak bitki boyunda azalamaya neden olmuştur. Bitkiye uygulanan yüksek konsantrasyondaki besin çözeltisinin bitki boyu gelişimini olumsuz etkilediği söylenebilir. Geren ve Güre (2017), kinoa bitki boyunun P düzeyindeki artışla arttığını, N seviyesinin 15 kg da⁻¹ seviyesine kadar arttırılmasıyla bitki boyunun arttığı, ancak bu seviyenin üstünde ise boyların hafifçe bir kısalma gösterdiğini bildirmişlerdir. Daha önce yapılan bir çok araştırmada, N dozundaki artışın belli bir düzeye kadar vejetatif gelişmeyi arttırdığı, diğer taraftan yüksek N düzeylerinin bitkide fitotoksik etki gösterdiği raporlanmıştır (Popişil ve ark., 2006; Geren ve Güre, 2017).

Besin çözeltisi konuları altında en kalın gövde çapları 2.0H ve 1.0H konusundan elde edilirken en düşük ise 0.5H konusundan elde edilmiştir. Sulama konuları altında en kalın gövde çapı 5.27 mm ile $S_{%125}$ konusunda kaydedilmiştir. Genelde sulama düzeyindeki artış bitki gövde çapında bir artışa neden olmuştur (Çizelge 4).

Sulama düzeylerinin salkım uzunluğu üzerine etkileri farklılık göstermektedir. Genelde, sulama düzeyindeki artışla salkım uzunlukları da artış göstermiştir. En yüksek salkım uzunlukları (70.83 ve 65.72 cm) $S_{%125}$ ve $S_{%150}$ konularından elde edilirken en düşük (41.76 ve 45.93 cm) ise $S_{%50}$ ve $S_{%75}$ konularından elde edilmiştir

(Çizelge 4). Spehar ve de-Barro Santos (2005), Brezilya koşullarında 26 farklı kinoa çeşidini inceledikleri araştırmada, ortalama salkım uzunluğunun 11-26 cm arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada genel olarak daha yüksek salkım uzunluklarının bulunması, kinoa bitkilerinin saksıda yetiştirilmesine bağlı olarak yeterli su ve bitki besin maddesinin verilmesi nedeniyle olabilir.

Çizelge 4 incelendiğinde, göreceli olarak daha yüksek salkım sayısının $S_{%100}$ ve üzerindeki sulama seviyelerinde elde edildiği görülmektedir. Genelde, sulama düzeyindeki artış, salkım sayılarında bir artışa neden olmuştur. Hoagland çözelti konsantrasyonlarının salkım sayısına önemli bir etkisi olmamış ve ortalama değerleri 22.95 ile 23.55 adet/bitki arasında değişmiştir.

Sulama düzeyindeki artışla birlikte yan dal sayısı da artmıştır (Çizelge 4). $S_{%100}$ konusu ve üzerindeki sulama uygulamalarından bitki başına en yüksek yan dal sayısı elde edilirken $S_{%50}$ ve $S_{%75}$ konularından daha düşük değerler elde edilmiştir. Bitki besin çözeltisi konsantrasyonu yönüyle bakıldığında, bitki başına en yüksek yan dal sayısı 2.0H konusundan 33.35 adet olarak gerçekleşmiştir.

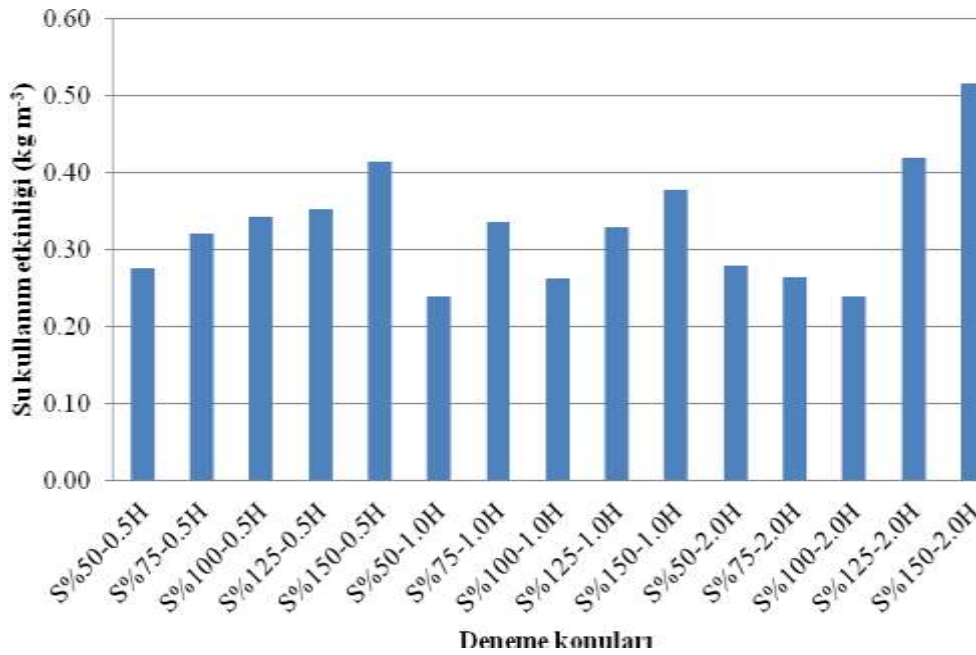
Su Kullanım Etkinliği

Deneme konularından elde edilen su kullanım etkinliği (SKE) değerleri Şekil 1'de verilmiştir. Buna göre, en yüksek SKE (0.52 kg m⁻³) $S_{%150}$ -2.0H uygulamasından elde edilirken onu $S_{%125}$ -2.0H uygulaması izlemiştir. En düşük SKE değeri (0.24 kg m⁻³) $S_{%50}$ -1.0H ve $S_{%100}$ -2.0H uygulamalarında bulunmuştur. Farklı besin çözeltisi konsantrasyonlarında, bitki su tüketiminin %125 ve %150'si kadar sulama yapılan deneme konularından göreceli olarak daha yüksek SKE değerleri bulunmuştur. SKE, bitkinin suyu ürüne dönüştürme kapasitesinin bir ölçütüdür. Elde edilen bulgular, su ve bitki besin maddelerinin yeterli olduğu koşullarda kinoa bitkisinin bunu verime dönüştürmede oldukça başarılı olduğunu göstermektedir.

Hoagland besin çözeltisinin 2 katı konsantrasyonunda %125 ve %150 ETc sulama konularından göreceli olarak daha yüksek verim elde edilmesine bağlı olarak su kullanım etkinliklerinin de diğer konulardan yüksek bulunması, bu bitkinin su ve bitki besin maddelerine çok iyi düzeyde tepki verdiğini göstermektedir.

SONUÇ

Marmara iklimi örtü altı koşullarında saksılarda yetiştirilen kinoa bitkisinde farklı sulama suyu düzeyleri ve Hoagland besin çözeltisi konsantrasyonlarının tane verimi, biyokütle verimi, bazı verim bileşenleri ve su kullanım etkinliği üzerine etkisi araştırılmıştır.



Şekil 1. Su kullanım etkinliği değerleri

Çalışmadan elde edilen sonuçlar, kısıntılı sulama uygulamalarının veya yeterli düzeyde sulama yapılmamasının kinoa verimini düşüreceğini göstermektedir. Farklı besin çözeltileri konsantrasyonlarında, bitki su tüketiminin %125 ve %150'si kadar sulama yapılan deneme konularından göreceli olarak daha yüksek verim, verim unsurları ve su kullanım etkinliği değerleri bulunmuştur. Hoagland besin çözeltisinin standart ve 2 katı konsantrasyonunda göreceli olarak daha yüksek verim ve verim unsurları elde edilmiştir. Çeşide, kültürel işlemlere, yetiştiricilik sistemlerine, iklim ve toprak özelliklerine göre değişebileceği göz önüne alınarak, bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, bitki su tüketiminin %125 ile %150'si kadar standart ve/veya 2 katı konsantre Hoagland besin çözeltisi uygulaması önerilebilir.

TEŞEKKÜRLER

Bu çalışma, Aylin ÇAYGARACI tarafından Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında yapılan yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Çalışmada, sera ve laboratuvar olanaklarını sağlayan U.Ü. Ziraat Fakültesi dekanlığına ve ilgili bölüm başkanlıklarına teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Akinoğlu G, Korkmaz A, Hoyuz A 2017. Farklı Substrat ve Besin Çözeltisi Miktarının Domates Bitkisinin Azot, Fosfor ve Potasyumdan Yararlanma Oranına Etkisi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 32: 391-397.

- Battais F, Courcoux P, Popineau Y, Kanny G, Moneret-Vautrin DA, Denery-Paini S 2005. Food Allergy to Wheat: Differences in Immunoglobulin E-Binding Proteins as A Function of Age or Symptoms. Journal of Cereal Science, 42: 109-117.
- Bertero HD, Ruiz RA 2010. Reproductive Partitioning in Sea Level Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Cultivars. Field Crops Research, 118:94-101.
- Chen JL, Kang SZ, Du TS, Qiu RJ, Guo P, Chen RQ 2013. Quantitative Response of Greenhouse Tomato Yield and Quality to Water Deficit at Different Growth Stages. Agricultural Water Management, 129: 152-162.
- Demir MK, Kılınç M 2016. Kinoa: Besinsel ve Antibesinsel Özellikleri. Journal of Food and Health Science, 2(3): 104-111.
- Dumanoglu Z, Işık D, Geren H 2016. Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'da Farklı Tuz (NaCl) Yoğunluklarının Tane Verimi ve Bazı Verim Unsurlarına Etkisi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 53(2): 153-159.
- Garcia M, Raes D, Jacobsen SE 2003. Evapotranspiration Analysis and Irrigation Requirements of Quinoa (*Chenopodium Quinoa*) in The Bolivian Highlands. Agricultural Water Management, 60: 119-134.
- Geerts S, Raes D, Garcia M, Vacher J, Mamani R, Mendoza J, Huanca R, Morales B, Miranda R, Cusicanqui J, Taboada C 2008a. Introducing Deficit Irrigation to Stabilize Yields of Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.). European Journal of Agronomy, 28(3): 427-436.
- Geerts S, Raes D, Garcia M, Condori O, Mamani

- J, Miranda R, Cusicanqui J, Taboada C, Yucra E, Vacher J 2008b. Could Deficit Irrigation Be a Sustainable Practice for Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in the Southern Bolivian Altiplano? *Agricultural Water Management*, 95(8): 909-917.
- Geerts S, Raes D, Garcia M, Miranda R, Cusicanqui J, Taboada C, Mendoza J, Huanca R, Mamani A, Condori O, Mamani J, Morales B, Osco V, Steduto P 2009. Simulating Yield Response of Quinoa to Water Availability with AquaCrop. *Agronomy Journal*, 101(3): 499-508.
- Geren H, Kavut YT, Altınbaş M 2014. Akdeniz İklimi Koşullarında Yetiştirilen Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'da Farklı Ekim Zamanlarının Tane Verimi ve Bazı Verim Unsurlarına Etkileri, *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 52(1): 69-78.
- Geren H, Kavut YT, Altınbaş M 2015. Bornova Ekolojik Koşullarında Farklı Sıra Arası Uzaklıkların Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'da Tane Verimi ve Bazı Verim Özellikleri Üzerine Etkisi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 52 (1): 69-78.
- Geren H, Güre E 2017. Farklı Azot ve Fosfor Seviyelerinin Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'da Tane Verimi ve Bazı Verim Unsurlarına Etkisi Üzerinde Bir Ön Araştırma. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 54 (1):1-8.
- Hinojosa L, González JA, Barrios-Masias FH, Fuentes F, Murphy KM 2018. Quinoa Abiotic Stress Responses: A Review. *Plants*, 7(4):106-138.
- Hoagland DR, Arnon DI 1950. The Water-Culture Method for Growing Plants without Soil. California College Agricultural Experiment Station Circ. Berkeley, Circular 347.
- Jacobsen SE, Stolen O 1993. Quinoa-Morphology, Phenology and Prospects for Its Production as A New Crop in Europe. *European J. Agron.*, 2(1): 19-29.
- Jacobsen SE, Mujica A, Jensen CR 2003. The Resistance of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to Adverse Abiotic Factors. *Food Reviews International*, 19: 99-109.
- Kaya ÇI, Yazar A, Sezen SM 2015. SALTMED Model Performance on Simulation of Soil Moisture and Crop Yield for Quinoa Irrigated using Different Irrigation Systems, Irrigation Strategies and Water Qualities in Turkey. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 4: 108-118.
- Kaya ÇI, Yazar A 2016. Saltmed Model Performance for Quinoa Irrigated with Fresh and Saline Water in a Mediterranean Environment. *Irrigation and Drainage*, 65(1): 29-37.
- Kır AE, Temel S 2016. Iğdır Ovası Kuru Koşullarında Farklı Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Çeşit ve Populasyonlarının Tohum Verimi ile Bazı Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Iğdır Üniv. Fen Bilimleri Enst. Derg.*, 6(4): 145-154.
- Kurunç A, Ünlükara A 2009. Growth, Yield, and Water Use of Okra (*Abelmoschus esculentus*) and Eggplant (*Solanum melongena*) as Influenced by Rooting Volume. *New Zeal. J. Crop Hort. Sci.*, 37: 201-210.
- Lavini A, Pulvento C, D'andria R, Riccardi M, Choukr-Allah R, Belhabib O, Yazar A, Incekaya C, Sezen SM, Qadir M, Jacobsen SE 2014. Quinoa's Potential in the Mediterranean Region, *J. Agro. Crop Sci.*, 200(5): 344-360.
- Özdemir S, Çarpıcı EB, Aşık BB 2019. Farklı Azot Dozlarının İtalyan Çiminin (*Lolium multiflorum westerwoldicum Caramba*) Ot Verimi ve Kalitesi Üzerine Etkileri. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.*, 22(1): 131-137.
- Parry MAJ, Flexas J, Medrano H 2005. Prospects for Crop Production under Drought: Research Priorities and Future Directions. *Ann. Appl. Biol.*, 147: 211-226.
- Pospíšil A, Pospíšil M, Varga B, Svečnjak Z 2006. Grain Yield and Protein Concentration of Two Amaranth Species as Influenced by Nitrogen Fertilization. *Europ. J. Agron.*, 25 (3): 250-253.
- Razzaghi F, Plauborg F, Jacobsen SE, Jensen CR, Andersen MN 2012. Effect of Nitrogen and Water Availability of Three Soil Types on Yield, Radiation Use Efficiency and Evapotranspiration in Field-Grown Quinoa. *Agricultural Water Management*, 109: 20-29.
- Sezen SM, Yazar A, Tekin S, Şengül H 2016. Salçalık Biber Bitkisinde Damla Yöntemiyle Uygulanan Farklı Sulama Düzeylerinin Verim Üzerine Etkileri ve Ekonomik Analizi. *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 19(3): 310-318.
- Sigsgaard L, Jacobsen SE, Christiansen JL 2008. Quinoa, *Chenopodium quinoa*, Provides A New Host for Native Herbivores in Northern Europe: Case Studies of the Moth, *Scrobipalpa atriplicella*, and the Tortoise Beetle, *Cassida nebulosa*. *Journal of Insect Science*, 8(49): 1-4.
- Spehar CR, Santos RLB 2005. Agronomic Performance of Quinoa Selected in the Brazilian Savannah. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40(6): 609-612.
- Sun ZX, Zheng JM, Sun WT 2009. Coupled Effects of Soil Water and Nutrients on Growth and Yields of Maize Plants in A Semi-Arid Region. *Pedosphere*, 19: 673-680.
- Tan M, Temel S 2017. Erzurum ve Iğdır Şartlarında Yetiştirilen Farklı Kinoa Genotiplerinin Kuru Madde Verimi ve Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi. *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Derg.*, 7(4): 257-263.
- Ullah I, Hanping M, Chuan Z, Javed Q, Azeem A 2017. Optimization of Irrigation and Nutrient Concentration Based on Economic Returns, Substrate Salt Accumulation and Water Use Efficiency for Tomato in Greenhouse. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63(12): 1748-1762.
- Yazar A, Sezen M, Çolak YB 2013. Supplemental Irrigation of Wheat and Quinoa using Drainage

Canal Water under the Mediterranean Environmental Condition. International Conference on Sustainable Water Use for Securing Food Production in the Mediterranean Region under Changing Climate, 10-15 March,

Agadir/Morocco.

Yazar A, Kaya ÇI, Sezen SM, Jacobsen SE 2015. Saline Water Irrigation of Quinoa (*Chenopodium quinoa*) Under Mediterranean Conditions. Crop and Pasture Science, 66(10): 993-1002.

Türkiye Florası İçin Yeni *Dianthus* (Caryophyllaceae) Kayıtları

Ergin HAMZAOĞLU¹ , Murat KOÇ² 

¹Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, 06500, Yenimahalle, Ankara, ²Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Halk Sağlığı Enstitüsü, Geleneksel, Tamamlayıcı ve Entegratif Tıp Anabilim Dalı, 06010, Keçiören, Ankara, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0001-6053-6796>, ²<https://orcid.org/0000-0002-0829-4571>

✉: erginhamzaoglu@yahoo.com

ÖZET

Ardahan'dan toplanan *Dianthus azkurensis* Sosn. ile Kayseri, Malatya ve Mersin'den toplanan *D. orientalis* Adams subsp. *aphanoneurus* Rech.f. Türkiye florası için yeni kayıt olarak tanıtıldı. Ayrıca, taksonların detaylı betimlemeleri, yayılışları ve resimleri verildi.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 08.01.2019

Kabul Tarihi : 28.02.2019

Anahtar Kelimeler

Dianthus

Yeni kayıt

Türkiye

New *Dianthus* (Caryophyllaceae) Records For The Flora Of Turkey

ABSTRACT

Dianthus azkurensis Sosn. and *D. orientalis* Adams subsp. *aphanoneurus* Rech.f. that were collected from Ardahan and, Kayseri, Malatya and Mersin were given as new records for the flora of Turkey. In addition, detailed descriptions, distributions and illustrations of the taxa were provided.

Research Article

Article History

Received : 08.01.2019

Accepted : 28.02.2019

Keywords

Dianthus

New record

Turkey

To Cite : Hamzaoğlu E, Koç M 2019. Türkiye Florası İçin Yeni *Dianthus* (Caryophyllaceae) Kayıtları. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 22(3): 381-388. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.509956

GİRİŞ

Caryophyllaceae Juss., içerdiği yaklaşık 90 cins ve 2400 tür sayısı ile dünyanın en büyük dikotil familyaları arasında yer alır (Thorne ve Reveal, 2007). Yapraklarının karşılıklı, çiçek segmentlerinin 5 parçalı ve meyvesinin kapsül tipinde olması, familyanın birçok cinsinde gözlenen en belirgin özelliklerdir. Yaklaşık 300 tür içeren *Dianthus* L., familyanın en büyük ikinci cinsidir. Cinsine ait türlerin büyük kısmı Avrupa, Asya ve Kuzey Afrika'da yetişir. Bu alanların kesiştiği bölgede yer alan Akdeniz, cinsin gen merkezi olarak kabul edilir (Reeve, 1967; Constantinidis, 1999; Dequan ve Turland, 2001; Mabblerley, 2008; Valente ve ark., 2010; Vaezi ve ark., 2014). *Dianthus*, kaliksinin tüpsü ve epikaliks segmentleriyle çevrilmiş olması, tohumlarının peltat olması, petalinin limb ve kılav olarak belirgin kısımlara ayrılması ile akraba cinslerden kolayca ayrılır (Bittrich, 1993; Bacchetta ve ark., 2010).

Türkiye *Dianthus* cinsi taksonları ile ilgili ilk kapsamlı çalışma Boissier (1867) tarafından yazılmış "Flora Orientalis" tir. Bu eserde verilen 89 *Dianthus* türünden 48'i Türkiye florası ile ilişkilidir. Eser sadece Türkiye ile ilgili olmamasına rağmen, *Dianthus* cinsinin o dönemde Türkiye'den bilinen tüm

taksonlarını içermesi açısından oldukça önemlidir. Boissier bu eserde *Diantheae* oymağı altında değerlendirdiği *Dianthus* cinsini *Verruculosi*, *Leiopetali*, *Fimbriati*, *Dentati* ve *Carthusiani* şeklinde 5 grup altında toplamıştır.

Editörlüğünü Davis'in yaptığı "Flora of Turkey and the East Aegean Islands" (Türkiye Florası) adlı eser ise, *Dianthus* cinsinin sadece Türkiye taksonlarına odaklanan ilk eserdir. Eserde *Dianthus* cinsini yazan Reeve (1967), Williams'ın (1893) monografından oldukça yararlanmıştır. Reeve revizyonda önce cinsin betimlemesini vermiş, ardından hibritleşme ve erkek çiçeklerin taksonomide neden olduğu zorluklardan ve yaptığı revizyonda dikkate aldığı taksonomik karakterlerden bahsetmiştir. *Dianthus* cinsini *Silenoideae* alt familyası altında değerlendiren Reeve, cinsine ait 67 tür tanıtmıştır. Ayrıca, Boissier (1867) tarafından önerilen isimleri kullanarak cinsi *Verruculosi*, *Leiopetali*, *Fimbriati*, *Dentati* ve *Carthusiani* olmak üzere 5 gruba ayırmıştır.

Dalcı (1986) tarafından Doğu Anadolu *Dianthus* türleri üzerinde yapılan çalışma, hem cinsin taksonomisine yeni karakter katması ve hem de çok sayıda popülasyon incelenmesi bakımından önemlidir. Ancak Dalcı'nın çalışması *Dianthus* cinsinin sadece

Doğu Anadolu Bölgesinde yayılış gösteren taksonları ile sınırlı kaldığından, diğer bölgelerdeki yakın akraba taksonlarla mukayese şansı olmamıştır. Son zamanlarda Türkiye'nin farklı yerlerinde yapılan çalışmalar sonucu çok sayıda *Dianthus* örneği toplanmıştır. Toplanan bu örneklerin detaylı incelenmesi sonucu yeni taksonlar tanımlanmıştır. Son çalışmalar sonucu, cinsin Türkiye'deki tür sayısı 81'e yükselmiştir (Reeve, 1967; Özhatay ve Kültür, 2006; İlçim ve ark., 2013; Hamzaoğlu ve Koç, 2015; Hamzaoğlu ve ark., 2014; 2015a; 2015b; 2015c; 2018).

MATERYAL ve METOT

Bu çalışmanın materyalini Türkiye'nin farklı illerinden toplanmış örnekler, GAZI, ANK ve HUB herbaryumunda bulunan örnekler ve K ve E sanal herbaryumlarında sergilenen taranmış resimler oluşturmaktadır. Taksonların habit ve çiçek resimleri Canon EOS 60D dijital kamera ile çekilmiştir. Taksonların geçerli isimleri, orijinal yayınları, tiplendirmeleri, betimlemeleri, çiçeklenme ayları ve habitatları verilmiştir. Betimlemeler yazılırken, uzunluk ölçülerinde 0.5 mm hassasiyetli cetvel kullanılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada; daha önce Flora USSR'de yer alan *Dianthus azkurensis* Sosn. ile Flora Iranica'da yer alan *Dianthus orientalis* Adams subsp. *aphanoneurus* Rech.f. Türkiye florası için yeni kayıt olarak tanıtıldı (Schischkin, 1985; Rechinger, 1988). Ayrıca politipik tür olan *D. orientalis*'in tür altı taksonları için ayırım anahtarları ve yayılış bilgileri verildi.

Dianthus azkurensis Sosn., Vestn. Tiflissk. Bot. Sada n.s., 1: 74 (1923), Şekil 1.

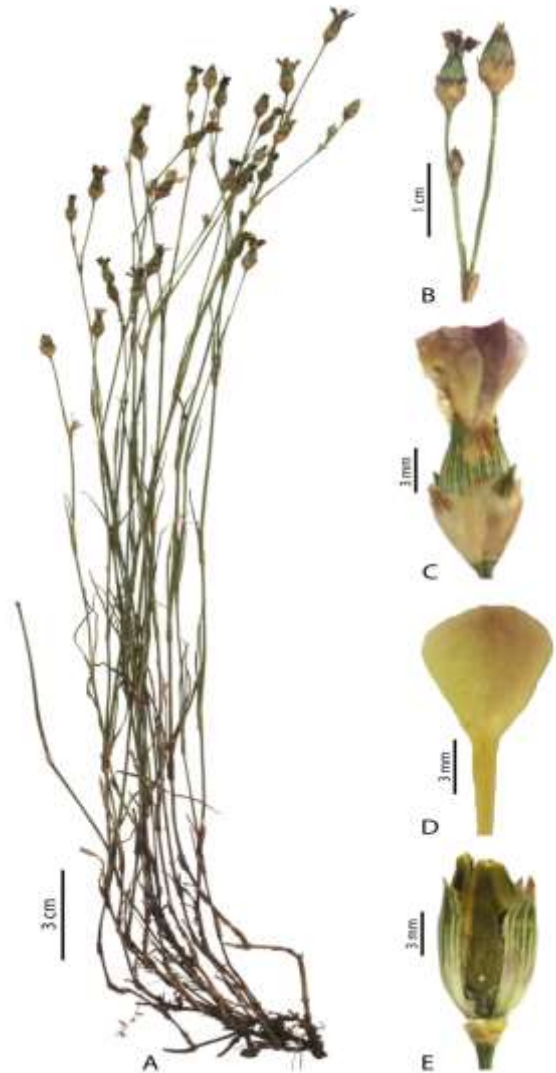
Holotypus: [Gürcistan, Georgia] Between Akhaltsikh and Atskhur [Ahıska-Azğur arası], *Toplayıcı?* (TBI?).

Çokyıllık, demetsi otlar. Gövdeler dik, 15-35 cm boyunda, dallanmış, altta havlı, üstte tüysüz, 4-7-düğümlü. Kısır sürgün yaprakları az sayıda, şeritsi, yassı, gövde yapraklarından daha uzun. Alt yapraklar çiçekteyken kuruyucu/dökülücü; orta yapraklar şeritsi, 20-35 × 1-1.5 mm, kanalsı veya ± yuvarlak, gövdeye basık, düğümarasından kısa, yumuşak, tüysüz, uç sivri-sipsivri, kın boyu eninin en fazla 2 katı kadar. Çiçekdurumu sıkı simöz, çiçekler dal ucunda tek; pediseller 5-40 mm. Kaliks pulları 4; en dıştakiler kıkırdaksı, samanrengi veya bazen uçta yeşilimsi-morumsu, altta damarsız, üstte 3-5-damarlı, tüysüz, ucu kaliksten ayrık, kaliksin 1/3-3/4'ü kadar, geniş tersyumurtamsı, 3.5-5.5(-8) × 2.2-3.5 mm, kenar c. 0.3 mm eninde dar zarlı, uç emarginat veya bazen küt-kesik, mukrolu veya kılçıklı, mukro veya kılçık tüm pulun 1/4-1/3(-1/2)'si kadar; en içtekiler dıştakilere benzer, kaliksin 1/3-1/2'si kadar, 3.5-5 × 3-4 mm,

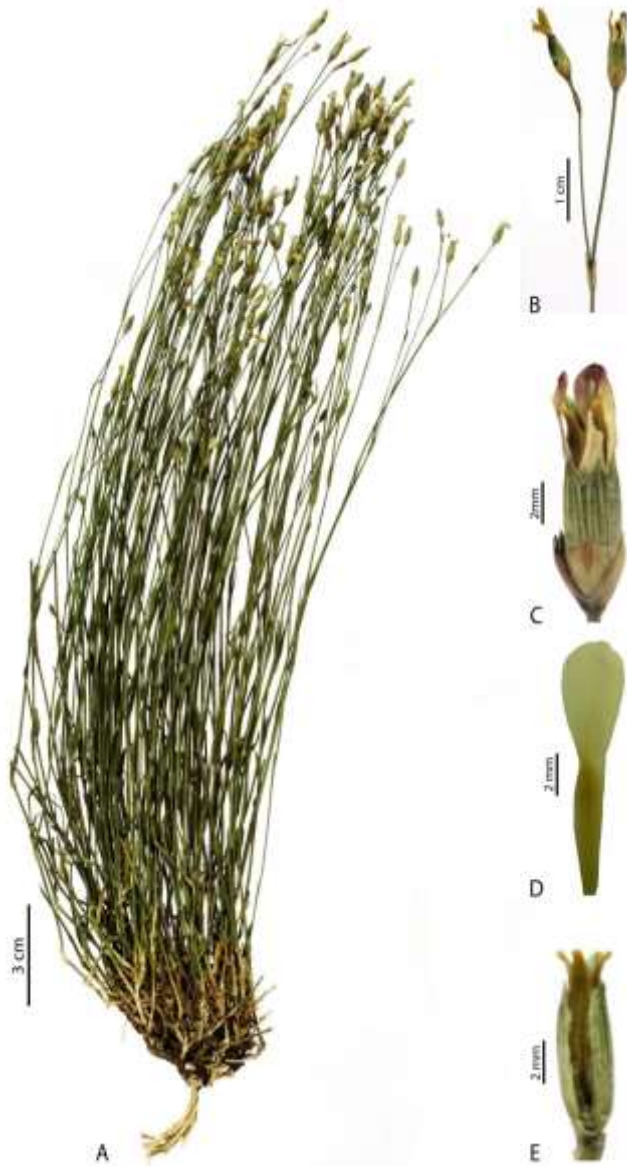
mukrolu, mukro tüm pulun 1/4-1/3'ü kadar. Kaliks yumurtamsı veya mızraksı, 8.5-11 × 3-4 mm, 30-35-damarlı, tüysüz, yeşil veya bazen morumsu lekeli; dişler geniş üçgensel, 1.6-2.2 × 1.2-1.8 mm, belirgin 3-damarlı, uç sivri veya sipsivri. Petal 12-16 mm; aya ± yuvarlak, 4-6 × 3.5-5.5 mm, tüm petalin c. 2/5'i kadar, c. 3/4'ü kaliksin dışında, beneksiz, ebarbulat, üst beyaz, alt kremi-yeşil, bazen uçta pembemsi, uç düz; kılav 8-10 × 1-1.3 mm, yaka eni kılav eninin c. 1/2'si kadar. Meyve açıkça kaliksten daha uzun. Tohumlar geniş eliptik, siyah, 1.5-2.2 × 1.2-1.5 mm. *Çiçeklenme:* Haziran-Temmuz. *Habitat:* Kayalık otlu yerler, 1950 m.

Avrupa-Sibirya elementi. Gürcistan, Türkiye. **A9 Ardahan:** Çıldır, Yıldırımtepe köyü, Şeytankalesi civarı, 1950 m, kayalık otlu yerler, 4.7.2013, *Hamzaoğlu* 6815 & *Koç* (GAZI!, ANK!, HUB!).

Dianthus azkurensis, Gürcistan'da Ahıska (Akhaltsikh) ile Azğur (Atskhur) arasından bilinen bir türdür (Schischkin, 1985).



Şekil 1. *Dianthus azkurensis*. A- Habit, B- Çiçekdurumu, C- Çiçek, D- Petal, E- Meyve.



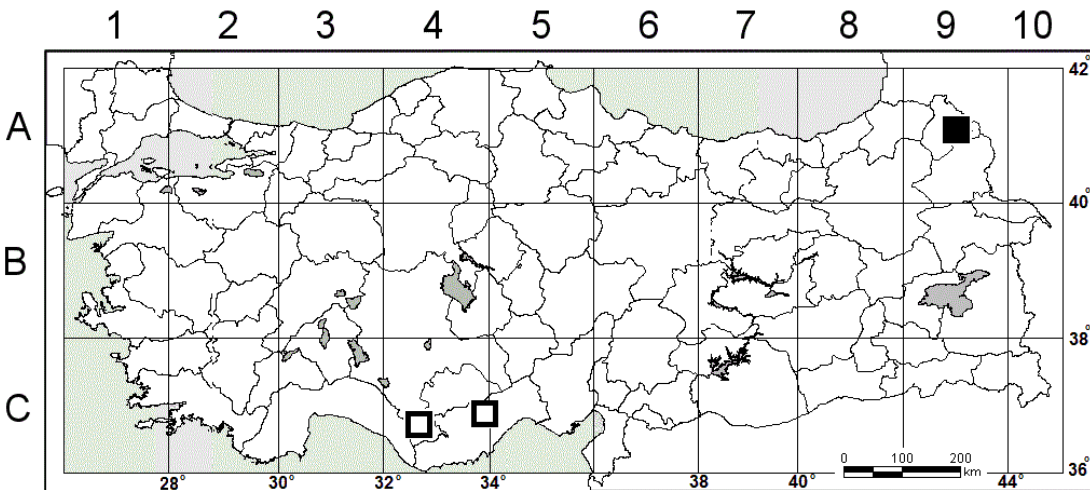
Şekil 2. *Dianthus micranthus*. A- Habit, B- Çiçekdurumu, C- Çiçek, D- Petal, E- Meyve

Çıldır (Ardahan) adresi ile Ahıska adresi arasında kuş bakışı yaklaşık 70 km vardır. Türün Türkiye florasındaki en yakın akrabası Anadolu'nun güneyi için endemik olan *Dianthus micranthus*'tur (Reeve, 1967). Habit olarak benzemelerine rağmen, bu iki tür arasında belirgin taksonomik farklar vardır (Şekil 2-3, Çizelge 1).

Dianthus orientalis Adams, Beitr. Naturk., 1: 54 (1805).

Yarıçalımsı, sık demetsi otlar. Gövdeler dik veya eğik, 10-45 cm boyunda, bazen dallanmış, tüsüz veya havlı, 3-11-düğümlü. Kısır sürgün yaprakları şeritsi veya ipliksi-şeritsi, yassı veya kanalsı, gövde yapraklarına eşit veya en fazla 1.5 katı kadar. Alt yapraklar çiçeklenmede kalıcı veya kuruyucu/dökülücü; orta yapraklar şeritsi veya ipliksi-şeritsi, 10-50 × 0.5-2.3 mm, yassı veya kanalsı, gövdeye basık veya ± ayırık, düğümarasından kısa veya uzun, tüsüz, uç sivri veya sipsivri, kın boyu eninin 1-3 katı kadar. Çiçekdurumu simöz, gövdeler tek veya bazen birkaç çiçekli, çiçekler dal ucunda tek; pediseller 5-45 mm. Kaliks pulları (4-)6-12(-16), sıkı ve düzenli veya gevşek ve düzensiz kiremitsi dizilmiş; en dıştakiler otsu veya kıkırdaksı, yeşilimsi, samanrengi veya morumsu, tabanda damarsız, uca doğru silik 1-7-damarlı, tüsüz, kaliksin 1/8-4/5'i kadar, şeritsi, mızraksı veya eliptik, 3-14 × 0.6-3 mm, kenar 0.2-0.3 mm eninde dar zarsı, uç sivri, kılçıklı, kuspisli veya mukrolu, şayet varsa kılçık tüm pulun 1/2-2/3'ü kadar; en içtekiler dıştakilere benzer, uca doğru silik 5-15-damarlı, kaliksin 1/3-1/2'si kadar, yumurtamsı, tersmızraksı veya paralel-mızraksı, 7-15 × 2.2-3.8 mm, kenar 0.3-0.6 mm eninde zarsı, uç küt-sivri veya küt-kesik, kılçıklı veya kuspisli, kılçık veya kuspis tüm pulun 1/5-1/3'ü kadar.

Kaliks silindirik-mızraksı, 16-30 × 2-4 mm, genellikle belirgin 35-45-damarlı, tüsüz, samanrengi, yeşilimsi veya morumsu; dişler dar üçgensiz-mızraksı, 5-9(-11) × 1-2 mm, tüsüz, 3-11-damarlı, uç sivri veya sipsivri ve sıklıkla mukrolu.



Şekil 3. *Dianthus azkurensis* (■) ve *D. micranthus* (□)'un Türkiye'deki yayılışı.

Çizelge 1. *Dianthus azkurensis* ve *D. micranthus*'un ayırtecdi morfolojik karakterleri.

Karakter	<i>D. azkurensis</i>	<i>D. micranthus</i>
Alt yaprak	erken kuruyucu/dökülcü ve 30-50 mm boyunda	kalıcı ve 8-20 mm boyunda
Dış kaliks pulu boyu	3.5-5.5(-8) mm	2.2-4 mm
Kaliks pulu kılıçığı	tüm pulun 1/4-1/2'si kadar	tüm pulun 1/8-1/4'ü kadar
Kaliks boyu	8.5-11 mm	7-9 mm
Petal boyu	12-16 mm	10-13 mm
Petal kılavı boyu	8-10 mm	6.5-7.5 mm
Tohum boyu	1.5-2.2 mm	2.5-3.5 mm

Petal 21-42 mm; aya kuneat, eliptik veya tersyumurtamsı, 6.5-15 × 4-9 mm, tüm petalin 1/3'ü kadar, tamamı kaliksin dışında, beneksiz veya tabanda benekli, barbulat, beyaz veya pembe, kenar yandan uca kadar 7-23-dişli, dişler ayanın 1/4-1/2'si, kadar, 1.6-4.5 mm boyunda; kılav 15-28 × 1.2-2 mm, yaka eni kılav eninin en fazla 1/5'i kadar. Meyve kaliksten kısa veya biraz uzun. Tohumlar eliptik veya paralel-eliptik, siyah, 2-3.7 × 1-1.5 mm.

1. Kaliks pulları (4-)6(-8) adet, gevşek ve düzensiz kiremitsi dizilmiş; en içtekiler kılıçıklı veya kuspisli, kılıçık veya kuspis tüm pulun 1/5-1/3'ü kadar, kenarları 0.4-0.6 mm eninde zarsı; petal (21-)26-30(-35) mm, aya 6.5-8.5(-10) mm boyunda

..... subsp. *nassireddini*

- Kaliks pulları (4-)6-12(-14) adet, sıkı ve düzenli kiremitsi dizilmiş; en içtekiler mukrolu, kenarları c. 0.3 mm eninde zarsı; petal 32-42 mm, aya 10-15 mm boyunda 2

2. Orta yaprak kın boyu eninin en fazla 1.5 katı kadar; en dış kaliks pulları uca doğru silik 3-7-damarlı; en içtekiler uca doğru silik 7-15-damarlı, 3-3.8 mm eninde; kaliks dişleri 7-11-damarlı; tohumlar 2-2.5 mm boyunda (Türkiye'nin kuzeydoğusu)

..... subsp. *orientalis*

- Orta yaprak kın boyu eninin 2-3 katı kadar; en dış kaliks pulları uca doğru silik 1-3-damarlı; en içtekiler uca doğru silik 5-9-damarlı, 2.2-2.7 mm eninde; kaliks dişleri 5-7-damarlı; tohumlar 2.8-3.4 mm boyunda subsp. *aphanoneurus*

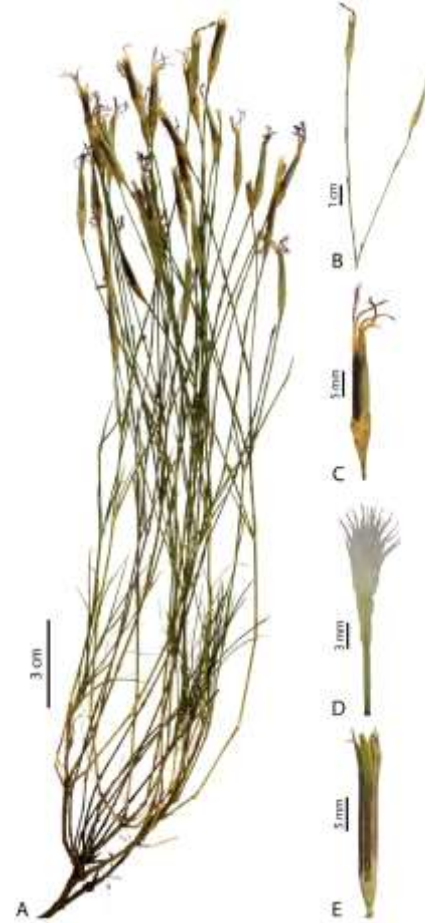
subsp. *orientalis*, Şekil 4.

Holotypus [Gürcistan]: "in Iberia, circa Tiflisium, locis cretaceis, Adams s.n. (LE).

Syn.: *Dianthus fimbriatus* M.Bieb., in Bieberstein, Fl. Taur.-Caucas. 1: 332 (1808)! **Holotypus**: [Gürcistan] "ex agro Tiflisiensis, ???.1802, Bieberstin s.n. (LE; E'deki resim, E00301879-foto!).

Çiçeklenme: Haziran-Ağustos. **Habitat**: Taşlı yamaçlar, kayalık, çalılık, 145-2050 m.

Gürcistan, Ermenistan, İran, Türkiye. **A8 Erzurum**: İspir-Yusufeli arası (Çoruh yolu), 850 m, kayalık, 2.7.2013, Hamzaoğlu 6797 & Koç (GAZI!); **Artvin**: Yusufeli, Çeltikdüzü-Dokumacılar arası, 750 m, çalılık, 4.6.2008, Hamzaoğlu 5091 (ANK!);



Şekil 4. *Dianthus orientalis* subsp. *orientalis*. A- Habit, B- Çiçekdurumu, C- Çiçek, D- Petal, E- Meyve.

Yusufeli-Öğdem arası, 1235 m, 28.7.2010, kayalık, Hamzaoğlu 6055, Budak & Koç (GAZI!); aynı yer, Yaylalar-Körahmet arası, verici civarı, 2050 m, 21.8.2008, taşlı yamaçlar, Hamzaoğlu 5362 & Aksoy (HUB!); Yusufeli-Artvin arası, Yusufeli çıkışı, suçatına varmadan, 545 m, kayalık, 3.7.2013, Hamzaoğlu 6799 & Koç (ANK!); aynı yer, Havuzlu köyü civarı, 620 m, taşlı yerler, 3.7.2013, Hamzaoğlu 6802 & Koç (HUB!); Borçka, Demirciler köyü çıkışı, 145 m, kayalık, 23.7.2013, Hamzaoğlu 6905 & Koç (GAZI!); **A9 Erzurum**: Şenkaya, Akşar köyü çıkışı, 1305 m, kayalık, 6.8.2014, Hamzaoğlu 7147 & Koç (GAZI!); Oltu-Olur arası, Kaledibi köyü çıkışı, 1050 m, 25.8.2012, kayalık, Hamzaoğlu 6637 & Koç (ANK!); **Artvin**:

Arduç girişi, Cehennem deresi civarı, 510 m, 3.7.2013, kalker kayalıklar, *Hamzaoğlu* 6803, Aksoy & Koç (GAZI!); Şavşat, Demirkapı köyü yol ayrımı, 880 m, kayalık, 23.7.2013, *Hamzaoğlu* 6906 & Koç (ANK!).

subsp. *nassireddini* (Stapf) Rech.f., in *Pl. Syst. Evol.* 151: 292 (1986), Şekil 5.



Şekil 5. *Dianthus orientalis* subsp. *nassireddini*. A- Habit, B- Çiçekdurumu, C- Çiçek, D- Petal, E- Meyve

Holotypus [İran]: “in fissures rupium montis Elwend supra Gendjname”, 10.6.1882, *Th. Pichler* s.n. (WU).

Syn.: *Dianthus nassireddini* Stapf, in Stapf, *Denkschr. Kaiserl. Akad. Wiss., Wien. Math.-Naturwiss. Kl.* 51: 279 (1886a!); *D. fimbriatus* M. Bieb. var. *brachyodontus* Boiss. & A. Huet in Boissier, *Diagn. Pl. Orient.* 2(5): 53

(1856)! **Holotypus**: [Türkiye. A8 Erzurum] “circa Tortum, 4000-5000’ [c. 1500-1900 m], ?6.1853, *H. Pavillon* s.n. (G, G00226692-foto!); *D. dumulosus* Boiss. & A. Huet in Boissier, *Diagn. Pl. Orient.* 2(5): 53 (1856)! **Holotypus**: [Türkiye. A8 Erzurum] “circa Tortum, 4000-5000’ [c. 1500-1900 m], ?6.1853, *H. Pavillon* s.n. (K, K000725529-foto!); *D. var. macropetalus* Boiss., *Fl. Orient. Suppl.*: 77 (1888)! **Holotypus**: [İran] “in rupestribus M. Schahu et Avroman, 8000-9000’ [3000-3400 m], ?7.1867, *C. Haussknecht* s.n. (G, G00226691-foto!); *D. orientalis* Adams subsp. *macropetalus* (Boiss.) Rech.f. in *Pl. Syst. Evol.* 151: 289 (1986).

Çiçeklenme: Haziran-Ağustos. **Habitat**. Taşlı yamaçlar, kayalıklar, 1270-3000 m.

İran-Turan elementi. İran, Irak, Ermenistan, Türkiye. **A7 Giresun**: Şebinkarahisar-Giresun arası, Aslanyurdu Deresi, 1330 m, 23.8.2012, kayalıklar, *Hamzaoğlu* 6616 & Koç (GAZI!); aynı yer, 1470 m, 13.6.2006, kayalıklar, *Hamzaoğlu* 3892, Aksoy & Budak (ANK!); Şebinkarahisar, Hacıömer köyü kuzeyi, 1270 m, 13.6.2006, taşlı yamaçlar, *Hamzaoğlu* 3900, Aksoy & Budak (HUB!); **Gümüşhane**: Kale-Nazlıçayır köyleri arası, c. 1700 m, 18.6.2003, *Hamzaoğlu* 3473 (GAZI!); Torul, Ekinciler-Arpacık arası, 1690 m, 14.7.2007, kayalık yerler, *Hamzaoğlu* 4809 & Budak (ANK!); **Sivas**: Zara-Suşehri arası, Karalar köyü yol ayrımı, 1450 m, 9.8.2009, kayalıklar, *Hamzaoğlu* 5556, Budak & Koç (HUB!); **A8 Bayburt**: Bayburt’un güneydoğusundaki tepeler, 1500-1750 m, 23.6.2002, bozkır, *Hamzaoğlu* 2922 (GAZI!); Bayburt-Aşkale arası, Kop Dağı, 2140 m, 24.7.2010, kayalıklar, *Hamzaoğlu* 5912, Budak & Koç (ANK!); **Erzurum**: Erzurum-İspir arası, 2010 m, akıntılı kayalık yerler, 2.7.2013, *Hamzaoğlu* 6789 & Koç (HUB!); **B6 Kayseri**: Pınarbaşı, Aşağıbeyçayırılı-Yukarıbeyçayırılı arası, 1755 m, 25.6.2010, akışkan taşlı yerler, *Hamzaoğlu* 5698, Budak & Koç (GAZI!); Sarız, Kırkısrak köyü, Binboğa Dağları, Salıngaç mevki, 2100 m, 16.7.2009, otlı yamaçlar, Koç 740, *Hamzaoğlu* & Budak (ANK!); Tomarza, Arslantaş köyü, yol ayrımından c. 1 km sonra, 1600 m, 12.7.2012, kalker kayalıklar, *Hamzaoğlu* 6472 & Koç (HUB!); **Malatya**: Hekimhan-Kurşunlu arası, 1810 m, 26.6.2010, taşlı yerler, *Hamzaoğlu* 5768, Budak & Koç (GAZI!); **Sivas**: Divriği, Höbek köyü güneybatısı, 1860 m, 2.7.2008, bozkır, *Hamzaoğlu* 5185 & Aksoy (ANK!); Gürün, Başören-Haticepınar köyleri arası, 1910 m, 13.7.2008, kalker kayalıklar, *Hamzaoğlu* 5219 & Aksoy (ANK!); **B7 Erzincan**: Ergen Dağı Kayak Merkezi, Öğletaş Tepe, 2250 m, kalker kayalık, 6.7.2014, *Hamzaoğlu* 7062 & Koç (HUB!); Refahiye-İmranlı arası, Kızıldağ Geçidi yakını, 1770 m, akıntılı yamaçlar, 4.8.2014, *Hamzaoğlu* 7124 & Koç (GAZI!); **Tunceli**: Tunceli-Pülümür arası, Kırmızıköprü civarı, 1350 m, 9.6.2011, kayalıklar, Koç 1316 & *Hamzaoğlu* (GAZI!); **B8 Erzurum**: Çat, Muratçayırı-Aşağıkumaşlı köyleri

arası, 1700 m, 14.6.2007, vadi içi, kayalıklar, *Hamzaoğlu* 4615 & *Aksoy* (ANK!); Çat-Bingöl arası, Kirişli Geçidi civarı, 2320 m, 16.7.2007, *Hamzaoğlu* 4847, *Aksoy* & *Budak* (GAZI!); Palandöken Dağı, zirveye giden yol, 2600 m, 2.7.2006, otlu yamaçlar, *Hamzaoğlu* 4138 & *Budak* (HUB!); **Muş**: Muş-Üçevler Köyü arası, Elmani Yaylası civarı, 2410 m, 28.8.2012, taşlı yamaçlar, *Hamzaoğlu* 6665 & *Koç* (ANK!); Varto, Çaylar, Tuzla köyü üstü, 2520 m, *Astragalus*'lu yamaçlar, 29.8.2012, *Hamzaoğlu* 6672 & *Koç* (GAZI!); **B9 Ağrı**: Ağrı-Hamur arası, Hamur yakınları, 1680 m, akıntılı yamaçlar, 5.7.2013, *Hamzaoğlu* 6827 & *Koç* (ANK!); Eleşkirt-Horasan arası, Tahir köprüsü, vadi girişi, 2005 m, volkanik yamaçlar, 4.7.2014, *Hamzaoğlu* 7046 & *Koç* (HUB!); **Van**: Gevaş, Artos Dağının Gevaş'a bakan yamaçları, 2600 m, kalker yamaçlar, 14.7.2009, *Koç* 672 & *Hamzaoğlu* (GAZI!); Gevaş-Tatvan arası, Pelli Dağı, 2600-3000 m, taşlı yamaçlar, 13.8.2013, *Hamzaoğlu* 6959 (ANK!); Gürpınar-Çatak arası, Ganispi Şelalesi üstü, 1750 m, 1.7.2006, *Hamzaoğlu* 4098 & *Budak* (HUB!); **C5 Niğde**: Çamardı, Demirkazık köyü üstü, 1475 m, 11.7.2012, kayalıklar, *Hamzaoğlu* 6451, *Aksoy* & *Koç* (GAZI!); aynı yer, Narpız Boğazı girişi, 2485 m, 25.7.2012, taşlı yamaçlar, *Hamzaoğlu* 6520, *Aksoy* & *Koç* (ANK!); Ulukışla, Bolkar Dağı, Maden köyü üstü, 1825 m, 19.7.2005, kayalıklar, *Budak* 1764, *Hamzaoğlu* & *Aksoy* (HUB!); **C10 Hakkâri**: 30 km from Başkale to Hakkâri, 1900 m, on rocks, 10.6.1966, *P.H.Davis* 44676 (E-foto!); Cilo Dağı, above Diz Deresi, 3000 m, 7.8.1954, *P.H.Davis* 23939 (E-foto!).

subsp. aphanoneurus Rech.f., in Pl. Syst. Evol. 151: 290 (1986), Şekil 6.

Holotypus: [İran] Luristan, M. Sawers, 9000' [c. 3400 m], ?.7.1868, *C.Haussknecht* s.n. (W, W0026404-foto!).

Syn.: *Dianthus aphanoneurus* (Rech.f.) M.L.Kuzmina, Bot. Zhurn. (Moscow & Leningrad) 81: 82 (1996).

Çiçeklenme: Temmuz-Ağustos. **Habitat**: Kumlu taşlı yamaçlar, kayalıklar, orman açıklığı, 980-1300 m.

İran-Turan elementi. Ermenistan, İran, Türkiye. **B6 Kayseri**: Sarız, Kıskaçlı köyü, Kayseri-Kahramanmaraş yolu, dinlenme tesisleri civarı, 1830 m, akışkan kalker kayalıklar, 8.8.2018, *Hamzaoğlu* & *Koç* 3491 (GAZI!, ANK!, HUB!); **Malatya**: Darende, Aşağıulupınar köyü güneyi, 1300 m, kumlu taşlı yamaçlar, 12.7.2010, *Koç* 1245 & *Hamzaoğlu* (GAZI!, ANK!, HUB!); aynı yer, taşlı kumlu yamaç, 25.7.2013, *Hamzaoğlu* 6947 & *Koç* (GAZI!); **C5 Mersin**: Toroslar, Arslanköy-Mersin arası, c. 20 km, 980 m, orman açıklığı, 19.8.2013, *Hamzaoğlu* 6988 & *Koç* (GAZI!, ANK!, HUB!).

Dianthus orientalis, "Flora of Turkey and the East Aegean Islands" adlı eserde monotipik bir tür olarak verilmiş olmasına rağmen, daha sonra yapılan detaylı çalışmalarda varyete veya alttürler ayrılacak politipik bir tür olarak değerlendirilmiştir.



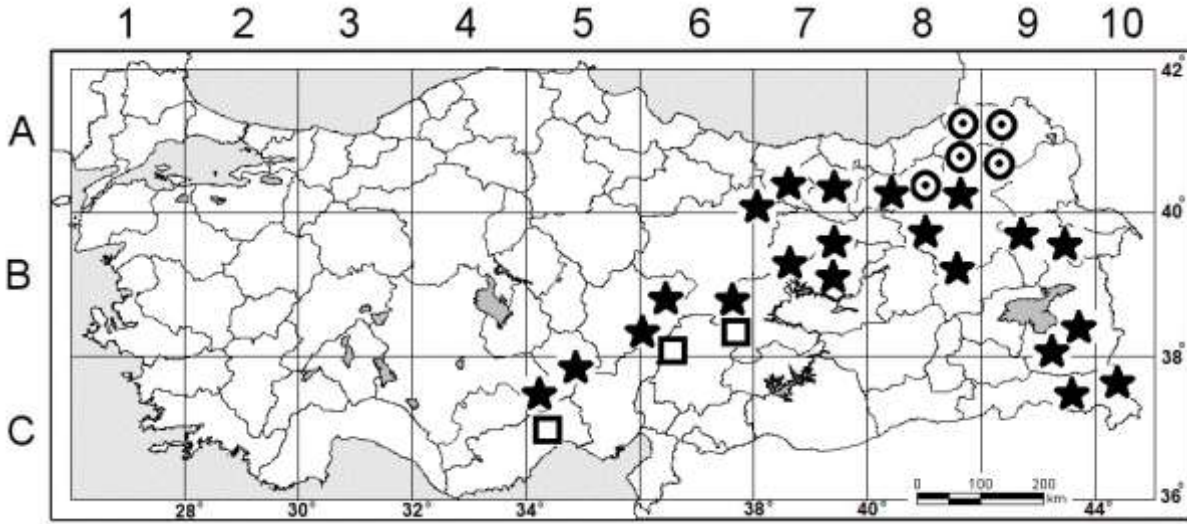
Şekil 6. *Dianthus orientalis* subsp. *aphanoneurus*. A- Habit, B- Çiçek durumu, C- Çiçek, D- Petal, E- Meyve

Örneklerin ve ilgili literatürlerin incelenmesi sonucu, bu türaltı taksonlardan 3'ünün Türkiye'de yetiştiği tespit edilmiştir (Reeve, 1967; Dalcı, 1986; Rechinger, 1988). Buna göre, *Dianthus orientalis* (subsp. *orientalis*) sadece Türkiye'nin kuzeydoğusunda yetişen bir taksondur (Şekil 7). Subsp. *nassireddini* ve subsp. *aphanoneurus*'tan kaliks pulu sayısı, kaliks pulu damar sayısı, kaliks pulu genişliği, kaliks dişi damar sayısı, petal ve aya boyu gibi karakterlerle ayrılır.

Dianthus orientalis, Doğu Anadolu *Dianthus* türleri üzerine yapılan çalışmada var. *orientalis* ve var. *brachyodontus* Boiss. & A.Huet şeklinde 2 varyete olarak değerlendirilmiştir. Bunlardan var. *brachyodontus*, eserde "*D. orientalis* var. *brachyodontus* (Boiss. & A.Huet) Bornm." şeklinde gösterilmiştir. Ancak "Bornmüller" tarafından *D. fimbriatus*'tan *D. orientalis*'e yapılan bu aktarmaya ait herhangi bir makaleye ulaşılamamıştır. Var. *brachyodontus*, "Flora Iranica" da olduğu gibi bu makalede de subsp. *nassireddini* altında sinonim olarak kabul edilmiştir (Dalcı, 1986; Rechinger, 1988).

Subsp. *nassireddini*, diğer alttürlerden kaliks boyu ile kaliks pulunun sayısı, şekli ve yapısı gibi karakterlerle ayrılmıştır. “Flora of Turkey and the East Aegean Islands”da bu karakterler oldukça geniş verilmiş ve *D.*

orientalis monotipik bir tür olarak tanıtılmıştır (Reeve, 1967; Rechinger, 1988). *Dianthus orientalis* subsp. *nassireddini* özellikle Anadolu Çaprazının doğusunda yaygın olarak yetişir (Şekil 7).



Şekil 7. *Dianthus orientalis* subsp. *orientalis* (○), *D. orientalis* subsp. *nassireddini* (★) ve *D. orientalis* subsp. *aphanoneurus* (□)'un Türkiye'deki yayılışı

Detaylı inceleme ve kaynak taranması sonucu, Kayseri, Malatya ve Mersin'den toplanan örneklerin (Koç 1245 ve 3941, Hamzaoğlu 6947 ve 6988) “Flora Iranica”ya göre İran’ın güneybatısından bilinen *Dianthus orientalis* subsp. *aphanoneurus* taksonuna ait olduğuna karar verilmiştir (Şekil 7). “Flora of Turkey and the East Aegean Islands” adlı eserde, *D. orientalis* türüne ait dip notta Nur Dağlarında (Amanos) 10 veya daha fazla kaliks puluna sahip bazı örneklerin varlığından bahsedilmiştir. Ancak bu

örnekler subsp. *aphanoneurus* yerine *D. sinaicus* Boiss.'e benzetilmiştir. *D. sinaicus*, Nur Dağlarından kuş uçuşu yaklaşık 600 km güneyde olan Sina yarımadasında yetişir. Kayalık alanları tercih eden türde kaliks pulu sayısı 10'dur ((10-)12-14(-16) değil) ve petal ayası ebarbulattır (barbulat değil) (Post, 1932; Reeve, 1967; Rechinger, 1988). Türkiye için yeni kayıt olan *D. orientalis* subsp. *aphanoneurus* ile subsp. *nassireddini*, özellikle kaliks pulu sayısı bakımından farklılık gösterir (Tablo 2).

Tablo 2. *Dianthus orientalis* subsp. *aphanoneurus* ve *D. orientalis* subsp. *nassireddini*'nin ayırteci morfolojik karakterleri

Karakter	<i>D. orientalis</i> subsp. <i>aphanoneurus</i>	<i>D. orientalis</i> subsp. <i>nassireddini</i>
Alt yaprak	erken kuruyucu/dökülücü	kalıcı
Orta yaprak kıvrımı	boyu eninin 2-3 katı kadar	boyu eninin en fazla 1.5 katı kadar
Kaliks pulu sayısı	(10-)12-14(-16) adet	((4-)6(-8) adet

TEŞEKKÜR

Türkiye florası için yeni kayıt olarak tanıtılan *Dianthus azkurensis* ve *Dianthus orientalis* subsp. *aphanoneurus*, TÜBİTAK tarafından desteklenen “Türkiye *Dianthus* cinsi (Caryophyllaceae) revizyonu” adlı ve KBAG-111T873 kodlu proje kapsamında toplanmıştır. Maddi desteği nedeniyle TÜBİTAK’a teşekkür ederiz. Ayrıca, bazı *Dianthus* herbaryum örneklerini incelediğimiz GAZI (Gazi Üniversitesi), ANK (Ankara Üniversitesi ve HUB (Hacettepe Üniversitesi) herbaryum sorumluları ile bazı *Dianthus* örneklerine ait detaylı fotoğrafları incelediğimiz E (Edinburgh) ve K (Kew) sanal herbaryum sorumlularına teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Bacchetta G, Brullo S, Casti M, Giusso del Galdo GP 2010. Taxonomic revision of the *Dianthus sylvestris* group (Caryophyllaceae) in central-southern Italy, Sicily and Sardinia. *Nordic Journal of Botany*, 28(2): 137-173.
- Bittrich V 1993. Caryophyllaceae. (The Families and Genera of Vascular Plants, Magnoliid, Hamamelid, and Caryophyllid Families, Springer, Berlin: Ed. Kubitzki K, Rohwer J, Bittrich V) Vol. 2: 206-236.
- Boissier E 1867. *Flora Orientalis*. H. Georg, Geneva and Basel, Vol. 1: 479-516.
- Constantinidis T 1999. *Dianthus haematocalyx* subsp.

- phitosianus* (Caryophyllaceae), a new serpentine endemic from Greece. *Phyton*, 39(2): 277-291.
- Dalci M 1986. Morphological studies and new synonyms of some species in *Dianthus* L. DOĞA Turkish Journal of Biology (Botany), 10(2): 138-159.
- Dequan L, Turland NJ 2001. *Dianthus* L. (Flora of China, Science Press and Missouri Botanical Garden Press, Beijing and St. Louis: Ed. Jussie AL) Vol. 6: 102-107.
- Hamzaoğlu E, Koç M, Aksoy A 2014. A new pricking Carnation (Caryophyllaceae) grows on tuff from Turkey: *Dianthus aculeatus* sp. nov. *Biological Diversity and Conservation*, 7(2): 159-162.
- Hamzaoğlu E, Koç M 2015. *Dianthus burdurensis* (Caryophyllaceae), a new species from South-western Turkey. *Phytotaxa*, 233(2): 196-200.
- Hamzaoğlu E, Koç M, Büyük İ 2018. Two new spiny species of *Dianthus* (Caryophyllaceae) from Turkey. *KSU Journal of Agriculture and Nature*, 21(4): 545-554.
- Hamzaoğlu E, Koç M, Aksoy A 2015a. *Dianthus aticii*, a new species from Turkey (Caryophyllaceae). *Phytokeys*, 48: 21-28.
- Hamzaoğlu E, Koç M, Büyük İ, Aksoy A, Soydam Aydın S 2015b. Presence of *Dianthus roseoluteus* Velen. (Caryophyllaceae) in Turkey and a new species: *Dianthus macroflorus* Hamzaoğlu. *Systematic Botany*, 40(1): 208-213.
- Hamzaoğlu E, Koç M, Büyük İ, Aksoy A, Soydam Aydın S 2015c. A new serpentine-adapted carnation (Caryophyllaceae) from Turkey: *Dianthus serpentinus* sp. nov. *Nordic Journal of Botany*, 33(1): 57-63.
- İlçim A, Behçet L, Mükemre M 2013. *Dianthus vanensis* (Caryophyllaceae), a new species from Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 37(2): 219-224.
- Mabberley DJ 2008. *Mabberley's Plant-book: a portable dictionary of plants, their classification and uses*. Cambridge University Press, Cambridge, third edition, 1021s.
- Özhatay N, Kültür Ş 2006. Check-list of additional taxa to the supplement Flora of Turkey III. *Turkish Journal of Botany*, 30(4): 281-316.
- Post GE 1932. *Flora of Syria, Palestina and Sinai*. Syrian Protestant College, Beirut, Vol. 1: 154-160.
- Rechinger KH 1988. *Dianthus* L. (Flora Iranica, Akademische Druck-u Verlagsanstalt, Graz: Ed. Rechinger KH) Caryophyllaceae II: 128-188.
- Reeve H 1967. *Dianthus* L. (Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Edinburgh University Press, Edinburgh: Ed. Davis PH) Vol. 2: 99-131.
- Schischkin BK 1985. *Dianthus* L. (Flora of the U.S.S.R., Bishen Singh Mahendra Pal Singh & Koeltz Scientific Books, Dehra Dun: Ed. Schischkin BK) Vol. 6: 611-654.
- Thorne RF, Reveal JL 2007. An updated classification of class Magnoliopsida (Angiosperm). *The Botanical Review*, 73(2): 67-182.
- Vaezi J, Behroozian M, Memariani F, Joharchi MR 2014. *Dianthus pseudocrinitus* (Caryophyllaceae), a new species from Northeast of Iran identified by morphological and molecular data. *Phytotaxa*, 156(2): 59-73.
- Valente LM, Savolainen V, Vargas P 2010. Unparalleled rates of species diversification in Europe. *Proceedings of The Royal Society B: Biological Sciences*, 277(1687): 1489-1496.
- Williams FN 1893. A monograph of the genus *Dianthus*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 29(203): 346-378.

Orta Kızılırmak Vadisi'nde Üretici Şartlarında Yerel Kuru Fasulye Popülasyonlarının Doğal Kaynak Ekonomisi Açısından Genel Değerlendirilmesi

Mustafa KAN¹, Ömer SÖZEN², Arzu KAN³, Ufuk KARADAVUT⁴, Mehmet YAĞMUR⁵

^{1,3}Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Kırşehir, ^{2,5}Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kırşehir, ⁴Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Kırşehir

¹<https://orcid.org/0000-0001-9198-5906>, ²<https://orcid.org/0000-0001-5528-7887>, ³<https://orcid.org/0000-0003-0788-6281>,

⁴<https://orcid.org/0000-0001-5362-7585>, ⁵<https://orcid.org/0000-0002-0136-4637>

✉: mustafa.kan@ahievran.edu.tr

ÖZET

Ana vatanı olmadığı halde kuru fasulye için mikro gen merkezlerine sahip olan Türkiye, hem genetik çeşitlilik hem de yemek kültürü açısından önemli bir ülkedir. Araştırmada Türkiye'de kuru fasulye için önemli bir yere sahip olan Orta Kızılırmak Vadisi'nde yerel kuru fasulye popülasyonları (YKFP) üretimi yapan 140 üretici ile yüz yüze görüşülerek anket soru formları doldurulmuştur. Üreticiler tarla tipi üretim (TTÜ) yapan ve bahçe tipi üretim (BTÜ) yapanlar olarak iki gruba ayrılmıştır. Bu çalışma ile YKFP üreticilerinin bu popülasyonları tercih nedenleri ve üretmiş oldukları YKFP'nin genel karakteristikleri ortaya konulmuştur. Ayrıca üreticilerin bu tür yerel ürünlere ekonomik (kırsal kalkınmanın ekonomik boyutu) ve genetik kaynak (doğal kaynak) açısından bakış açıları araştırılmıştır. Sonuç olarak, araştırma bölgesinde üreticilerin iki yıllık üretim dönemleri değerlendirilmiş ve yerel kuru fasulye ekim alanında daralmanın olduğu (yaklaşık %50) tespit edilmiştir. Yerel popülasyonların ve genetik kaynakların korunmasında küçük çiftçilerin önemli rol oynadığı ve daha hassas oldukları ve bu değerlerin korunmasında ve sürdürülebilir kullanımında ekonomik potansiyeli göz önüne alan çalışmalara ve politikalara ihtiyaç olduğu belirlenmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 21.12.2018

Kabul Tarihi : 04.02.2019

Anahtar Kelimeler

Genetik kaynaklar

Kırsal kalkınma

Yerel popülasyon

Üretim stratejisi

General Evaluation of Dry Bean Landraces in Farmers' Field in Terms of Natural Resource Economics in The Middle Kızılırmak Valley of Turkey

ABSTRACT

Albeit it is not the homeland of dry beans, Turkey is an important country by having its micro-gene centers, genetic diversity and food culture. This research was conducted in Middle Kızılırmak Valley where we have important place for dry bean production. In the study, 140 dry bean landrace (DBL) producers interviewed face to face for fulfilling the questionnaire forms. The producers divided into 2 groups as home garden type producers (HGP) and field type producers (FP). In this study, the general characteristics of DBL producers and produced DBL, and the reasons for choosing these populations were determined. In addition, the producers' perspectives in terms of economic (economic aspect of rural development) and genetic resources (natural resources) have been investigated. As a result, 2-year production periods of the DBL producers in the research area were evaluated and it was found that there was a contraction in the dry bean landrace production area (about 50%). It has been determined that small farmers play an important role in the conservation, and they are more sensitive in the protection of genetic resources. We need to have more studies and policies that include conservation and sustainability with economically better potentials.

Research Article

Article History

Received : 21.12.2018

Accepted : 04.02.2019

Keywords

Genetic resources

Rural development

Landraces

Production strategy

GİRİŞ

Toprak, hava, su gibi temel doğal kaynaklardan biri olarak görülen genetik kaynaklar (Şehirli ve ark., 2005; Karagöz ve ark., 2010) gelecek neslin devamlılığının sağlanmasında elzem unsurlardan biridir. İktisat biliminin tanımında yer alan sınırsız ihtiyaçların sınırlı üretim kaynakları ile elde edilmesi sırasında doğal kaynakların günümüz dünyasında artık eskisi gibi sınırsız olmadığı, sürdürülebilirlik kavramı ve çevre ile özdeşleştiği görülmektedir. Günümüzde artık ülkelerin önemli politikaları içerisinde genetik kaynaklar ve biyoçeşitliliğin korunması ile devamlının sağlanması yer almaktadır. Bu bağlamda ülkelerin zenginliği ve geleceğinin garantisi sahip olduğu başta hava, su, toprak, genetik kaynakların varlığı ve kalitesi ile yakından ilişkili olacaktır.

Doğal kaynakların varlığı ve kalitesi kadar sürdürülebilir bir şekilde kullanılması ve korunması da önemlidir. Bu nedenle ekonomi biliminin yakın zamanda çevre ile entegrasyonu, kalkınma kavramının sürdürülebilir terimi ile kullanılması var olan doğal kaynak mirasının geleceğe aktarılması gerekliliğinden doğmaktadır. Yeni iktisadi düşünce devam eden bir fayda anlayışının anlık fayda anlayışından daha önemli olduğuna dikkat çekmektedir. 20. yüzyılın ikinci yarısında uluslararası arenada gündeme gelen ve Roma Kulübü tarafından hazırlanan "Büyümenin Sınırları" isimli raporda devam eden büyümenin yanlış olduğu ve yüzyıllık bir zaman diliminde çevre kirliliği, küresel iklim değişikliği gibi nedenlerle duracağı belirtilmiştir. Dünya artık yeşil ekonomi denilen bir sürece girmiş ve bu süreç 2009 ve 2011 yıllarında Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından yayınlanan raporlar ile yeni bir içerik kazanmıştır (UNEP, 2011). Dolayısıyla çevrenin ve buna bağlı olarak doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını göz ardı eden hiçbir yaklaşımın uzun dönemde verimli olmayacağı açıkça görülmektedir.

Türkiye, doğal kaynaklar içinde değerlendirilen genetik kaynaklar konusunda özellikle bitki genetik kaynakları açısından eşsiz bir coğrafyada bulunmaktadır (Tan, 1998). Türkiye, ayrıca birçok bitki türünün anavatanı olmasa da uzun yıllardır bu bitkilerin yetiştiriciliğini yapması nedeni ile önemli bir kültüre sahiptir. Bu türlerden biri olan fasulye FAOSTAT 2017 yılı verilerine göre 136.947 ha üretim alanı (%65.48'i kuru fasulye) ile Türkiye için önemli olup, Türkiye yıllık kuru fasulye üretim miktarı 235000 ton, verimi ise 2654 kg ha⁻¹'dir. (FAOSTAT, 2018). Türkiye kuru fasulye ekim alanı bakımından İç Anadolu Bölgesi ilk sırada yer alırken, bunu Karadeniz (Samsun, Gümüşhane) ve Ege Bölgesi (Kütahya, Balıkesir, Bursa) izlemektedir (TÜİK, 2018). Yıllık kişi başı tüketim miktarı 3-4 kg olup,

Türkiye, ihtiyacı olan kuru fasulyeyi ithalat yolu ile genellikle Arjantin, Kırgızistan, Kanada ve ABD'den karşılamaktadır (ZMO, 2018). Türkiye 2005 yılından itibaren kuru fasulye açısından net ithalatçı olan bir ülke konumuna geçmiştir (ZMO, 2018).

Kuru fasulyenin ana vatanı olmasa da Türkiye'de kuru fasulye tarımının diğer yemeklik tane baklagillerden sonra başladığı ve yaklaşık 200 yıldan beri kültürünün yapıldığı tahmin edilmektedir (Aydoğan ve ark., 2015). Türk insanı gerek kuru fasulye üretimi gerekse tüketimi açısından önemli bir kültüre sahiptir (Sözen ve ark., 2012; Sözen ve Bozoğlu, 2013). Söz konusu kültür kuru fasulyenin çok uzun süredir ülke içerisinde birçok bölgede yetiştirilmesine olanak sağlarken gerek bölgeler arasında gerekse çeşitler arasında varyasyonun oluşmasına imkan vermiştir.

Günümüzde dünyada birçok ülkede görülen genetik erozyon sorunu ile Türkiye'nin de karşı karşıya kaldığı belirtilmektedir (Kan ve ark., 2016). Yerel çeşitlerin korunması ve devamlılığının sağlanması çok sayıda ülke için önemli bir tarım politikasını oluşturmaktadır. Üreticilerin yerel çeşit ve popülasyonları üretmek yerine modern çeşitlere yönelmiş olması, genetik kaynaklar açısından önemli olan bu bitki popülasyonlarının yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalmasına neden olmuştur. Bu nedenle, XIX. yüzyılın başlarında bu tehlikenin bilincine varan pek çok ülkede bitki genetik kaynakları ve çeşitlilik düzeyleri tespit edilmeye ve muhafaza altına alınmaya başlanmıştır (Balkaya ve Yanmaz, 2001).

Türkiye'de diğer bitkilerde olduğu gibi kuru fasulye bitkisi için de ıslah çalışmaları hızlı bir şekilde ilerlemektedir. 2018 Eylül ayı itibarıyla Türkiye'de Tarım ve Orman Bakanlığı, diğer kurum ve kuruluşlar ile özel sektöre ait 3 adet üretim izinli ve 36 adet tescilli kuru fasulye çeşidi bulunmaktadır (TTSM, 2018). Geliştirilen yeni çeşitler büyük üretim alanlarında üretim yapan çiftçiler için önemli bir tercih sebebinin oluştururken, küçük alanlarda geçimlik üretimde bulunan üreticiler genellikle yerel popülasyonları (çoğunlukla bir önceki yıldan elinde kalan tohumları) üretme eğiliminde olmaktadır. Yeni geliştirilen çeşitlerin verim potansiyelinin yüksek oluşu yerel popülasyonların kaybolmasındaki en önemli etkenlerin başında gelmektedir. Türkiye'de gerek yerel popülasyonların kaybolması gerekse baklagil üretimindeki azalmaların başlıca sebepleri arasında maliyet yüksekliği, uygun olmayan fiyat politikaları, fiyat dalgalanmaları, örgütlenme sorunu ve ayrıca dölleme probleminden kaynaklanabilen verim düşüklüğü yer almaktadır (Gaytancıoğlu, 2003; Gündüz ve Esengün, 2004; Aydoğan ve ark., 2015; Hasdemir ve ark., 2015; Bolat ve ark., 2017).

Son yıllarda genetik kaynak olarak ıslah çalışmalarında önemli bir materyal olan yerel popülasyonlar aynı zamanda kırsal kalkınmada

kullanılabilecek bir araç niteliğindedir. Hatta Türkiye’de birçok bölgede yerel kuru fasulye popülasyonları yetiştirildikleri alan ile özdeşleşmiş ve geleneksel çeşitler arasına girmeye başlamıştır. Bunun yanı sıra Türkiye’de Coğrafi İşaret sistemi içerisinde çeşit olarak tescillenen kuru fasulye popülasyonları bulunurken (İspir Fasulyesi, Hınıs Kuru Fasulyesi, Çameli Fasulyesi, Akkuş Şeker Fasulyesi vb.), yemek olarak tescillenen kuru fasulye yemekleri de bulunmaktadır (Çayeli Kuru Fasulye Yemeği, Antalya Piyazı vb) (TÜRKPATENT, 2018). Kuru fasulye ürünü açısından çeşitliliğimizin bir kültüre dönüşmesi ve bu kültürün markalaşma yolunda farklı sistemlerle korunma altında olması kırsal alanda genetik kaynakların korunması ve katma değer oluşturulması açısından önem taşımaktadır.

Bu çalışma ile halen yemeklik tane baklagil üretiminde geçimlik üretimin yaygın olduğu Türkiye’de yerel kuru fasulye popülasyonları üretimi yapan üreticilerin ürettikleri yerel popülasyonları tercih etme nedenleri ortaya konulmuştur. Çalışma, Orta Kızılırmak Vadisi’nde yürütülmüş olup, biyolojik

çeşitlilik açısından dünyada önemli bir yeri olan Türkiye’de (Davis ve ark., 1988; Ekim, 2005; Özhatay ve Kültür, 2006; Özhatay ve ark., 2009) YKFP yetiştiren üreticilerin genel durumlarının ortaya konulması (işletme tipolojisi), yerel popülasyonlara genetik kaynakların korunması yönü ile bakış açılarının belirlenmesi, üretmeyi tercih ettikleri bu popülasyonların genel özelliklerinin ve tercih etme nedenlerinin neler olduğu gibi hususların doğal kaynak ekonomisi açısından değerlendirilmesini amaçlamaktadır.

MATERYAL ve METOD

Çalışmanın ana materyalini Orta Kızılırmak Havzası içinde yer alan toplam 8 ilde (Ankara, Aksaray, Çankırı, Kayseri, Kırıkkale, Kırşehir, Nevşehir, Sivas) 140 adet YKFP üreticisi ile yapılan anket çalışması verileri oluşturmaktadır (Şekil 1). Üreticiler, 2016 yılında ön çalışma ile önceden belirlenmiş olup, üreticilerin %78.21’ine ulaşılabilmektedir. YKFP üretimi yapan aynı hanede yer alan hem aile reisi erkek hem de kadınla anket soru formları yüz yüze görüşülerek doldurulmuştur.



Şekil 1. Araştırma alanının haritası

Çalışmada YKFP üreticisi işletmeler YKFP yetiştirme şekillerine göre bahçe tipi üretim (BTÜ) ve tarla tipi üretim (TTÜ) şeklinde ikiye ayrılmıştır. BTÜ şeklindeki üretim, evin önündeki bahçede ve genellikle 0.1 ha altı alanlarda yapılan üretim şekli olup, TTÜ ise genelde 0.1 ha ve daha geniş arazilerde yapılan bir üretim şeklini temsil etmektedir. Çalışmada yapılan analizlerde bu iki tip ayrım dikkate alınmıştır. Ayrıca çalışmada kesikli değişkenlerin analizinde değişkenlerin birbirlerinden bağımsız olup olmadıklarına dair bilgi edinme amacıyla Ki-Kare Bağımsızlık testinden yararlanılmıştır (Çömlekçi, 2001). Sürekli değişkenlerin analizinde ise iki seviyeli gruplar için parametrik durumlarda T Testi, parametrik olmayan durumlarda ise Mann-Whitney Testi (M-W) uygulanmıştır. İki den fazla seviyeye sahip gruplar arasında istatistiki olarak önemli bir fark

bulunup bulunmadığını belirlemek için parametrik durumlarda Varyans Analizi, parametrik olmayan durumlarda ise Kruskal-Wallis Testi’nden yararlanılmıştır. İstatistiki olarak önemli fark bulunması durumunda farklılığın hangi gruptan kaynaklandığını ortaya koymak için ise Çoklu Karşılaştırma Yöntemlerinden Duncan Analizi uygulanmıştır (Kesici ve Kocabaş, 2007).

BULGULAR ve TARTIŞMA

YKFP Üreten Tarım İşletmelerinin Genel Özellikleri

Araştırma alanı içerisinde YKFP üretimi ile uğraşan işletmelerin genel tarımsal yapılarını ortaya koymak için tarımsal faaliyetleri ve bu faaliyetler içerisinde yerel kuru fasulye üretiminin yeri belirlenmeye çalışılmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. YKFP yetiştiren tarım işletmelerinin arazi kullanımının illere göre dağılımı

	Aksaray	Ankara	Çankırı	Kayseri	Kırıkkale	Kırşehir	Nevşehir	Sivas	Ort.
Arazi Varlığı (Ha)	55.51	17.50	19.85	37.79	20.58	69.02	24.58	15.85	28.07
Sulu Arazi Varlığı (Ha)	9.76	4.19	1.23	7.94	6.65	10.28	9.73	1.60	5.70
Sulu Mülk Arazi Varlığı (Ha)	1.84	2.49	1.23	4.48	5.47	4.57	5.88	0.90	3.27
Mülk Arazi Varlığı (Ha)	7.99	10.94	11.39	17.50	13.46	21.53	18.17	6.92	12.76
Ortakçılıkla Kullanılan Arazi Varlığı (Ha)	0.04	2.18	7.28	0.10	1.81	8.78	1.70	0.12	1.91
Kiralanan Arazi Varlığı (Ha)	47.48	4.38	1.19	20.20	5.31	38.71	4.71	8.82	13.40
Sulanan YKFP Arazisi (Ha)	0.77	1.08	0.03	1.03	0.69	2.69	0.41	0.13	0.73
Toplam YKFP Arazisi (Ha)	0.77	1.08	0.60	1.03	0.76	2.78	0.42	0.13	0.78
YKFP Araz. Toplam Arazi İçindeki Oranı (%)	1.39	6.14	3.02	2.73	3.67	4.02	1.71	0.83	2.79
YKFP Araz. Toplam Sulu Arazi Varlığı İçindeki Oranı (%)	7.88	25.64	48.98	12.98	11.36	27.02	4.32	8.21	13.76

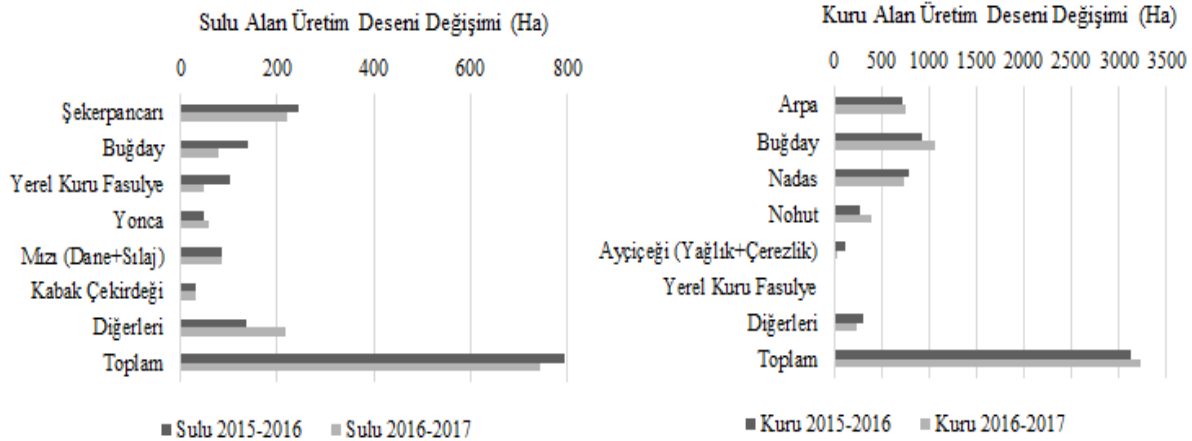
Çizelge 1 incelendiğinde Aksaray, Kayseri ve Kırşehir illerindeki YKFP üreticilerinin büyük arazilerde üretim yaptıkları ve bu arazilerin %50'sinden fazlasının ise kiralık olduğu belirlenmiştir. Tarım işletmelerinin toplam işletme arazisinin %3'ünden daha azını YKFP üretimi oluşturmaktadır. Kuru fasulye üretiminin sulu üretim sistemine dayanan yemeklik tane baklagil bitkisi olması nedeni ile toplam sulanan arazi içinde YKFP'nin payı incelendiğinde %4.32 (Nevşehir) ile %48.98 (Çankırı) arasında değiştiği, genel işletmeler ortalamasında ise %13.76 olduğu hesaplanmıştır.

YKFP Üreten Üreticilerin Genetik Kaynak Algısı

Araştırma alanında üreticilerden toplanan YKFP sadece ürün olarak değil genetik kaynak açısından da önemli bir materyaldir. Dünyada genetik kaynakların korunması çalışmalarını kapsamında önemli bir yeri

olan *in situ* muhafaza (yerinde muhafaza) ülkelerin tarım politikalarında günden güne daha fazla yer tutmaktadır. Bu nedenle genetik kaynakları gerek kendi ihtiyaçları gerekse ticari amaçla üreten üreticilerin desteklenmesi ve söz konusu materyallerin genetik erozyona uğramaması açısından önemlidir. Araştırma alanında görüşülen işletmelerde YKFP'nin öncelikle ev ihtiyacının giderilmesi amacı ile üretimlerinin yapıldığı belirlenmiştir.

Dolayısıyla bu çeşitlerin lezzet, tat ve aroma gibi unsurlar açısından tüketicinin damak tadına uygun olması nedeniyle üretilmesi öncelikli tercih nedenini oluşturmaktadır. Fakat kuru fasulye üretiminde başta fazla işgücü gerektirmesi gibi sorunlar üreticide üretime devam etme istekliliğini düşürmektedir. Bu nedenle araştırma alanında son iki yıl içinde üreticilerin üretim desenleri belirlenmiş ve üretim desenindeki değişim ortaya konulmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. YKFP yetiştiren tarım işletmelerinde üretim deseninin değişimi (2015-2016 ve 2016-2017 üretim sezonu)

Sulu üretim sisteminde şekerpancarı, buğday, kuru fasulye ve mısır başlıca üretilen bitkiler iken, kuru üretim sisteminde ise daha çok nadas sistemi içerisinde arpa, buğday, nohut başlıca bitkiler olarak belirlenmiştir. Görüşülen YKFP yetiştiren üreticilerden elde edilen iki yıllık (2015-2016 ve 2016-2017) üretim dönemi içerisinde değişimlere bakıldığında sulu üretim sistemi içerisinde YKFP ve buğday üretiminde yarı yarıya bir azalma göze çarpmaktadır. Toplamda ise üreticilerin sulu üretim sisteminden uzaklaşarak kuru üretim sistemini uygulamaya başladıkları görülebilir. Bir diğer bulgu ise üreticilerin %41.43'ünün üretim alanlarını küçültmesi olup, araştırma bölgesinde üreticiler ile yapılan görüşmelerde her ne kadar üretim sistemleri farklı olsa da nohudun kuru fasulye üretimine tercih edildiği belirlenmiştir. Şekil 2'den de görüleceği üzere 2016-2017 üretim döneminde nohut üretim alanı %46.03 oranında artmaktadır. Nohut üretiminin makineli tarıma daha fazla uygun olması bu artışın önemli nedenlerinden biridir.

Bölgede yerel kuru fasulye üretimindeki gerilemede kuru fasulye tarımındaki zorlukların yanı sıra üreticilerin genetik kaynaklara ve yerel popülasyonlara bakış açısı da etkilidir.

Çizelge 2'de üreticilerin genetik kaynaklara ve yerel popülasyonlara bakış açısını değerlendirmek amacı ile bazı sorular ve bu sorulara karşılık üreticilerin verdiği cevaplar sunulmuştur. Çizelge 2 incelendiğinde tarla tipi üretiminde bulunan üreticilerin bahçe tipi üretimde bulunan üreticilere göre üretimi daha fazla ticari amaçlı düşünmelerinden dolayı bu popülasyonlara bakış açılarının daha çok verim ve fiyat odaklı olduğu belirlenmiştir. Küçük üreticiler ise yerel popülasyonlar için bakış açısı daha fazla korunması gereken, bunların ekonomik kazanç sağlamada alternatif bir üretim olacağı, bu üretim şeklinden para kazanılabileceği ve bu popülasyonların özel genler barındırdığı şeklinde olduğu için daha hassastırlar.

Tarımsal biyoçeşitlilik kırsal alanda yaşayan topluluklar tarafından geleneksel ekolojik tarımsal yöntemler ve uygulamalarla korunabilmekte ve sürdürülebilir kılınmaktadır. Ancak günümüzde, küresel öneme sahip birçok doğa ve insan dostu ekolojik tarımsal üretim ve bilgi sistemleri ile biyoçeşitlilik ve bunların yarattığı hizmet ve ürünler çiftçi aileleri tarafından artık önemsenmemiş, pazara ulaşamama, yerel tarım tekniklerinin modern teknikler ile yer değiştirmesi, örgütlenme ve kurumsal finansman desteği yetersizlikleri gibi faktörler nedeniyle ciddi tehdit altındadır (Kan ve ark., 2016). Dünyanın karşı karşıya kaldığı bu tehdit genetik erozyon, kültürel erozyon gibi birçok isimlerle tanımlanmaktadır. Dolayısıyla var olan bu mirasın korunması gerekliliği nedeniyle birçok kalite ve orijin

odaklı etiketleme ya da koruma sistemleri geliştirilmiştir. Coğrafi işaret sistemi, küresel öneme sahip tarımsal miras sistemleri, dağlık ürün, ada ürünü gibi değişik ülkelerdeki farklı uygulamalar yerel ürünler başta olmak üzere yerel bilginin ve hatta genetik kaynakların korunmasını ve sürdürülebilir kılınmasını hedeflemektedir. Türkiye'de coğrafi işaret tescil sistemi konusunda yasal mevzuata sahip olan ve bu sistemi ulusal ve uluslararası arenada tescil ettirdiği ürünlerle devam ettirmeye çalışan ülkelerden biridir. Türkiye'de Kasım 2018 itibari ile ulusal sistemde coğrafi işaret tescilli 797 ürün bulunmakta olup, bu ürünlerden 11 adedi fasulye ile ilgilidir. Bunlardan 4 tanesi başvuru aşamasında olup tescilli olanlardan sadece 1 tanesi mahreç işaretine sahip iken 6 tanesi menşei işaretine sahiptir. Ayrıca tescilli fasulyelerin hepsi kuru fasulyedir (TÜRKPATENT, 2018).

Anavatanı olmamasına rağmen bu kadar zengin bir varyasyona sahip ve yerel özellik kazanmış kuru fasulyelere sahip Türkiye'de biyoçeşitliliğin korunmasında ekonomik araçların kullanılması önemlidir. Yerel popülasyonlarla ilgili yapılan çalışmalarda popülasyonların önemini kaybetmesindeki en önemli nedenlerin başında verim düşüklüğü gösterilmektedir (Ehdaie ve ark., 1988; Blum ve ark., 1989; Kan ve ark., 2016). Bu durum, yerel kuru fasulye popülasyonlarının kalitesi, bölgeye adaptasyonu, lezzet ve tatları gibi farklı kalite parametrelerine sahip olmaları ve insanların yerel ürünler üzerindeki pozitif yönlü algısı ve buna bağlı olarak bu tür ürünlere daha fazla ödeme istekliliği gibi hususlar göz önüne alındığında aşılamayacak bir problem değildir. Dolayısıyla bu ürünlerin kırsal alanlar için kalkınmada önemli bir rol oynayacağı düşünülmeli ve ekonomik olarak değerlendirilmelidir.

Bu kapsamda üreticilerin yerel çeşitleri ekonomik bir değer olarak görüp görmedikleri sorulduğunda bahçe tipi YKFP üretimi yapan işletmelerin tarla tipi YKFP üretimi yapan işletmelere göre yerel çeşitlerden ticari bir kazanç sağlama konusunda daha pozitif oldukları gözlemlenmiştir. Bahçe tipi YKFP üreticilerinin %52.83'ü, tarla tipi YKFP üreticilerinin ise %34.48'i yerel popülasyonlardan para kazanılabileceği düşüncesinde olup, bahçe tipi YKFP üreticilerinin %24.52'i, tarla tipi YKFP üreticilerinin ise %34.48'i yerel popülasyonlarla birlikte ticari çeşitlerin üretimini iyi bir strateji olarak nitelendirmişlerdir (Çizelge 2). Çizelge 2'den de görüleceği üzere yerel çeşitlerin korunmasında üreticilerin daha fazla sorumluluk alması gerektiği konusunda Bahçe tipi YKFP üreten işletmeler daha hassastır. Bu üreticiler aynı zamanda sahip oldukları arazi büyüklüğü bakımından da tarla tipi YKFP üretim yapan işletmelere göre yaklaşık yarı yarıya daha küçüktür (Bahçe Tipi: 8.83 ha, Tarla Tipi: 15.15 ha).

Çizelge 2. Üreticilerin yerel popülasyon ve genetik kaynak algısı

Değişkenler		Yetiştirme Tipi (%)			Ki Kare Değeri		
		Bahçe Tipi	Tarla Tipi	Ortalama			
Yerel Çeşitlerin Genel Durumuna Bakış	Yerel çeşitlerin/popülasyonların içinde çok özel genlerin olduğunu düşünüyorum	Kesinlikle Katılmıyorum	1.89	12.64	8.57	13.14**	
		Katılmıyorum	0.00	6.90	4.29		
		Kararsız	37.74	29.89	32.86		
		Katılıyorum	33.96	17.24	23.57		
		Kesinlikle Katılıyorum	26.42	33.33	30.71		
	Yerel çeşitlerin/popülasyonların yerini birçok durumda ticari çeşitler almıştır	Kesinlikle Katılmıyorum	9.43	9.20	9.29	7.38	
		Katılmıyorum	5.66	2.30	3.57		
		Kararsız	15.09	19.54	17.86		
		Katılıyorum	39.62	21.84	28.57		
	Bölgede yerel çeşitlerin/popülasyonların kaybolmasında piyasaya/bölgeye çok fazla ticari çeşit girmesi etkilidir	Kesinlikle Katılmıyorum	0.00	6.90	4.29	21.51***	
		Katılmıyorum	0.00	5.75	3.57		
		Kararsız	22.64	4.60	11.43		
		Katılıyorum	26.42	12.64	17.86		
	Yerel çeşitler/popülasyonlar geliştirilmiş çeşitlere göre bölgeye daha adapte olmuş durumda	Kesinlikle Katılmıyorum	0.00	11.49	7.14	11.40**	
		Katılmıyorum	3.77	9.20	7.14		
		Kararsız	7.55	3.45	5.00		
Katılıyorum		47.17	29.89	36.43			
Yerel çeşitlerin Korunmasına Bakış	Yerel çeşitlerin/popülasyonların korunması konusunda köyümüzde hassasiyet var	Kesinlikle Katılmıyorum	28.30	43.68	37.86	4.98	
		Katılmıyorum	16.98	10.34	12.86		
		Kararsız	16.98	10.34	12.86		
		Katılıyorum	28.30	22.99	25.00		
		Kesinlikle Katılıyorum	9.43	12.64	11.43		
	Yerel çeşitlerin/popülasyonların korunmasında çiftçi olarak sorumluyuz	Kesinlikle Katılmıyorum	3.77	8.05	6.43	3.72	
		Katılmıyorum	11.32	9.20	10.00		
		Kararsız	15.09	13.79	14.29		
		Katılıyorum	39.62	27.59	32.14		
	Bu çeşitleri/popülasyonları devlet korumalıdır. Çiftçinin yapacağı bir şey yok	Kesinlikle Katılmıyorum	18.87	9.20	12.86	6.97***	
		Katılmıyorum	24.53	17.24	20.00		
		Kararsız	13.21	8.05	10.00		
		Katılıyorum	16.98	25.29	22.14		
	Yerel Çeşitlere Ekonomik Bir Değer Olarak Bakış	Bu çeşitler/popülasyonlar sadece ev ihtiyacı için üretiliyor. Bunlardan para kazanılmaz.	Kesinlikle Katılmıyorum	18.87	22.99	21.43	8.04*
			Katılmıyorum	37.74	21.84	27.86	
			Kararsız	15.09	12.64	13.57	
Katılıyorum			13.21	9.20	10.71		
Kesinlikle Katılıyorum			15.09	33.33	26.43		
Sadece yerel çeşitleri/popülasyonları üretmek iyi bir strateji değil. Muhakkak ticari çeşitler ile birlikte üretilmeli		Kesinlikle Katılmıyorum	16.98	25.29	22.14	14.10***	
		Katılmıyorum	26.42	25.29	25.71		
		Kararsız	32.08	14.94	21.43		
		Katılıyorum	20.75	12.64	15.71		
		Kesinlikle Katılıyorum	3.77	21.84	15.00		

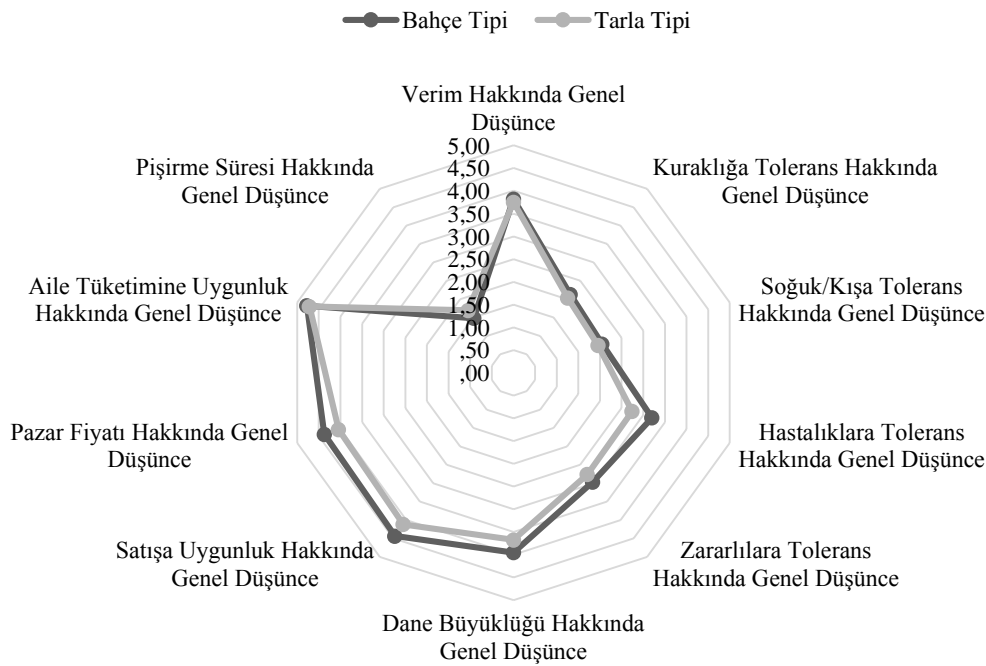
*%90 Güven sınırında; ** %95 Güven sınırında; ***%99 Güven sınırında istatistik olarak anlamlıdır.

Küçük işletmelerin bu hassasiyeti yerel popülasyonların ve hatta genetik kaynakların korunmasında söz konusu geçimlik üretim yapan işletmelerin daha önemli rol oynadıklarını göstermektedir. Bu konuda elde edilen sonuçlar, Kan ve ark. (2016)'nın Türkiye'de yerel buğday popülasyonları yetiştiren üreticilerle yaptıkları çalışma ile de benzerlik göstermektedir.

YKFP Ait Bazı Üretim Özellikleri ve Bu Ürünlerin Üretim Tercihinde Etkili Faktörler

Araştırma bölgesinde farklı yerel isimlerle toplanan materyaller şekil, renk, boy gibi farklı fiziksel özelliklere sahip olmalarının yanı sıra üreticilerin bu

popülasyonları tercih etmesinde de farklı nedenler bulunmaktadır. Çeşit tercihinde çeşidin verim ve kalite gibi özelliklerinin yanı sıra pazarlanabilmesi ve pazardaki fiyat gibi ekonomik parametrelerde önem kazanmaktadır. Araştırma bölgesinde YKFP üreticilerinin YKFP'nın bazı verim, kalite ve ürünlerin pazarlanması ile ilgili düşünceleri Şekil 3'te sunulmuştur. Yapılan Mann Whitney U parametrik olmayan test sonucunda popülasyonun hastalıklara dayanıklılığı (Z:-2.074, p:0.038), dane büyüklüğü (Z:-2.491, p:0.013), satışa uygunluğu (Z:-1.954, p:0.051) ve pazar fiyatı (Z:-1.881, p:0.060) değişkenleri bahçe tipi ve tarla tipi üretim şekline göre istatistiksel olarak önemli farklılık göstermektedir (Şekil 3).



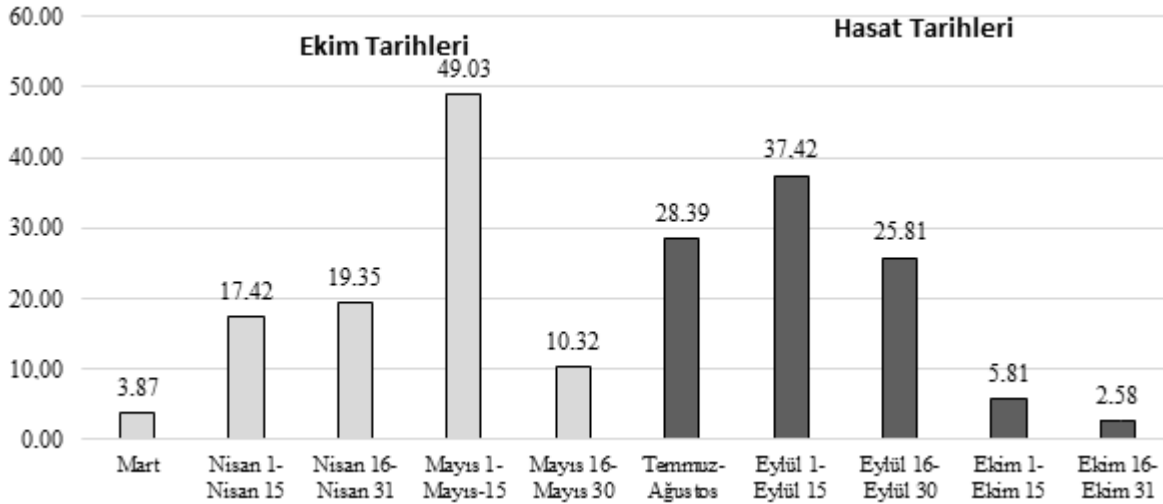
Şekil 3. Üreticilerin kullandıkları yerel kuru fasulye popülasyonları hakkındaki düşünceleri

Her iki tip üretim şeklinde bu çeşitlerin tercihinde en önemli hususlardan biri aile tüketimine uygunluktur. Kan ve ark. (2016) Türkiye'de yerel buğdaylarla ilgili yaptıkları çalışmada benzer bulgular elde etmiş olup, çalışmada yerel buğday popülasyonlarının tercihinde aile tüketimine uygunluk, tat, lezzet gibi hususların ilk sıralarda yer aldığı belirtilmiştir.

YKFP üreticilerinin üretim sürecindeki yetiştiricilik ile ilgili vermiş oldukları kararlar, bu popülasyonları tercih ederken üreticilerin dikkat ettikleri hususlar hakkında da genel bir bilgi vermektedir. Araştırma Bölgesinde üreticiler çoğunlukla ekim için ilkbahar geç donlarının geçmesini beklemektedir. Bu nedenle üreticilerin ilkbahar geç donları, yetiştirdikleri bölge rakımının yüksekliği gibi hususlar dikkate alındığında Mayıs ayının ilk iki haftasını ekim için tercih ettikleri belirlenmiştir. Hasat tarihleri ise genelde Eylül ayı içerisinde yapılmakta olup, bazı geçici çeşitler Ekim

ayına kadar tarlada kalabilmektedir (Şekil 4).

Yetiştirilen popülasyonların ortalama yetiştirme süreleri incelendiğinde ise bahçe tipi yetiştiricilik yapan üreticilerin ortalama YKFP yetiştirme süresi 127.10±2.93 gün, tarla tipi yetiştiricilik yapan üreticilerin yetiştirme süresi ise 134.41±2,04 gün olarak bulunmuştur. Yapılan t testi sonucu iki farklı tip üretim yapan işletmelerin yetiştirdikleri YKFP'nın yetiştirme sürelerinin istatistiksel olarak birbirinden farklı oldukları belirlenmiştir (t değeri: 2.254, p:0.036). Buna göre buradan iki farklı sonuç çıkmaktadır. Bahçe tipi YKFP yetiştiren üreticiler daha erkenci popülasyonları seçmekte ya da bu popülasyonların yetiştirildikleri üretim alanları tarla şartlarına göre daha fazla kontrollü olup yetiştirme periyotları kısalabilmekte ve bu popülasyonlar daha erken olgunlaşabilmektedir.



Şekil 4. Üreticilerin kullandıkları yerel kuru fasulye popülasyonlarının ekim ve hasat tarihlerinin dağılımı (%)

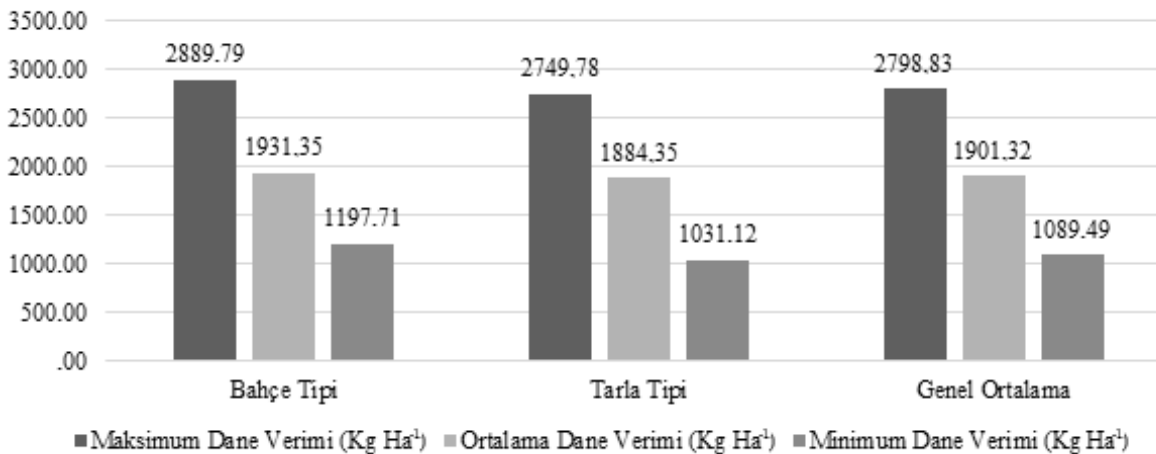
TÜİK verilerine göre Türkiye’de ortalama kuru fasulye verimi son beş yıllık dönem için incelendiğinde (2013-2017) ortalama 2502 kg ha⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Araştırma bölgesindeki iller için ise Nevşehir en verimli il iken (ortalama 3362 kg ha⁻¹), Aksaray ve Kırıkkale illeri Türkiye ortalamasına yakın (ortalama 2263 kg ha⁻¹) bir verime sahiptir. Ankara ve Kayseri illeri 1871 kg ha⁻¹ ve Kırşehir, Sivas ve Çankırı illeri ise 1396 kg ha⁻¹ ile kuru fasulye verimi son beş yılda en düşük verime sahip iller içerisinde yer almaktadır. Araştırma alanı genelinde son beş yıldaki verim değeri 1977 kg ha⁻¹ olarak hesaplanmıştır (TÜİK, 2018). Araştırma alanı incelendiğinde YKFP üreticilerinin genel olarak aldıkları ortalama verim 1901 kg ha⁻¹ olarak belirlenmiş olup, bu değer TÜİK tarafından belirtilen 2017 yılı bölge verim ortalamasına yakın fakat Türkiye verim ortalamasından daha düşüktür (Şekil 5).

YKFP üretici tiplerine göre verimler arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($t_{maks.}$: 0.572; $t_{ort.}$: 0.265; $t_{min.}$: 1.151). Her ne kadar

ticari üretimde bulunan üreticiler için verim önemli bir özellik olsa da yerel popülasyonları üreten işletmelerde bu popülasyonların verim potansiyellerinin düşük olması nedeni ile gerçekleşen verim belirli bir sınırı aşmamaktadır. Bahçe tipi üretimde kontrollü bakım şartlarına sahip olursa da tarla ve bahçe tipi üretimde elde edilen maksimum, minimum ve ortalama verim arasındaki fark istatistiki olarak anlamlı bulunmamıştır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Türkiye genetik çeşitlilik konusunda dünyada nadir ülkelerden biri olup, gün geçtikçe yerel popülasyonlar kaybolmakta ve yerlerini verim olarak yüksek geliştirilmiş çeşitler almaktadır. Yerel popülasyonların kaybolmasında birçok faktör etkili olmakta olup yerel popülasyonlar daha çok aile ihtiyacını gidermeye yönelik olarak üretilmektedir. Verim düşüklüğüne bağlı gelir kaybı günümüzde üreticileri geliştirilmiş çeşitlere yönelmektedir.



Şekil 5. Üreticilerin kullandıkları yerel kuru fasulye popülasyonlarının maksimum, ortalama ve minimum verim değerleri (kg ha⁻¹)

Genetik kaynakların korunması ve var olanların ise gerek çiftçi şartlarında yerinde (*in-situ*) gerekse gen bankaları (*ex-situ*) gibi özel alanlarda muhafaza edilerek sürdürülebilirliklerinin sağlanması günümüzde devletlerin en önemli politikalarından biri haline gelmeye başlamıştır. Bu tür yerel popülasyonların gerek biyoçeşitlilik gerekse gen havuzunun zenginleştirilmesi açısından varlığı, ekosistem sağlığı ve teknolojik ilerlemeler açısından da önem taşımaktadır. Türkiye’de bu konuda yürütülen politikalarda önemli ilerlemeler sağlanmış olup bitki genetik kaynaklarının korunması yönü ile hem *in-situ* hem de *ex-situ* çalışmalar yapılmaktadır. Bu konudaki en önemli eksiklik ise ürün bazında üretim alanları ve yetiştiricilik koşulları ile ilgili yeterli bir veri tabanının olmayışıdır. Bu nedenle bu tip çalışmalar hem ülkenin bu konudaki durumunun güncellenmesi hem de politika yapıcılarının alınacak önlemler hakkında bilgilendirilmesi açısından önem taşımaktadır.

Çalışmadan da görüleceği üzere yerel popülasyonların üretimi çoğunlukla ticari amaçlara dayanmamaktadır. Bu nedenle Türkiye’nin gün geçtikçe bu tip üretimlerin azalması sorunu ile daha çok karşı karşıya kalacağı söylenebilir. Yerel ürünlerin korunması ve sürdürülebilir üretiminin sağlanması bu ürünlerin yerel kalkınma aracı olarak kullanılması ile mümkündür. Ülke olarak genetik kaynakların korunmasında *in situ* koruma olarak adlandırılan çiftçi şartlarında korunması yöntemine daha fazla odaklanılmalıdır. Bu amaçla organik tarım ve coğrafi işaret sistemi gibi unsurlar yanında ülkemizde uygulanmayan fakat AB ülkelerinde var olan dağlık alan ürünü, ada ürünü gibi yerel üretimi koruyucu uygulamaların daha da yaygınlaştırılması ve etkinleştirilmesi önemlidir.

Yerel popülasyonların devamlılığında özellikle küçük üreticiler önemli bir paya sahiptir. Bu üreticiler bu tip üretimleri geçimlik yaptıkları için yerel popülasyonların kaybolmasının önüne geçen en önemli etmenlerdendir. Ticari kaygılarının olmaması daha büyük alanlarda ticari amaçla üretim yapan üreticilere göre genetik kaynakların korunmasında daha fazla hassasiyete sahip olmalarını sağlamaktadır. Bu tip üreticilerin yerel popülasyonları tercih etmedeki en önemli etken parametreler aile tüketimine uygunluk, tat, lezzet gösterilmiştir. Bu nedenle Türkiye’de genetik kaynakların korunması ve devamlılığın sağlanmasında küçük üreticilere hedef alan özel politikalara ihtiyaç bulunmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın verileri Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından desteklenen TAGEM / 16 / AR-GE / 55 no’lu “Orta Kızılırmak Vadisi Yerel Kuru

Fasulye Popülasyonlarının Morfolojik ve Moleküler Karakterizasyonu ile Kök Lezyon Nematoduna Karşı Dayanıklı Genotiplerin Belirlenmesi” isimli projenin “Yerel Kuru Fasulye Popülasyonları Yetiştiren İşletmelerin Sosyo-Ekonomik Özellikleri” İş Paketi’nden derlenmiştir.

KAYNAKÇA

- Aydoğan M, Demiryürek K, Abacı Nİ 2015. Türkiye’de Kuru Fasulye Üretiminin Mevcut Durumu ve Gelecek Dönemler Üretiminin Tahmin Edilmesi. Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3(12): 962-968.
- Balkaya A, Yanmaz R 2001. Bitki Genetik Kaynaklarının Muhafaza İmkanları ve Tohum Gen Bankalarının Çalışma Sistemleri. Ekoloji Çevre Dergisi, 10 (39): 25-30.
- Blum A, Golan G, Mayer J, Sinmena B, Shpiler L, Burra J 1989. The Drought Response of Landraces of Wheat From The Northern Negev Desert in Israel. Euphytica, 43: 87-96.
- Bolat M, Karabak S, Taşcı R, Aydoğan A, Küçükçongar M, Aydoğan M, Taşdan K, Monis T, Özçelik H, Yılmaz S, Başbağcı G, Çıkman A, Dellal İ, Akbay C, Kan M 2017. Türkiye’de Yemeklik Dane Baklagillerin Üretim ve Tüketimini Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi Projesi (TEAD/16/A15/P01/007) Sonuç Raporu. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Çömlekçi N 2001. Bilimsel Araştırma Yöntemi ve İstatistiksel Anlamlılık Sınamaları. Eskişehir: Bilim Teknik Yayınevi, 325s.
- Davis PH, Tan K, Mill RR 1988. Flora of Turkey and the East Aegean Islands (suppl. 1). Vol. 11. Edinburgh: Edinburgh University Press, 29-58.
- Ehdaie BJ, Waines G, Hall AE 1988. Differential Responses of Landrace and Improved Spring Wheat Genotypes to Stress Environments. Crop Sci., 28: 838-842.
- Ekim T 2005. Bitkiler, Tohumlu Bitkiler, Türkiye’nin Biyolojik Zenginlikleri, Türkiye Çevre Vakfı Yayını, Ankara, 167-195.
- FAOSTAT 2018. Dry Bean Production Data for 2016 Year. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Erişim tarihi:15.11.2018).
- Gaytancıoğlu O, İnan İH, Hurma H, Demirkol C 2003. Türkiye’de Bakliyat Üretimindeki Sorunların Çözümü ve Dışa Bağımlılığı Azaltacak Politikaların Geliştirilmesi. İTO Yayınları. Yayın No: 2003- 30, 120s.
- Gündüz O, Esengün K 2004. Türkiye’de Yemeklik Tane Baklagiller Üretiminde Verim ve Fiyat Riski. GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(1): 33-41.
- Hasdemir M, Miran B, Hasdemir M, Özüdoğru T 2015. Türkiye’de Baklagil Üretiminde Sürdürülebilirlik Açısından Etkili Faktörlerin Analizi. International

- Conference on Eurasian Economies, 9-11 September 2015, Kazan – Russia.
- Kan M, Küçükçongar M, Mourgounov A, Keser M, Özdemir F, Muminjanov H, Qualset C 2016. Wheat Landraces Production on Farm Level in Turkey: Who is Growing in Where? *Pak. J. Agri. Sci.*, 53(1): 159-169.
- Kan M, Kan A, Gülçubuk B, Peker K 2016. Türkiye'de Yerel Ürünlerin Bölgesel Kalkınma Dinamikleri İçindeki Önemi. Ed(s) Ayşe Esra Peker, Bölgesel Kalkınma, Çanakkale, Türkiye, 231-270.
- Karagöz A, Zencirci N, Tan A, Taşkın T, Köksel H, Sürek M, Toker C, Özbek K 2010. Bitki Genetik Kaynaklarının Korunması ve kullanımı. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11 - 15 Ocak 2010, Ankara. http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/ffbb6efd376d8db_ek.pdf Erişim tarihi: 10.11.2018)
- Kesici T, Kocabaş Z 2007. Biyoistatistik. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayın No: 94, Ankara, 369s.
- Özhatay N, Kültür S 2006. Check-list of additional taxa to the supplement flora of Turkey III. *Turk J Bot.* 30:281-316.
- Özhatay N, Kültür S, Aslan S 2009. Check-list of additional taxa to the supplement flora of Turkey IV. *Turk J Bot.* 33:191-226.
- Sözen Ö, Bozoğlu H 2013. Bean Bio-Diversity in Artvin Province. *Journal of Field Crops*, 22 (1): 1-5.
- Sözen Ö, Özçelik H, Bozoğlu H 2012. Artvin ili fasulye genetik kaynaklarının toplanması ve karakterizasyonu, TAGEM/08/06/01/002. Samsun
- Şehirli S, Özgen M, Karagöz A, Sürek M, Adak S, Güvenç İ, Kenar D 2005. Bitki Genetik Kaynaklarının Korunma ve Kullanımı. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, Ankara.
- Tan A 1998. Current Status of Plant Genetic Resources Conservation in Turkey. pp. 5-16 in: Zencirci N, Kaya Z, Anikster Y, Adams WT (eds.), Proceedings of the International Symposium on In situ Conservation of Plant Genetic Diversity. CRIFC, Ankara, Turkey.
- TTSM (Tohum Tescil ve Sertifikasyon Müdürlüğü) 2018. Tescilli ve Üretim İzinli Milli Çeşit Listesi-Kuru Fasulye. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Menu/30/Kayit-Listeleri> (Erişim tarihi: 10.11.2018)
- TÜRKPATENT (Türk Patent ve Marka Kurumu) 2018. Tescilli Coğrafi İşaretler. <http://www.turkpatent.gov.tr/TURKPATENT/geographicalRegisteredList/> (Erişim tarihi: 10.11.2018)
- TÜİK 2018. Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>
- UNEP (United Nations Environment Programme) 2011. Towards A Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/126GER_synthesis_en.pdf (Erişim Tarihi: 13.11.2018).
- ZMO (Ziraat Mühendisleri Odası) 2018. Kuru Fasulye Raporu-2018. http://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=30014&tipi=17&sube=0 (Erişim tarihi: 10.11.2018).

Göl Soğanı Çoğaltımında Sakkaroz Oranlarının Etkisi

Özgür KAHRAMAN 

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Terzioğlu Yerleşkesi, 17020 Çanakkale
<https://orcid.org/0000-0003-1336-9942>

✉: ozgurkahraman@comu.edu.tr

ÖZET

Leucojum aestivum L. doğal çiçek soğanları içinde ihracatına üretimden kota sınırlaması ile izin verilen türlerden birisidir. Yönetmelikle soğan çevre uzunluğu 7.5 cm üzerindeki göl soğanlarının ihracatına izin verilmektedir. Çoğaltmadan elde edilen yavru soğanların kısa sürede soğan çevre uzunluğunun artırılması doğal yayılım gösteren göl soğanların korunması yönünden önemlidir. Bu çalışma, göl soğanı üretiminde farklı sakkaroz oranlarının yavru soğan oluşumu ve gelişimi üzerine etkilerini saptamak için gerçekleştirilmiştir. 8.5 cm çevre uzunluğuna sahip göl soğanları temizlendikten sonra boylamasına dört parçaya bölünmüş. Elde edilen parçacıklar 3 litre perlitle dolu siyah plastik torbalara yerleştirilmiş ve üzerine 2 litre perlit ilave edilmiştir. Her torbada 10 parçacık yer almıştır. Torbalara musluk suyu (kontrol), % 1 sakkaroz ve % 2 sakkaroz içeren sulama suyu verilmiş ve parçacıklar 12 hafta inkübasyonda tutulmuştur. İnkübasyon sonrasında; farklı sakkaroz oranlarının yavru soğan oluşturma oranı, yavru soğan boyu, yavru soğan çapı, yavru soğan ağırlığı, yavru soğan sayısı, kök sayısı ve kök çapı üzerine etkisi önemsiz bulunurken, kök uzunluğu üzerine etkisi % 95 güvenle önemli bulunmuştur. Yavru soğan ağırlığı 1.07 g ile 1.23 g, yavru soğan çapı 8.67 mm ile 9.37 mm arasında elde edilmiştir. En yüksek kök uzunluğu (30.39 mm) % 1 sakkaroz uygulamasında gerçekleşmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 10.12.2018

Kabul Tarihi : 04.03.2019

Anahtar Kelimeler

Yavru soğan büyütme

Sakkaroz

Dilimleme

Geofit

Süs bitkileri

Effect of Sucrose Rates in Propagation of Summer Snowflakes

ABSTRACT

Leucojum aestivum L. is one of the species that is allowed to be exported in natural flower bulbs with quota limitation from production. By the regulation, summer snowflakes with above 7.5 cm bulb circumference are allowed to be exported. Increasing the bulblet circumference of the bulblet obtained from propagation in a short period of time is important for the protection of natural spreading summer snowflakes. This experiment was conducted to determine the effects of different sucrose ratios on bulblet formation and development. Summer snowflakes bulbs with 8.5 cm length were cleaned and divided longitudinally into four parts. The segments were placed in black polyethylene bags filled with 3 liters of perlite and then 2 more liters of perlite was added to the bag. Each bag maintained with 10 segments. The bags were irrigated with tap water (control), 1% sucrose containing and 2% sucrose containing water, respectively, and they were incubated for 12 weeks. After incubation; the effect of different sucrose ratios on the rate of bulblet formation, bulblet length, bulblet diameter, bulblet weight, bulblet number, root number and root diameter were found insignificant. However, the effect on root length was found to be significant with 95% confidence. The bulblet weight varied from 1.07 g to 1.23 g and the bulblet diameter ranged from 8.67 mm to 9.37 mm. The highest root length (30.39 mm) was found in 1% sucrose treatment.

Research Article

Article History

Received : 10.12.2018

Accepted : 04.03.2019

Keywords

Bulblet enlargement

Sucrose

Chipping

Geophyte

Ornamental plants

GİRİŞ

Türkiye sahip olduğu coğrafi özellikleri ile bir çok bitki türünü topraklarında barındırmaktadır. Türkiye'nin Akdeniz, İran-Turan, Avrupa-Sibirya gibi üç fitocoğrafik bölgenin kesişim alanında yer alması bitki çeşitliliğini oldukça zengin hale getirmektedir. Bunun yanı sıra farklı iklim tiplerinin görülmesi, toprak çeşitliliği, yer şekilleri, rakımın kısa aralıklarda değişim göstermesi, baharat ve ipek yollarının geçiş istikametinde bulunması gibi etmenler de Türkiye'deki bitki çeşitliliğine katkı sağlamaktadır (Avcı 1993, 2005, 2014). Türkiye doğasında yer alan bitki türlerinin sayısı Avrupa kıtasında yer alan bitki tür sayısına yakın durumdadır (Avcı, 2005). 12000'den fazla bitki taksonu Türkiye'de yayılış göstermekte, bunlardan 3649 tanesi ise endemik takson içerisinde yer almaktadır (Güner ve ark., 2012). Türkiye'de doğal yayılış gösteren geofit takson sayısı 1056, bunlardan 424'ü ise endemiktir (Özhatay, 2013). Geofit olarak anılan doğal çiçek soğanları türlerinden yönetmelikle ihracatı kotaya tabi 8 tür, üretimden ihracatı serbest olan 14 tür belirlenmiştir. Yönetmeliğe göre göl soğanı ihracatı adet bazında sınırlandırılmıştır. Üretimden elde edilmiş ve soğan çevre uzunluğu 7.5 cm üzerinde olan göl soğanlarının ihracatı yapılabilmektedir (Anonim, 2017). Göl soğanı *Amaryllidaceae* familyasına bağlı krem-açık kahverengi dikey çizgili kabukları olan soğanlı bir bitkidir. Soğanlar sonbaharda sürer, 4 ila 6 adet koyu yeşil yaprak oluşturur. Şubat-Mart aylarında çan şeklinde beyaz çiçekler açar, bu çiçekler Nisan ayında meyveye dönüşür. 30-35 cm boylanır, yaz aylarına doğru yaprakları kurur ve soğanları yaşamlarını toprak altında dinleme halinde geçirirler (Seyidoğlu, 2009; Aksu ve ark., 2002; Zencirkıran, 2002).

Doğal çiçek soğanı ihracatı yapan firmalar genellikle ihracat sonrası elek altı diye tabir edilen ihraç boyunun altındaki soğanları büyütmede, soğan çoğaltma işlemlerine daha fazla zaman ve emek gerektirmesi, maliyet gibi nedenlerle pek girişmemektedirler. Doğada yayılış gösteren göl soğanlarının korunması bakımından göl soğanının çoğaltımı ve soğanının kısa sürede büyütülmesi önemli bir konudur. Göl soğanı generatif yöntemlerden tohumla, vejetatif yöntemlerden yavru soğan ve dilimlere ayırma (parçacık, bölme, soğanı dilimlere ayırma) yöntemleri ile çoğaltılabilmektedir (Seyidoğlu, 2009; Aksu ve ark., 2002; Zencirkıran, 2002; Çiçek ve ark., 2013). Tohumla üretimde çiçek açabilecek soğan iriliğine 5-6 yılda ulaşılabilirken, dilimlere ayırma yönteminde bu süre 3 yıla düşebilmektedir. Vejetatif çoğaltma yöntemlerinde olduğu gibi dilimlere ayırma yönteminde de kullanılan ana soğanların çapı arttıkça dilimlerden oluşan yavru soğanların çaplarında artış göstermektedir. Çok sayıda küçük yavru soğan elde edilmek istenildiğinde ana soğan çok fazla dilime ayrılırken, az sayıda büyük yavru soğan elde edilmek

istenildiğinde ana soğan çok fazla dilime ayrılmaz. Soğan çapı ve dilim sayısı oluşan yavru soğan iriliğine etki yapmaktadır. Soğanları dilimlere ayırma işleminden sonra yavru soğan çapını arttırabilecek farklı uygulamalara ihtiyaç vardır. Bu çalışma göl soğanı çoğaltımında farklı sakkaroz oranlarının yavru soğan oluşumu ve gelişimi üzerine etkilerini saptamak için gerçekleştirilmiştir.

MATERYAL ve METOD

Bu çalışma 17 Ocak-11 Nisan 2017 tarihleri arasında 18-20 °C sıcaklığa sahip depo koşullarında yürütülmüştür. Denemede kullanılan göl soğanları İzmir'de doğal çiçek soğanları ihracatında faaliyet gösteren özel bir firmadan alınmıştır. Firmadan temin edilen göl soğanlarının kök kalıntıları ve kaba pislikleri temizlendikten sonra soğanların boylaması yapılmıştır. Boylamaları yapılan göl soğanları içinden soğan çevre uzunluğu 8.5 cm olan soğanlar seçilerek bitkisel materyal olarak çoğaltma işleminde kullanılmıştır (Şekil 1).

Çoğaltma için seçilen göl soğanlarının dış kabukları beyaz soğan kısmı görülene kadar temizlenmiş daha sonra soğan tabanı ve soğan burnu kesim yüzeyinde bıçak yardımıyla kesilmiştir (Şekil 2.). Kesim sonrası soğan dış yüzeyleri alkol ile silinmiş, silme işleminden sonra soğanlar dikey olarak dört parçaya bölünmüştür (Şekil 3.). Kesim işlemleri sırasında kesim yüzeyi ve bıçak alkol ile silinip çamaşır suyu ile yüzey temizliği yapılmıştır. Dilimleme (bölme, parçacık, chipping) yöntemiyle elde edilmiş göl soğanı parçacıkları plastik file torba içerisine doldurularak mantar oluşumunu engellemek amacıyla % 1 Captan ve % 0.5 Mancozeb solüsyonu içerisinde 20 dakika bekletilmiştir (Şekil 4.). Fungusit içeren solüsyondan çıkarılan parçacıkların üzerindeki fazla suyun uzaklaştırılması ve parçacıkların hafif kurummasını sağlamak için plastik kasada bekletilmiştir.

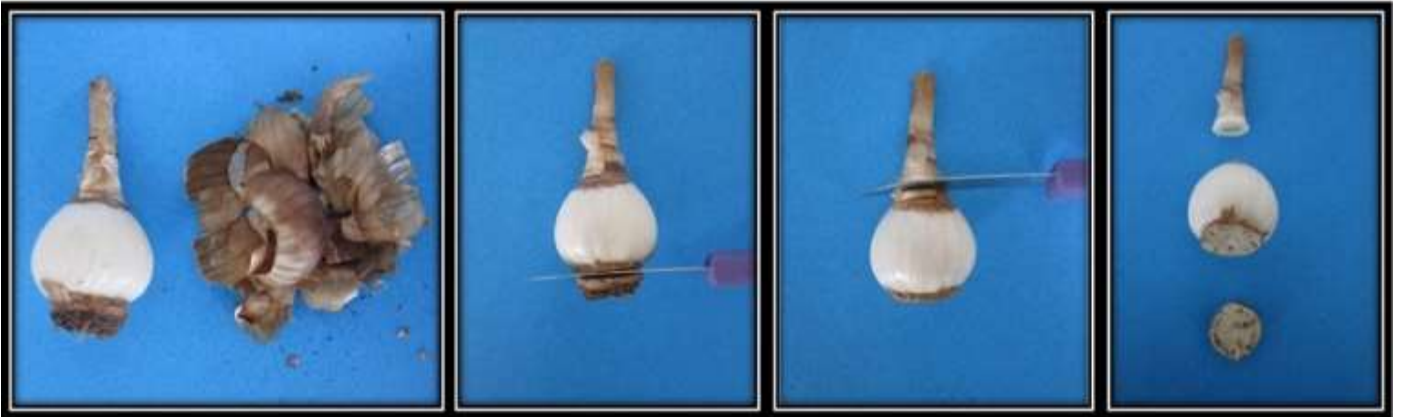
Göl soğanı parçacıklarının yavru soğan oluşturması için 5 litrelik siyah polietilen torbaların içi 3 litre perlitle doldurulduktan sonra her torbaya 6x4 cm aralıkla 10 adet göl soğan parçacığı yerleştirilmiş ardından parçacıklar üzerine 2 litre perlit ilave edilerek parçacık dikimi 17 Ocak 2017 tarihinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.).

Parçacıkların dikiminden sonra torbalara musluk suyu (kontrol), % 1 sakkaroz ve % 2 sakkaroz şeklinde üç farklı sulama uygulaması yapılmış (Şekil 6.), deneme süresince ortamların nemi kontrol edilerek ilave sulama yapılmıştır. Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekrarlı düzenlenmiş, her bir torba bir tekerrürü temsil etmiş ve her parselde 10 adet göl soğanı parçacığı kullanılmıştır.

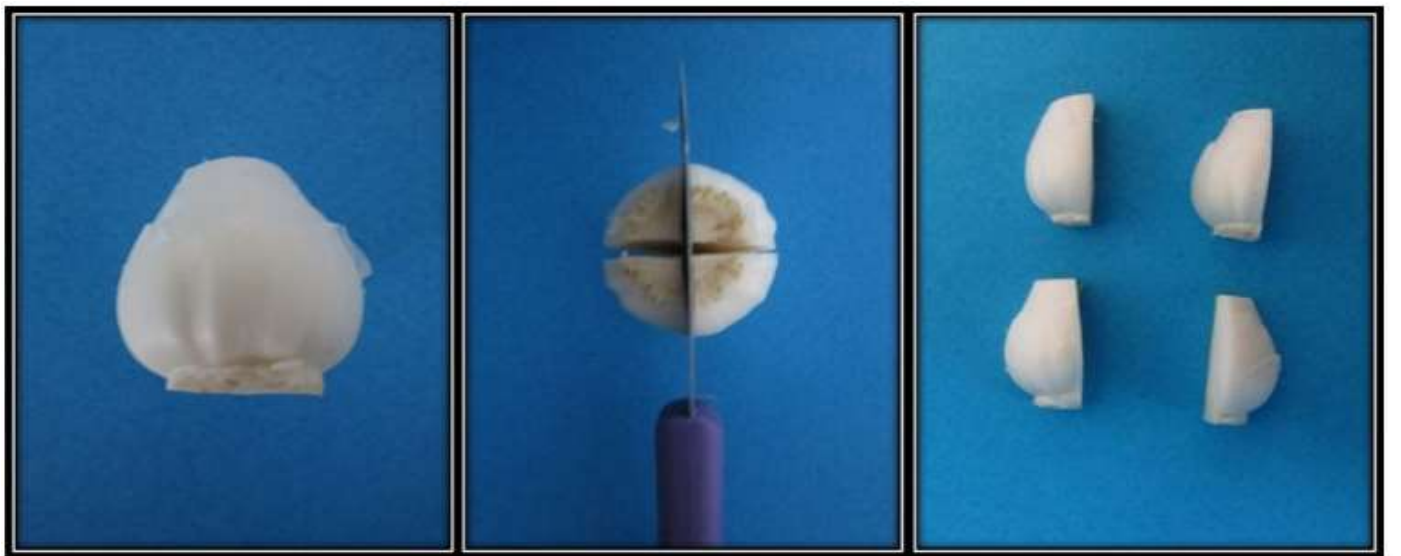
Parçacıkların yavru soğan oluşturması için 12 hafta 18-20 °C sıcaklığa sahip depo koşullarında 11 Nisan 2017 tarihine kadar bekletilmiştir.



Şekil 1. Denemede kullanılan göl soğanları



Şekil 2. Göl soğanlarının bölme işlemine hazırlanması



Şekil 3. Göl soğanlarının dörde bölünmesi



Şekil 4. Dörde bölünen parçacıkların fungusit içeren solüsyonda bekletilmesi



Şekil 5. Göl soğanı parçacıklarının dikimi

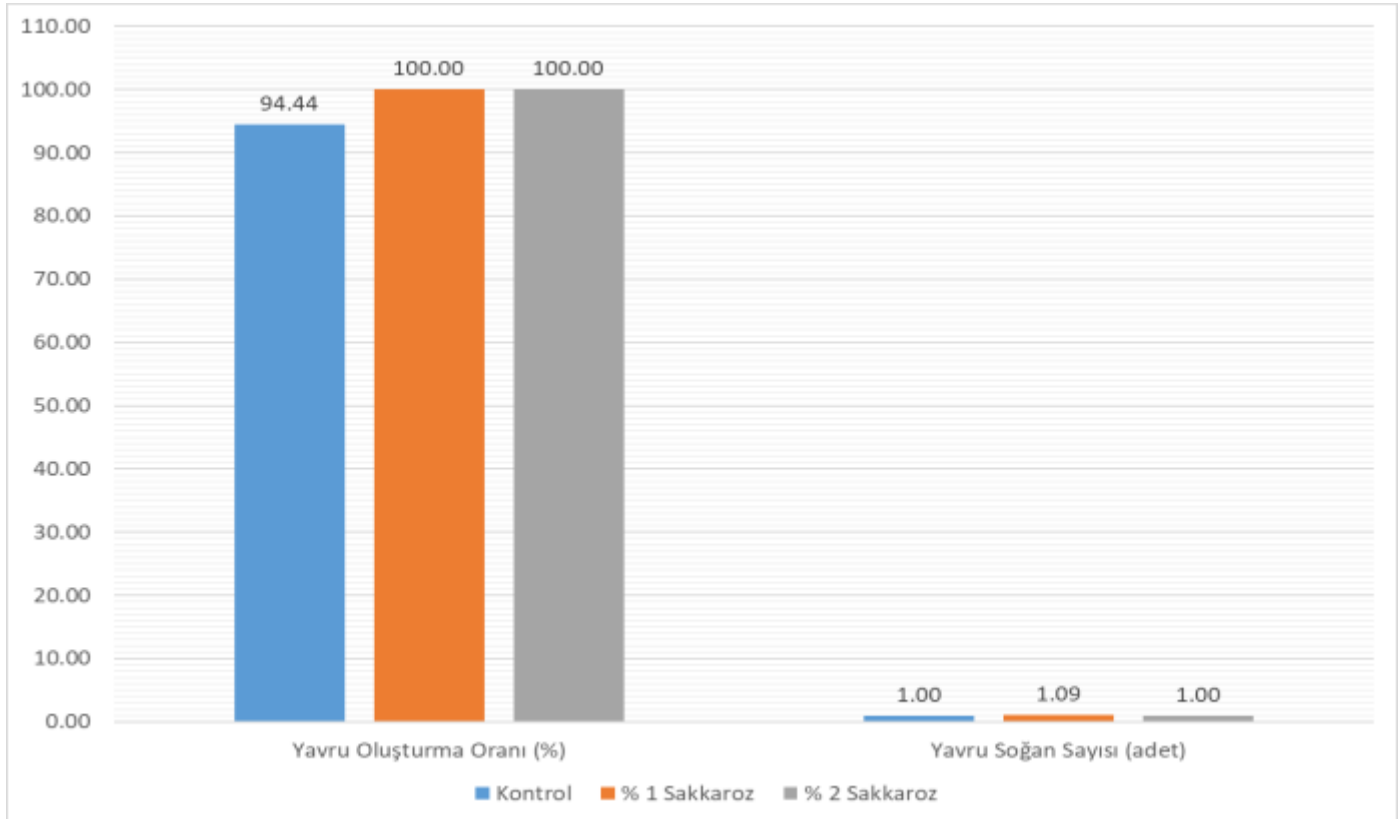


Şekil 6. Göl soğanı parçacıklarına sulamanın uygulanması

Bu tarihte parçacıkların bulunduğu torbalar boşaltılmış ve boşaltılan torbaların içindeki parçacıklarda oluşan yavru soğanların; yavru soğan çapı (mm), yavru soğan ağırlığı (g), yavru soğan boyu (mm), yavru soğan sayısı (adet), kök sayısı (adet), kök çapı (mm) ve kök uzunluğu (mm) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler SPSS 23 istatistik yazılımıyla varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testinden ($p=0.05$) geçirilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Yapılan varyans analizlerine göre farklı sakkaroz oranlarının yavru soğan oluşturma oranı ve parça başı yavru soğan sayısı üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Herhangi bir sakkaroz ilavesi yapılmamış kontrol uygulamasının yavru oluşturma oranı % 94.44, % 1 ile % 2 sakkaroz bulunduran uygulamaların yavru oluşturma oranı ise % 100 olarak belirlenmiştir. Parça başı yavru soğan sayısı da 1.00 adet ile 1.09 adet arasında olmuştur (Şekil 7.)



Şekil 7. Farklı sakkaroz oranlarının yavru soğan oluşturma oranı ve parça başı yavru soğan sayısı üzerine etkisi

Seyidoğlu (2009) 11-12 cm çevre uzunluğundaki göl soğanlarına uyguladıkları dörde bölme işleminde en yüksek soğan sayısını 1.40 adet bulmuş ve parçacık sayısındaki artışın yavru soğan sayısını azalttığını ifade etmiştir. Aksu ve ark. (1998) başlangıç soğanı olarak 4-5 ve 5-6 cm soğan boylarına sahip toros kardeleni soğanlarında dörde bölme yöntemi ile yavru soğan oranını % 87.3 ile % 89.3, parça başı ortalama soğan sayısını 0.88 ile 1.39 adet arasında belirlemişlerdir. Başlangıç soğan iriliğinin artışının yavru soğan oluşumu ve yavru sayısını da arttırdığını belirtmişlerdir. Aksu ve Çelikel (2003) 5-6, 6-7, 7-8 ve 8-9 cm çevre uzunluğundaki toros kardeleni soğanlarının çoğaltımında parçacık yöntemini kullandıkları çalışmada yavru soğan oluşturma oranını % 91.6 ile % 97.5, çoğaltma oranının 2.6 ile 5.7 arasında gerçekleştiğini bildirmişlerdir. En küçük soğan boyunda en düşük çoğaltma oranını elde etmişlerdir. Kebeli ve Çelikel (2013) inkübasyon

sonrası nergis soğanı çoğaltımında yavru soğan oranını dörde dilimlemede % 91.7, sekize bölmede ise % 114 olarak tespit etmişlerdir. Soğan başına elde edilen yavru soğan sayısını dörde dilimlemede 4.6 adet, sekize dilimlemede ise 7.2 adet belirlemişlerdir. Zeybekoğlu ve Özzambak (2013) bazı doğal nergisler ve kültür nergislerinin dilimleme ve ikiz pul yöntemi ile çoğalttıkları çalışmalarında dilimleme yöntemi ile elde ettikleri yavru soğan verimini % 31.8 ile 184.2 arasında bulmuşlardır. Seyidoğlu ve Zencirkıran (2008) 9-10 ve 11-12 cm çevre uzunluğuna sahip sarı çiğdem soğanlarının çoğaltımında kullandıkları çalışmada soğan başına yavru soğan sayısı dörde bölme yönteminde 3.98 adet, sekize bölme yönteminde 6.92 adet saptamışlardır. Başlangıç soğan çap artışı ile birlikte yavru soğan sayısında artış olduğunu ifade etmişlerdir. Bu çalışma yavru soğan oluşturma oranları ve parça başı elde edilen yavru soğan sayısı bakımından bahsedilen çalışmalarla paralellik

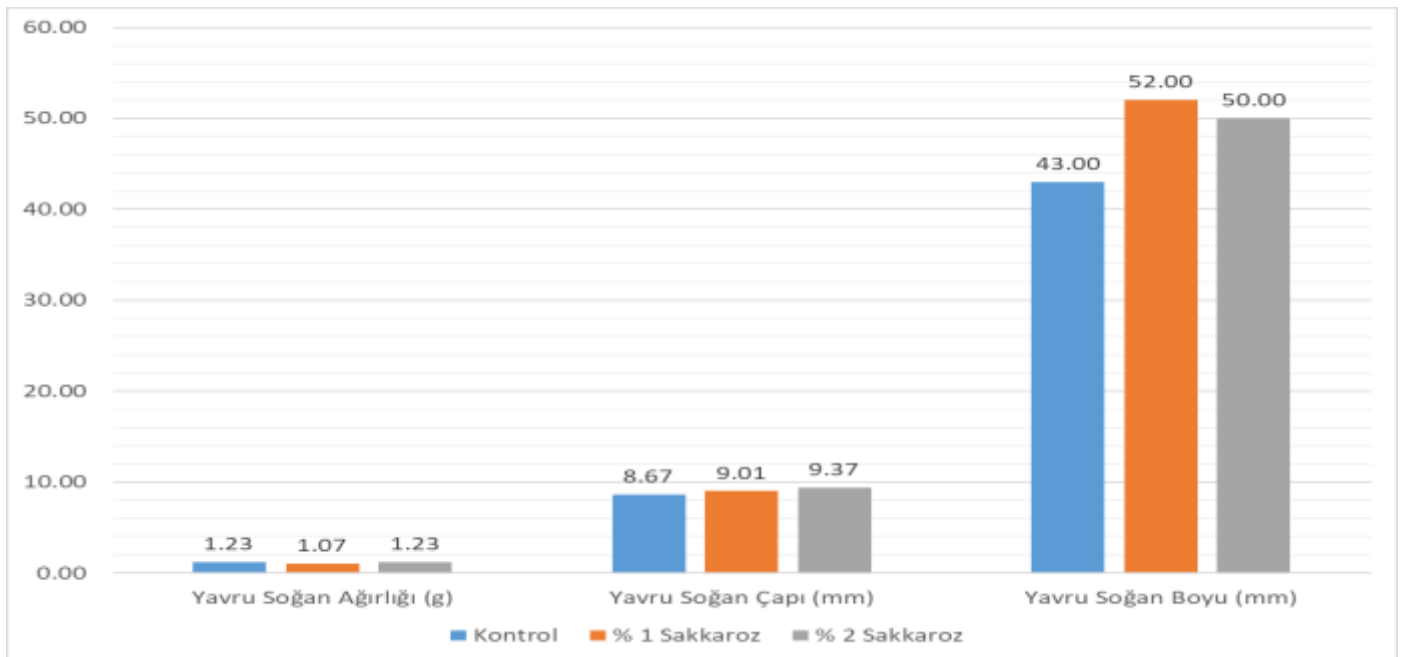
göstermektedir. Parça başı elde edilen yavru soğan sayısı yönünden türler arasında farklılık görülmektedir. Ayrıca soğan çoğaltmada kullanılan başlangıç soğan çevre uzunluğunun artışı ile parça başı elde edilen yavru soğan sayısı arasında pozitif bir ilişki olduğu söylenebilir.

Farklı sakkaroz oranlarının yavru soğan boyu, yavru soğan çapı ve yavru soğan ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz olmuştur. Yavru soğan ağırlığı 1.07 g ile 1.23 g arasında değişmiştir. En büyük yavru soğan çapı değeri (9.37 mm) % 2 sakkaroz uygulamasından elde edilmiş, en düşük değerde 8.67 mm ile kontrol uygulamasında tespit edilmiştir (Şekil

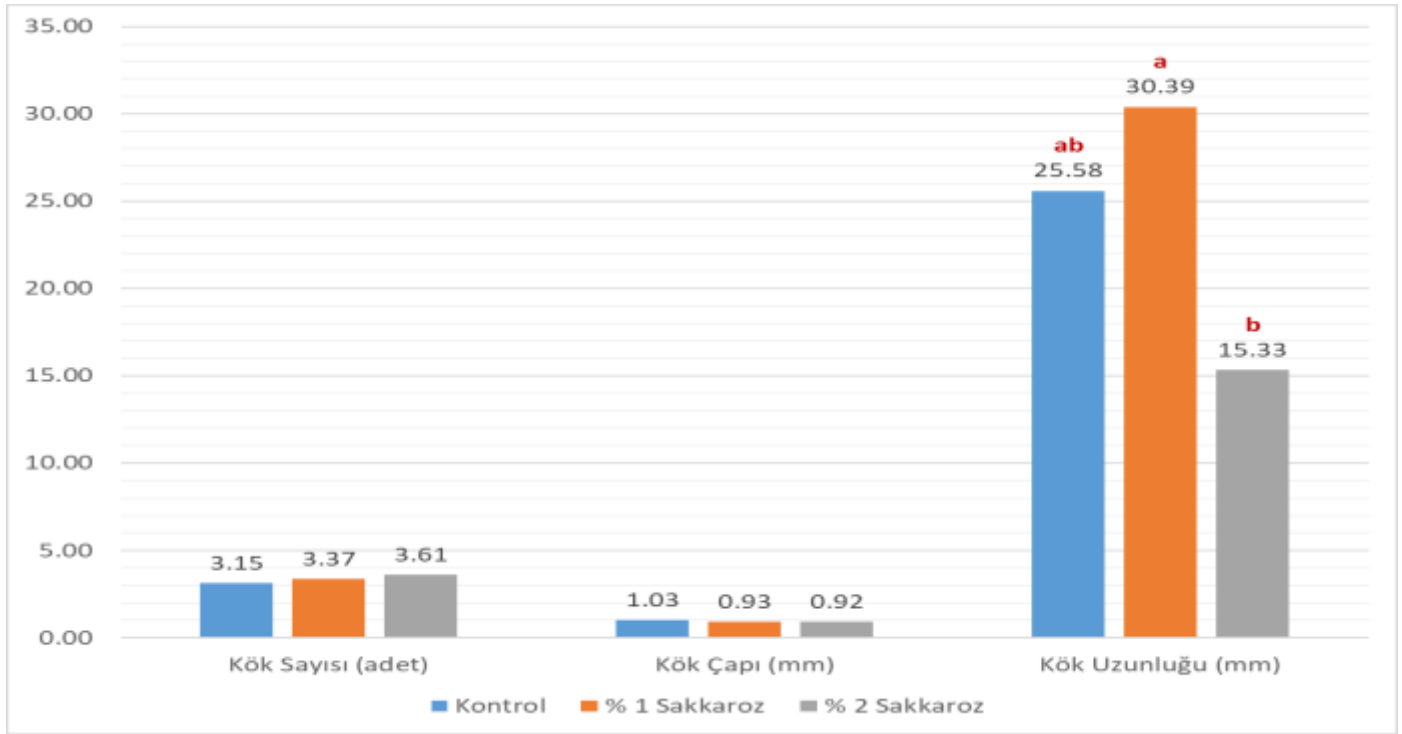
8.). Yavru soğan boyu ise küçükten büyüğe sırasıyla kontrol (43.00 mm), % 2 sakkaroz (50.00 mm) ve % 1 sakkaroz uygulamaları şeklinde gerçekleşmiştir (Şekil 9.). Seyidoğlu (2009) göl soğanı üretiminde parçacık tekniğini kullandığı çalışmasında 9-10 cm ve 11-12 cm çevre uzunluğundaki göl soğanlarını dört ve sekiz parçaya ayırmış. 11-12 cm çevre uzunluğundaki soğanların dörde bölünmesi ile elde edilen en yüksek yavru soğan ağırlığını 0.37 g, yavru soğan boyunu 3.25 cm, soğan çapını 6.62 mm tespit etmiştir. Bu çalışma ile Seyidoğlu (2009) çalışması benzerlik göstermektedir. Ancak bu çalışmadan elde edilen yavru soğanların ağırlık, çap ve boyları daha büyük gerçekleşmiştir.



Şekil 8. Oluşan yavru soğanlar



Şekil 9. Farklı sakkaroz oranlarının yavru soğan özellikleri üzerine etkisi



Şekil 10. Farklı sakkaroz oranlarının kök özellikleri üzerine etkisi

Kök sayısı ve kök çapı yönünden uygulamalar arasında istatistiksel herhangi bir fark tespit edilmemiştir. Kök sayısı kontrol uygulamasında 3.15 adet, % 1 sakkaroz uygulamasında 3.37 adet ve % 2 sakkaroz uygulamasında 3.61 adet bulunmuştur. Kök çapı değerleri 0.92 mm ile 1.03 mm arasında değişmiştir (Şekil 10.). Sakkaroz oranlarının kök uzunluğu üzerine etkisi % 95 güvenle önemli bulunmuştur. En büyük kök uzunluğu kontrol ve % 1 sakkaroz uygulanan bitkilerde elde edilmiştir. Bu grupta kök uzunluğu 25.58 mm ile 30.39 mm arasında değişmiştir. 15.33 mm kök uzunluğu ile % 2 sakkaroz uygulamasında en küçük değer gerçekleşmiştir.

SONUÇ

Göl soğanı çoğaltma işleminde kullanılan farklı sakkaroz seviyelerinde dörde bölme yöntemi ile başarılı bir şekilde çoğaltma gerçekleştirilebilmiştir. İstatistiksel uygulamalar arası farkın önemsiz çıkmasına karşın, % 1 ve % 2 sakkaroz kullanılan uygulamalarda yavru soğan çapı, yavru soğan boyu ve kök sayısı daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Çoğaltmadan elde edilecek yavru soğanların daha hızlı büyütülebilmesi için değişik uygulamaların geliştirilmesi varolan göl soğanı potansiyelini korumada oldukça faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

Aksu E, Görür G, Çelikel FG 1998. Kardelenin (*Galanthus elwesii* Hook.) Bölme (chipping) Yöntemi ile Üretimi Üzerinde Bir Araştırma. I. Ulusal Süs Bitkileri Kongresi, 6-9 Ekim, Yalova.
Aksu E, Eren K, Kaya E 2002. İhracatı Yapılan Doğal

Çiçek Soğanları. Atatürk Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü, Yayın No:84, Yalova, 39s.

Aksu E, Çelikel FG 2003. The Effect of Initial Bulb Size on Snowdrop (*Galanthus elwesii* Hook.f.) Bulb Propagation by Chipping. *Acta horticulturae*, 598: 69-72.

Anonim 2017. Doğal Çiçek Soğanlarının 2018 Yılı İhracat Listesi Hakkında Tebliğ (Tebliğ No: 2017/49). Resmi Gazete, Sayı: 30286, 30 Aralık.

Avcı M 1993. Türkiye'nin Flora Bölgeleri ve Anadolu Diagonaline Coğrafi Bir Yaklaşım. *Türk Coğrafya Dergisi*, 28: 225-248.

Avcı M 2005. Çeşitlilik ve Endemizm Açısında Türkiye'nin Bitki Örtüsü. *İstanbul Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi*, 13: 27-55.

Avcı M 2014. Türkiye'nin Bitki Çeşitliliği ve Coğrafi Açından Değerlendirmesi. (Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıları-I. Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, Yapım: CTA Ltd., Ed. Akkemik Ü) 28-53.

Çiçek E, Çetin B, Özbayram AB, Türkyılmaz H 2013. Kurutma, Çimlendirme Sıcaklığı ve Saklamanın Göl Soğanı (*Leucojum aestivum* L.) Tohumlarının Çimlenmesine Etkisi. *Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 14(2): 245-252.

Güner A, Aslan S, Ekim T, Vural M, Babaç MT 2012. Türkiye Bitkileri Listesi Damarlı Bitkiler. *Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, Flora Dizisi 1, İstanbul, 1290s.*

Kebeli F, Çelikel FG 2013. Doğal Nergis Soğanlarının Dilimleme Yöntemi ile Çoğaltılması Üzerine Bir Araştırma. V. Süs Bitkileri Kongresi, 6-9 Mayıs, Yalova.

- Seyidoğlu N, Zencirkıran M 2008. Vegetative Propagation of *Sternbergi lutea* (L.). Ker-Gawl. Ex. Sprengel (Winter Daffodil) by Chipping Techniques. Journal of Biological Science, 5: 966-969.
- Seyidoğlu N 2009. *Leucojum aestivum* L'nin Parçacık Tekniği ile Üretimi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 11(16): 7-11.
- Özhatay N 2013. Türkiye'nin Süs Bitkileri Potansiyeli: Doğal Monokotil Geofitler. V. Süs Bitkileri Kongresi, 6-9 Mayıs, Yalova.
- Zencirkıran M 2002. Geofitler. Uludağ Rotary Derneği Yayınları, No:1, Bursa, 105s.
- Zeybekoğlu E, Özzambak ME 2013. Bazı Doğal Nergisler ve Kültür Nergislerinde Vegetatif Çoğaltım Tekniklerinin Kullanımı. V. Süs Bitkileri Kongresi, 6-9 Mayıs, Yalova.

Vitis vinifera L.'de Floral Gelişme Aşamaları ve Fenolojik Safhalar ile İlişkilendirilmesi

Zeliha GÖKBAYRAK¹  Hakan ENGİN² 

^{1,2}Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Çanakkale

¹<https://orcid.org/0000-0002-0012-9782>, ²<https://orcid.org/0000-0001-6897-8708>

✉: zgokbayrak@comu.edu.tr

ÖZET

Asmada çiçek salkımı taslaklarının (primordiyumlarının) birinci sezonda gelişmesini takiben ikinci gelişme sezonunda çiçek ve çiçek organ taslakları farklılaşmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Merlot (*Vitis vinifera* L.) üzüm çeşidinde sürme sırasında ve sonrasında gözlerde ve çiçeklerde farklılaşma adına gerçekleşen olayların tanımlanması ve bu olayların fenolojik safhalar ile ilişkilendirilmesidir. Ayrıca, çiçek organlarının farklı gelişme aşamalarındaki boyutları mikroskop altında belirlenmiştir. 2016 yılının 20 Mart ve 10 Mayıs tarihleri arasında her 5-10 günde bir alınan örneklerin mikroskop altında dikkatlice incelenmesinden sonra, asma floral gelişme aşamalarına 5 ara aşama eklenmiştir (taç yaprak taslağının görünmesini takiben erkek ve dişi organ taslaklarının tam olarak şekillenmesi). Bulgulara göre, çiçek salkımı ile salkım üzerindeki her bir çiçeğin farklılaşmasının baharda gözlerin şişmesiyle birlikte olduğu görülmüştür. Çiçek salkımı taslağının görünür hale gelmesinden yaklaşık olarak 3 hafta sonra erkek organlar ve dişi organ görülebilmıştır. Gelişim sonraki 3 hafta içerisinde tamamlanmıştır. Çiçek taslağı 1 Nisan'da görülmüş ve sonraki 5-6 haftalık dönemde boyutlarını %900'den fazla arttırmıştır. Generatif organ taslakları, 2-4 yaprak sürgünden ayrıldığı zamanda görülebilmıştır. Dişi organ tam şeklini aldığı dönemde, sürgünde 6-8 yaprak büyümüş ve çiçek salkımları çıplak gözle ayırt edilebilir duruma gelmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 26.12.2018

Kabul Tarihi : 13.02.2019

Anahtar Kelimeler

Asma

Çiçek taslağı

Dişi organ

Fenoloji

Çiçek oluşumu ve gelişimi

Floral Development Stages in *Vitis vinifera* L. and Association With Phenological Stages

ABSTRACT

After the development of inflorescence primordia in the first season in *Vitis*, flower and floral organ differentiation take place in the second season. Aim of this study was to describe the differentiation events which occur in the compound buds and flowers during and after budbreak, and to associate these events with the phenological stages in Merlot (*Vitis vinifera* L.) grape cultivar. In addition, size of the floral organs was determined using microscopy, after careful examination of samples collected as buds and flowers under microscope at every 5 to 10 days. Between March 10 and May 10 in 2016, five interval stages (complete shaping of stamen and pistil primordia following petal primordia formation) were added. According to the results, differentiation of inflorescence and flower primordia occurred after bud swelling in the spring. Approximately 3 weeks after the appearance of inflorescence primordia, stamen and pistil were visible. The development was complete in the following 3 weeks. Flower primordium was sighted on April 1 and increased its size more than 900% in 5-6 weeks. Primordia of reproductive organ was seen when the 2-4 leaves separated from the shoot. By the time of pistil taking its final shape, there were 6-8 full leaves grown from the shoot and inflorescences were easily distinguishable by the naked eye.

Research Article

Article History

Received : 26.12.2018

Accepted : 13.02.2019

Keywords

Grapevine

Inflorescence

Pistil

Phenology

Flower formation and development

GİRİŞ

Bahçe bitkileri türlerinde çiçek oluşumu ve zamanının incelenmesi, verimliliğin belirlenmesi ve kültürel faaliyetlerin uygulama zamanlarının tespit edilmesi açısından önemlidir. Bahçe bitkilerinin çoğu odunsu türlerinden farklı olarak asma çiçekleri, ilgi çekici görüntüye sahip olmadıklarından dolayı ampelografik tanımlamada kritik öneme sahip değildir (Jackes, 1984). Diğer yandan çiçeklenme süreci sıra dışıdır ve ılıman iklim bölgelerinde iki sezonu kapsamaktadır. İlk sezonda yönü belli olmayan bir taslak (anlage), kışlık gözlerin uç kısmında görünür hale gelir ve en elverişli koşullarda çiçek salkımı taslağı (primordiyumu) bu özelleşmiş meristematik yapılardan gelişebilir. İkinci sezonda, bireysel çiçekler daha önceden gelişen çiçek salkımı taslakları üzerinde oluşur (Li-Mallet ve ark., 2016).

Asma çiçeklerinde çiçek organogenezi üzerindeki ilk çalışmalar, gözlerin bir seri halinde kesilmesi şeklinde mikroteknikleri kapsamaktadır (Barnard ve Thomas, 1933; Synder, 1933). Mikroskopinin, özellikle epi-illuminasyon tekniğinin, gelişmesi ile çiçek salkımlarının ve/veya çiçeklerin gelişimi ve yapısı farklı *Vitis* türlerinde incelenmiştir (Gerrath ve Polluszny, 1988; Timmons ve ark., 2007). Taramalı elektron mikroskopisi (TEM) araştırmacılara çiçeklerin gelişme sırasının hem yabancı asmada (Caporali ve ark., 2003; Spada ve ark., 2003; Ramos ve ark., 2014) ve Sultana (Scholefield ve Ward, 1975), Shiraz (Srinivasan ve Mullins, 1976), Chardonnay (Watt ve ark., 2008) ve Pinot noir (Jones ve ark., 2009) gibi *Vitis vinifera* L. çeşitlerinde üç boyutlu izleme olanağını vermiştir. Ancak, bu çalışmalar nicelik ve büyüklük bilgisi sağlamayan sadece tanımlayıcı çalışmalardır.

Çiçeklenme öncesinde tam gelişme aşamasında Vitaceae familyasının çiçeklerinin boyutlarına ait çalışmalar büyüklüğün türe bağlı olarak değiştiğini, *Vitis berlandieri*'de 2 mm ve *Vitis labrusca*'da 5-7 mm arasında olduğunu göstermiştir (Keller, 2015). Detaylı bir çalışmada Caporali ve ark. (2003) TEM gözlemleri aracılığıyla, yabancı asma *V. vinifera* ssp. *sylvestris*'in dişi organ (pistil) ve başçık (anter) uzunluklarına dair büyüklük bilgisini vermiştir. Noyce ve ark. (2015a,b) Chardonnay çeşidinde çiçek salkımı taslağı (inflorescence primordium) gelişimine yönelik kesimleme mikroskopisi (disecting microscopy) ile daha detaylı bir seri çalışma gerçekleştirmiş ve gözlerdeki çiçek salkımı taslağının sayısını ve büyüklüğünü belirlemiştir. Tespit ettiğimiz kadarıyla, daha önceki çalışmalarda çiçeklerin ve/veya çiçek kısımlarının boyutuna yönelik başka bilgi bulunmamaktadır.

Asmada büyüme ve gelişme aşamalarının tanımlanmasının değeri sadece bağda kültürel faaliyetlerin yerine getirilmesinde değil aynı zamanda üzüm yetiştiriciliğine katkıda bulunan insan

partnerlerin arasında birörnek anlayışın sağlanmasındadır. Ancak, *Vitis vinifera*'da bu aşamalar ile çiçeklenme süreci arasında bir bağlantı kurmak çok önemlidir. Asmanın büyüme döngüsünü açıklayan sistemler (Baggiolini, 1952; Eichhorn ve Lorenz, 1977, Lorenz ve ark., 1995 ve Coombe, 1995) bulunmasına rağmen bu sistemlerin hiçbiri çiçek taslağı ve çiçek gelişimi ile fenoloji arasında bir ilişkiyi öngörmemektedir. Bu çalışma bir *Vitis vinifera* L. çeşidinde (Merlot çeşidi) sürmenin başlangıcından dişi organ oluşumunun tamamlanmasına kadar geçen sürede generatif kısımların taslak gelişimlerini ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. Bu şekilde, farklılaşma sürecinden geçerek tam bir çiçek salkımına dönüşen çiçek salkımı taslaklarının akıbetini saptamak ve bütün bu olayların asmanın fenolojik safhalarıyla ilişkilendirilmesi mümkün olacaktır.

MATERYAL ve METOT

Bitkisel Materyal ve Çalışma Sahası

Bitkisel materyal, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Dardanos kampüsü içerisinde yer alan Bahçe Bitkileri Araştırma İstasyonu'nda bulunan Merlot çeşidine (*Vitis vinifera* L.) ait omcalardan elde edilmiştir. Asmalar 10 yaşında 5 BB anacı üzerine aşıllı ve goble terbiye şekline sahip olup baş budaması yapılmaktadır. Kültürel bakım işlemleri sezon boyunca tüm omcalara aynı ve geleneksel şekilde uygulanmaktadır. Sulamasız (yağmura dayalı) yetiştiricilik yapılmaktadır.

Örneklerin Toplanması, Saklanması ve Mikroskopik Çalışmalar

Örnekleme zamanı 2016 yılında dinlenme döneminin sonundan (20 Mart) Mayıs ortasına kadardır. Örnekler (kışlık gözler ve çiçekler) her 5-10 günde bir alınmıştır ve Coombe (1995) tarafından ortaya konulan modifiye Eichhorn-Lorenz (E-L) sistemine göre fenolojik safhalar (2-15 arası) kayıtlanmıştır. Çalışmada yer alan Merlot çeşidinde E-L sistemine göre fenolojik safhalar Şekil 1'de verilmiştir. Örneklerin çoğunluğunun bulunduğu safha fenolojik safha olarak kabul edilmiştir. Çiçeklenme en son örnek alım tarihinden yaklaşık olarak 3 hafta sonra gerçekleşmiştir. Örnek hacmi her alım zamanında yaklaşık 15 göz/çiçek şeklinde olmuştur. Alınan örnekler hemen FAA solüsyonu (%10 formalin, %50 etil alkol, %5 glasiyel asetik asit) içerisine alınarak 24 saat veya daha fazla bekletilmiştir. Örnekler Olympus SZX7 stereo zoom mikroskobu (Olympus Corp., Japonya) kullanılarak incelenmiştir. Kış gözlerinin koruyucu tüyleri ve stipular pullar ince uçlu iğneler ve küçük çift taraflı bistüri kullanılarak çıkarılmıştır. Erkek (stamen) ve dişi (pistil) organ taslak yapılarının incelenmesi için çanak (sepal) ve taç (petal) yapraklar, ok uçlu iki yanı keskin iğnelerle ve konik stiletler ile uzaklaştırılmıştır.



Şekil 1. 'Merlot' (*Vitis vinifera* L.) çeşidinde alınan örneklerin modifiye Eichhorn-Lorenz sistemine (Coombe (1995) göre fenolojik safhaları

Bu işlemler örneklerin kurumasını engellemek için saf su içerisinde gerçekleştirilmiştir.

Çiçek Taslaklarının Gelişim Aşamalarının Belirlenmesi

Çiçek ve çiçek organ taslaklarının gelişim aşamalarını belirlemek için ilk rehber çalışma Srinivasan ve Mullins (1981) çalışması olmuştur. Bu çok saygı duyulan ve başvuru eserde erkek ve dişi organ taslaklarının oluşumuna yönelik açık bir kanıt bulunmadığından yeni ara aşamaların eklenmesi mecburiyeti doğmuştur. Ayrıca, asma fenolojik safhaları ile asma çiçeklerinin floral gelişimlerinin morfolojik aşamaları arasında da bir ilişki kurulmaya çalışılmıştır.

Mikroskopik Ölçümlerin Alınması ve Görüntüleme

Görüntüler mikroskoba takılan bir dijital mikroskop kamerası (LC20, Olympus Corp., Japonya) ile çekilmiştir. Bir yazılım programı (LC20-Bundle

LCmicro, Olympus Corp., Japonya) ile aynı fenolojik safhada bulunan örneklerde çiçek ve çiçek organ taslaklarının μm cinsinde ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerde çiçek genişliği ve uzunluğu, başçık uzunluğu ve genişliği, sapçık (filament) uzunluğu, dişi organ uzunluğu, yumurtalık (ovaryum) genişliği ve dişi tepesi (stigma) çapı belirlenmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Salkım içerisinde floral taslağın morfolojik gelişimi mikroskop altında belirlenmiştir. Bu tespit sonucunda 'Merlot' üzüm çeşidinin çiçeğinde meydana gelen şekillenmeyi saptamak mümkün olmuş ve farklılaşan çiçek ve çiçek organ taslaklarının gelişimi Şekil 2' de verilmiştir.

Mart 2016'da ilk fenolojik safhada (E-L 2-5) alınan örneklerde, herhangi bir çiçek salkımı taslağı gözlenmemiştir. Bu bulgu, kış dinlenmesinin öncesinde veya sırasında ortaya çıkan erken göz gelişimi aşamalarında çiçek salkımı taslağının

gelişmediğini belirten May ve Antcliff (1973), Scholefield ve Ward (1975), Srinivasan ve Mullins (1981), Watt ve ark. (2008) ve Jones ve ark. (2009) ile uyumlu şekildedir. E-L 7 fenolojik safhasında alınan örneklerde (Nisan 1), floral organogenez başlamış ve her bir çiçek taslağı üzerinde çanak yaprak taslağı gelişimi gözlemlenmiştir (Şekil 2a). Bu aşama 8.1 olarak, çanak yaprak taslağının görünür hale geldiği biraz daha ileri bir aşamayı içerdiğinden, Srinivasan ve Mullins (1981)'de "sürmede salkım dalcıklarının farklılaşması ve çiçek organ ayrımının ilk ortaya çıkması" olarak ifade edilen 8 no'lu aşamaya eklenmiştir. Keller (2015) bireysel çiçek organ gelişiminin sürmeden itibaren ilk 5 hafta içerisinde gerçekleştiğini ifade etmiştir. Süresi biraz daha uzun olmakla birlikte bu görüş elimizdeki bulgularla desteklenmektedir.

5 Nisan'da (E-L 7 ve 9 safhalar arası), çanak yaprağı halkası (kaliks) ve taç yaprak taslakları salkımda belirlemiştir (8.2 olarak işaretlenmiştir) (Şekil 2b). E-L 9 aşamasında, taç yaprağı halkası (korolla) gelişimin başladığı ancak henüz çiçeğin tepesinde taç yaprakların bir araya gelmediği durum 10 Nisan'da alınan örneklerde ortaya çıkarılmıştır (Şekil 2c). Çiçek taslağının oluşumundan taç yaprağı halkası taslağının oluşumuna kadar geçen süre 10 günü kapsamıştır. Takip eden sonraki aşama taç yaprak loblarının kenarlarının belirginleşmesi ve şapkanın (kaliptra) oluşumu olmuştur ki bu aşama Srinivasan ve Mullins (1981) tanımına göre aşama 10 olarak ifade edilmiştir.

Bu noktadan sonra erkek organlar ile dişi organa ne olduğuna dair bir açıklama veya gösterim olmadığından, izleyen aşamalar 10.1, 10.2 vd. olarak gösterilmiştir. Şekil 2d-f, 20 Nisan'da (E-L 9 ve 12 safhalar arası) şapkanın tamamen oluştuğunu (aşama 10.1) ve içerisinde iki loblu başçıkların meydana çıktığını göstermektedir. Henüz bir sapçık oluşumu görülmemektedir. Diğer yandan, dişi organ çiçek tablasından gelişmeye başlamış ve asimetrik ve şişkin bir hal almıştır. Dişicik borusu zor görünebilir durumdadır (aşama 10.1).

Çiçek büyümeye devam ederken (Şekil 2g-i), 5 Mayıs'ta (E-L 12-15 safhalar arasında) sapçıklar oluşmuş, dişi organ şeklini almaya başlamış ve dişicik borusu az çok görünür hale gelmiştir. Yumurta hücresinde küçük bir asimetri gözlemlenmektedir (aşama 10.2).

Beş gün içerisinde (10 Mayıs, E-L safha 15), çiçek şişkinliğini kaybederek uzunlamasına bir büyüme göstermiştir. Bu aşamada, erkek organlar ve dişi organ tamamen şeklini almış ve uzamıştır (Şekil 2j-l) ve dişicik boynu ile dişicik tepesi açıkça görünür olmuştur (aşama 10.3).

Bu gelişmelerin zamanlamasını içeren daha önceki çalışmalarda çiçek organlarının ayrımı aşamasının, çanak yaprak halkası taslağının oluşumu ile sürme öncesinde gerçekleştiği belirtilmektedir (Alleweldt ve

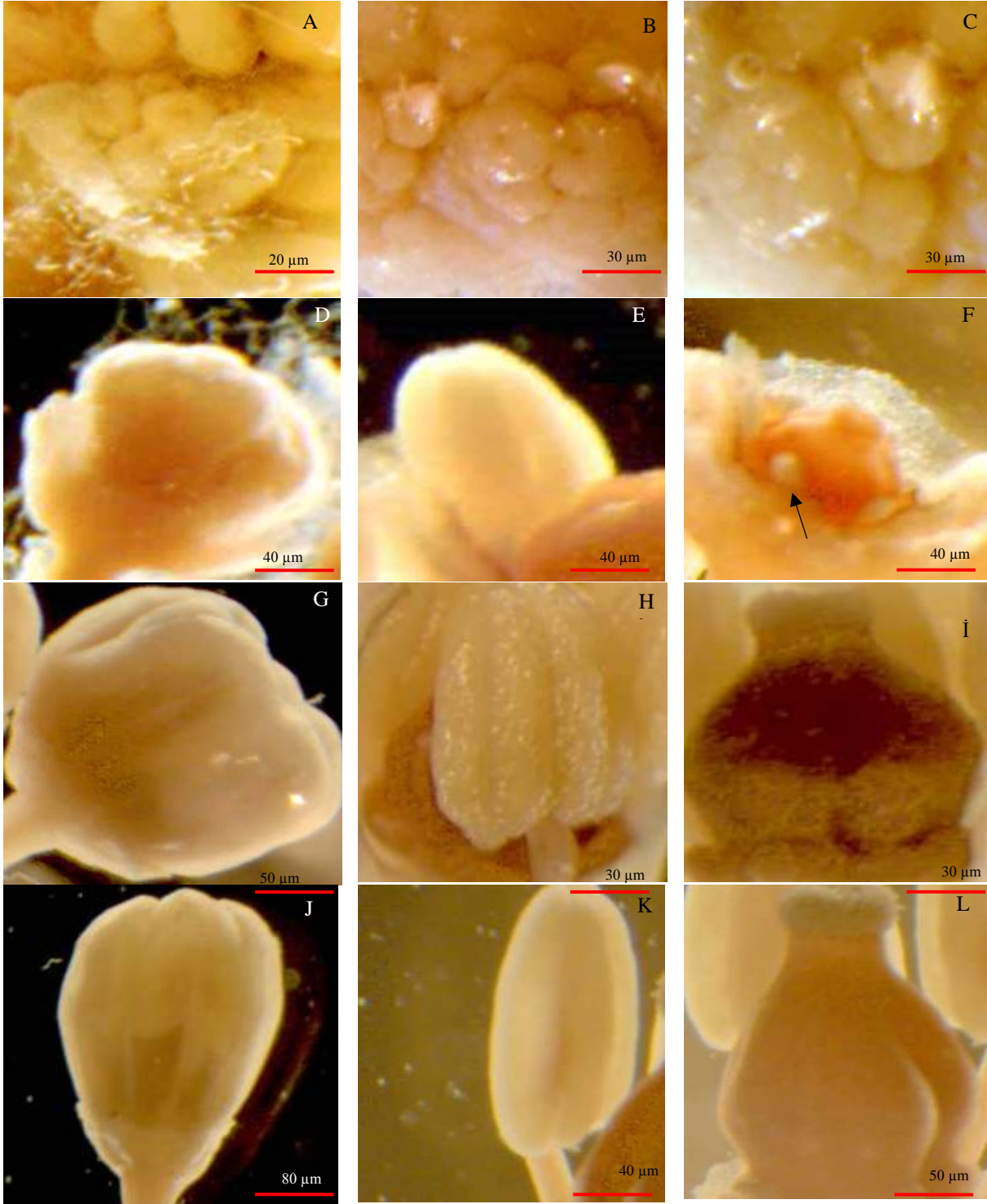
İlter, 1969; Ağaoğlu, 1971). Farklı örnekleme zamanlaması, teknolojik yetersizlikler veya aşırı küçük olmaları yüzünden gözden kaçırılma gibi olası nedenler çerçevesinde, her ne kadar bu görüş onaylanmamış veya reddedilmemişse de bu çalışmanın bulgularından yola çıkarak sürmeden önce çiçek organlarının gelişmediğini düşünme eğilimindeyiz. Swanepoel ve Archer (1988) Chenin blanc ile yaptıkları çalışmada çiçek salkımının görünmesi ile çiçek gelişiminin tamamlanması arasında 20 günlük bir süre olduğunu bildirmekle beraber elimizdeki çalışmada bu sürenin 30 güne ulaşabildiği ortaya çıkmıştır. Bunun sebebinin çeşit ve çevresel koşulların, özellikle sıcaklığın, bir sonucu olabileceği düşünülmektedir.

'Merlot' çeşidinin çiçek ve çiçek kısımlarının taslaklarına ait ölçümler Çizelge 1'de verilmiştir. 'Merlot' çiçekleri genişliklerini ve uzunluklarını aşama 8.1 (1 Nisan) ile aşama 10.3 (10 Mayıs) arasında sırasıyla yaklaşık 12 ve 17 kat arttırmıştır. Başlangıçta genişlikleri uzunluklarından fazla olmuş fakat ilerleyen aşamalarda bu fark giderek kapanmış ve daha fazla uzunlamasına büyümüştür. Anter genişliği ve uzunluğu büyümeleri en fazla sınırlanan yapılar olmuştur. Sapçıklar, diğer yandan, ilk görülebildikleri aşamadan (20 Nisan'da aşama 10.1) sonra uzunluğunu yaklaşık 8 kat arttırarak 20 gün sonunda ortalama 112 µm'ye ulaşmıştır. Dişi organ kısımlarında büyüme en fazla dişicik tepesinin çapında meydana gelmiş ve %290 oranında artış olmuştur. Literatür *Vitis* çiçeklerinin generatif kısımlarının büyüme hızına dair çok az bilgiye sahiptir. Daha önceki çalışmada Considine ve Know (1979) Gordo blanco (*Vitis vinifera* L.) çeşidinin dişi organ taslağı üzerine bazı bilgiler vermekte ve çiçeklenme zamanında 0.1 mm³ olduğunu belirtmektedir.

Yakın bir zamanda Caporali ve ark. (2003) *V. vinifera* ssp. *sylvestris* çiçeklerinin E-L 7 ve 8. safhalarda dişi organ büyüklüğüne dair bilgi vermiştir. Ancak bu çalışmada çiçek kısımlarının büyüklük artışına dair herhangi bir bilgi bulunmamaktadır.

SONUÇ

Merlot üzüm çeşidinde fenolojik aşamalar ile çiçek taslaklarının gelişmesi arasında bir ilişki kurulması amacıyla yapılan bu çalışmada, baharda sürmenin başlangıcında oldukça sıkıştırılmış bir sürgün üzerinde, her ne kadar küçük ve tespit edilmesi zor olsa da, salkımların ilk ortaya çıkışı ve çiçekte generatif organ taslaklarının oluşumu belirlenmiştir. Bu noktadan ileriye, erkek organlar ve dişi organda gelişimin ilerlemesi oldukça hızlıdır. Tüm kısımları ile çiçeğin tamamen oluşması 7-8 yaprağın sürgünden ayrılması ve çiçek salkımının gözle görülebilir hale geldiği zamanla çakışmaktadır.



Şekil 2. 'Merlot' (*Vitis vinifera* L.) çeşidinin çiçek ve çiçek organ taslaklarının gelişimine ait mikroskopik görüntüler. A- aşama 8.1, çanak yaprak taslaklarının görülmeye başlandığı ilk çiçek taslakları, B- aşama 8.2, çanak yaprak halkası ve taç yaprak taslakları olan çiçek taslağı, C- aşama 9- çiçeğin üst kısmında henüz kapanmanın gerçekleşmediği çanak ve taç yaprak taslakları, D- aşama 10.1, taç yapraklarının birleşerek şapka (kaliptra) oluşturması ve çanak yaprak halkasından yukarı doğru büyümesi, E- aşama 10.1, iki loblu başçıkların görülmesi, F- aşama 10.2, dişi organ görünür hale gelir (diğer çiçek kısımları uzaklaştırılmıştır, ok sapçığın kesim yerini göstermektedir), G- aşama 10.2, şapka lobları belirginleşmeye başlamıştır, H, aşama 10.2, kısa sapçıklarıyla başçıklar özgün şekillerini almaya başlamıştır (diğer çiçek kısımları çıkarılmıştır), I- aşama 10.2, dişi organ kendine özgü şeklini almaya başlamış, tepcecik ve boyuncuk belirme başlamıştır, J- aşama 10.3, birleşik taç yaprakları altında erkek organları ve dişi organı olan çiçek taslağı (başçıklar şeffaf şapka içerisinde seçilebilmektedir), K- aşama 10.3, uzamış sapçık ve başçık (diğer organlar uzaklaştırılmıştır), L- aşama 10.3- belirgin kısa boyuncuk ve disk şeklinde tepcecik bulunduran, farklılaşmasını tamamlamış dişi organ.

Çizelge 1. Merlot (*Vitis vinifera* L.) üzüm çeşidinde çiçek organ taslaklarının floral gelişme aşamaları ve fenolojik safhalarla ilişkili olarak büyüklükleri (μm , $\text{ort}\pm\text{s.s}$)

Örnekleme tarihi	Nisan 1	Nisan 5	Nisan 10	Nisan 20	Mayıs 5	Mayıs 10	
Çiçek gelişme aşaması	8.1	8.2	9	10.1	10.2	10.3	
Fenolojik Aşama (Mod.E-L sistemi)	7	7-9	9	9-12	12-15	15	Nisbi büyüme (%)
Çiçek genişliği	14.5±4.0	24.6±3.6	35.9±7.3	117.4±14.6	179.2±26.7	184±16.3	1168
Çiçek uzunluğu	12.9±3.8	23.4±3.0	30.2±5.6	97.7±7.3	180.9±36.1	235±15.7	1721
Başçık genişliği				55.1±5.0	62.4±3.1	88.6±10.6	60
Başçık uzunluğu				60.0±7.4	77.3±2.9	106±11.5	76
Sapçık uzunluğu				12.8±3.7	50.8±6.2	112±6.6	775
Dişi organ uzunluğu				52.1±14.4	89.1±7.2	158±16.4	203
Yumurtalık genişliği				55.1±15.5	74.9±7.2	103±18.3	87
Dişicik tepesi çapı				10.9±2.0	15.7±3.3	42.4±4.7	289

Eklenen ara aşamaların özeti şöyledir: *aşama 8.1*: çanak yaprak taslağı farklılaşmaya başlar, *aşama 8.2*: çanak yaprak halkası ve taç yaprak taslakları gelişir, *aşama 10.1*: şapka tamamen oluşmuştur, erkek organda sapçık büyümesi yoktur ve dişi organ ortaya çıkmaya başlar, *aşama 10.2*: şapka kısa sapçıkları olan erkek organları tamamen örter ve dişi organ dişicik boynu ve tepesi belirginleşir ve son olarak *aşama 10.3*: uzamış erkek organlar ile birlikte belirgin bir dişicik boynu ve disk şeklinde dişicik tepesi bulunan dişi organ.

Yapılan çalışma ile verimliliğin temelinde ve özünde bulunan çiçek ve çiçek organ taslaklarının gelişimine yönelik detaylı bilgiler edinilmektedir. Eklenen ara safhaların asma fenolojik safhaları ile ilişkisi göz önüne alındığında, çiçeklerin gelişmelerini çiçeklenmeden 3 hafta kadar öncesinde ve 6-8 yaprak belirgin sap oluşumlarıyla sürgünden ayrıldığı durumda tamamladıkları ortaya çıkmaktadır. Verimliliği artırıcı uygulamaların bu kısa dönem içerisinde uygulanması, gerçek verimliliğin artması yönünden yarar sağlayabilecektir. Bağda bu tür çalışmaların yapılması ile daha detaylı bilgiler edinileceği bir gerçektir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: FBA-2015-494.

KAYNAKLAR

- Ağaoğlu YS 1971. A study on the differentiation and the development of floral parts in grapes (*Vitis vinifera* L. var.). *Vitis* 10:20-26.
- Alleweldt G, Ilter E 1969. Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Blütenbildung und Triebwachstum bei Reben. *Vitis* 8: 286-313.
- Baggiolini M 1952. Les stades repères dans le développement annuel de la vigne et leur utilisation

pratique. *Revue romande d'Agriculture, de Viticulture et d'Arboriculture* 8: 4-6.

- Barnard C, Thomas JC 1933. Fruit bud studies II. The Sultana: Differentiation and development of the fruit buds. *J. Counc. Sci. Ind. Res. Aust.* 6: 285-294.
- Caporali E, Spada A, Marziani G, Failla O, Scienza A 2003. The arrest of development of abortive reproductive organs in the unisexual flower of *Vitis vinifera* ssp. *silvestris*. *Sex Plant Reprod.* 15: 291-300. doi:10.1007/s00497-003 0169-5.
- Coombe BG 1995. Adoption of a system of identifying grapevine growth stages. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 1: 104-110.
- Considine JA, Knox RB 1979. Development and histochemistry of the pistil of the grape. *Vitis vinifera*. *Ann. Bot.* 43: 11-22.
- Eichhorn KW, Lorenz H 1977. Phaenologische Entwicklungstadien der Rebe. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Braunschweig)* 2: 119-120.
- Gerrath JM, Posluszny U 1988. Morphological and anatomical development in the Vitaceae. II. Floral development in *Vitis riparia*. *Canadian Journal of Botany* 66: 1334-1351.
- Jacks BR 1984. Revision of the Australian Vitaceae. 1. *Ampelocissus* Planchon. *Austrobaileya* 2: 81-86.
- Jones JE, Menary RC, Wilson SJ 2009. Continued development of *V. vinifera* inflorescence primordia in winter dormant buds. *Vitis* 48(3): 103-105.
- Keller M 2015. The science of grapevines. Anatomy and Physiology. 2nd edn (Elsevier Academic Press: Burlington, MA, USA).
- Li-Mallet A, Rabot A, Geny L 2016. Factors controlling inflorescence primordia formation of grapevine: their role in latent bud fruitfulness? A review. *Botany* 94: 147-163, <https://doi.org/10.1139/cjb-2015-0108>.
- Lorenz DH, the late Eichhorn KW, Bleiholder H, Klose R, Meier U, Weber E 1995. Phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp.

- vinifera*) - Codes and descriptions according to the extended BBCH scale. Australian Journal of Grape and Wine Research 1: 100-110.
- May P, Antcliff AJ 1973. The fruitfulness of grape buds. 1. Measuring bud fruitfulness on forced single-node cuttings. Annales de l'Amelioration des Plantes (Paris). 23(1): 1-12.
- Noyce PW, Harper JDI, Steel CC, Wood RM 2015a. A new description and rate of development of inflorescence primordia over a full season in *Vitis vinifera* L. cv. Chardonnay. Am J Enol Vitic., ajev.2015.14050; published ahead of print September 03, 2015; DOI: 10.5344/ajev.2015.14050
- Noyce PW, Harper JDI, Steel CC, Wood RM 2015b. A Practical Method of Staging Grapevine Inflorescence Primordia with Improved Description of Stages in Season One. Am J Enol Vitic., ajev.2015.14135; published ahead of print August 06, 2015; DOI: 10.5344/ajev.2015.14135
- Ramos M, Coito J, Silva H, Cunha J, Costa M, Rocheta M 2014. Flower development and sex specification in wild grapevine. BMC Genomics 15: 1095.
- Scholefield PB, Ward RC 1975. Scanning electron microscopy of the developmental stages of the Sultana inflorescence. Vitis 14: 14-19.
- Snyder JC 1933. Flower bud formation in the Concord grape. Bot. Gaz. 94: 771-779.
- Spada A, Caporali E, Marziani G, Failla O, Scienza A 2003. The arrest of development of useless reproductive organs in the unisexual flower of *Vitis vinifera* ssp *silvestris*. Acta Hort. 603: 225-228. doi: 10.17660/ActaHortic.2003.603.31
- Srinivasan C, Mullins MG 1981. Physiology of flowering in the grapevine—A review. Am. J. Enol. Vitic. 32: 47-63.
- Srinivasan C, Mullins MG 1976. Reproductive anatomy of the grapevine (*Vitis vinifera* L.): origin and development of the anlage and its derivatives. Annals of Botany 38: 1079-1084.
- Swanepoel JJ, Archer E 1988. The ontogeny and development of *Vitis vinifera* L. cv. Chenin blanc inflorescence in relation to phenological stages. Vitis 27: 133-141.
- Timmons SA, Posluszny U, Gerrath JM 2007. Morphological and anatomical development in the Vitaceae. IX. Comparative ontogeny and phylogenetic implications of *Vitis rotundifolia* Michx. Can J Bot 85(9): 850-859.
- Watt AM, Dunn GM, May PB, Crawford SA, Barlow EWR 2008. Development of inflorescence primordia in *Vitis vinifera* L. cv. Chardonnay from hot and cool climates. Australian Journal of Grape and Wine Research 14: 46-53.

Bazı Bitki Ekstraktlarının Kök-Ur Nematodu *Meloidogyne arenaria* (Neal, 1889) Chitwood, 1949 (Tylenchida: Meloidogynidae)'nın Kontrolünde Kullanılabilir Potansiyeli

Gökhan AYDINLI¹, Fadime ŞEN², Sevilhan MENNAN³

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Bafra Meslek Yüksekokulu, 55400 Bafra, Samsun, ^{2,3}Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 55139 Atakum, Samsun

¹<https://orcid.org/0000-0002-3280-0411>, ²<https://orcid.org/0000-0001-5320-4865>, ³<https://orcid.org/0000-0002-4346-8100>

✉: gokhanay@omu.edu.tr

ÖZET

Çalışma, roka, yaprak lahanası, tere ve naneden elde edilen sulu ekstraktların, *Meloidogyne arenaria*'nın ikinci dönem larva ve yumurtalarına etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Denemelerde, taze bitki materyalinden %1, %2 ve %4, kurutulmuş bitki materyalinden ise %0.5, %1 ve %2 konsantrasyonları kullanılmıştır. İkinci dönem larva hareketini azaltmada en başarılı uygulamalar, taze bitkiler için terenin %4, nane ve yaprak lahanasının %2 ve %4 konsantrasyonları (%96-100), kuru bitkiler için yaprak lahanası ve nanenin her üç konsantrasyonu ile terenin %2'lik konsantrasyonudur (%97-100). En yüksek ikinci dönem larva ölümü, taze bitkilerin sulu ekstraktları için yaprak lahanasının %2 ve %4, terenin %4 ve nanenin her üç konsantrasyonunda (%83-98), kuru bitkilerin sulu ekstraktları için yaprak lahanasının %1 ve %2, terenin %2 ve nanenin her üç konsantrasyonunda (%90-99) tespit edilmiştir. Nematod yumurtası ile bulaştırılan topraklarda yetiştirilen domatesin hem ur hem de yumurta kümesi skalasını kontrole göre önemli oranda azaltan uygulamalar, taze bitkilerin sulu ekstraktları için tere ve nanenin en yüksek konsantrasyonu, kuru bitkilerin sulu ekstraktları için rokanın %1 ve %2 konsantrasyonlarıdır.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 31.10.2018

Kabul Tarihi : 04.03.2019

Anahtar Kelimeler

Meloidogyne arenaria

Roka

Nane

Tere

Sulu ekstrakt

Potential of Some Plant Extracts for the Control of Root-Knot Nematode *Meloidogyne arenaria* (Neal, 1889) Chitwood, 1949 (Tylenchida: Meloidogynidae)

ABSTRACT

The study was conducted to determine the effects of aqueous extracts of arugula, kale, garden cress and mint on second-stage juveniles and eggs of *Meloidogyne arenaria*. Concentrations of 1, 2 and 4% for fresh plant material and 0.5, 1 and 2% for dried plant material were used in the experiments. The most effective treatments on immobilized second-stage juvenile were detected in garden cress at 4%, mint and kale at 2 and 4% for aqueous extracts of fresh plants (96-100%), kale and mint at all concentrations and garden cress at 2% for aqueous extracts of dry plant parts (97-100%). The highest mortality rates of second-stage juvenile were kale at 2 and 4%, garden cress at 4% and mint at all concentrations for aqueous extracts of fresh plants (83-98%) and kale at 1 and 2%, garden cress at 2% and mint at all concentrations for aqueous extracts of dry plants (90-99%). Treatments that significantly reduced both gall and egg masses scales of the tomatoes grown in infested soil with nematode eggs compared to the control were the highest concentrations of garden cress and mint for aqueous extracts of fresh plants, 1 and 2% concentrations of arugula for aqueous extracts of dry plants.

Research Article

Article History

Received : 31.10.2018

Accepted : 04.03.2019

Keywords

Meloidogyne arenaria

Arugula

Mint

Garden cress

Aqueous extract

To Cite : Aydın G, Şen F, Mennan S 2019. Bazı Bitki Ekstraktlarının Kök-Ur Nematodu *Meloidogyne arenaria* (Neal, 1889) Chitwood, 1949 (Tylenchida: Meloidogynidae)'nın Kontrolünde Kullanılabilir Potansiyeli. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 22(3): 414-420. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.476969.

GİRİŞ

Kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.), ekonomik önemi yüksek bitki paraziti nematodlardan olup tarımsal üretimin yapıldığı pek çok yerde dağılım gösteren ve geniş konukçu dizisine sahip endoparazit bitki zararlılarıdır (Jones ve ark., 2013). Nematodun kök içerisindeki yaşamı, yumurtadan çıkan ikinci dönem larvanın köke girişi ile başlamaktadır. Kök içinde uygun bir yere kendini sabitleyerek beslenme hücreleri oluşturan ikinci dönem larva, metabolik aktivitesi yüksek bu beslenme hücreleri sayesinde hızlı bir şekilde gelişerek ergin döneme ulaşmaktadır. Kök-ur nematodunun beslenmesi sonucunda, köklerde neden olduğu fizyolojik değişikliğin bir göstergesi olarak urlu kök yapıları ortaya çıkmaktadır (Karssen ve Moens, 2006). Kök sisteminin zarar görmesi sonucu, bitkilerin üst aksamında su ve besin elementi eksikliğinden dolayı gelişme geriliği, bodurluk, solgunluk, kuruma gibi belirtiler görülmektedir (Moens ve ark., 2009). Kök-ur nematodlarının neden olduğu ürün kayıpları, nematodun türüne, populasyon yoğunluğuna, çevre faktörlerine ve bitki çeşidine göre değişiklik göstermekte olup, zararın boyutu %100'e kadar ulaşabilmektedir (Collange ve ark., 2011; Seid ve ark., 2015).

Kök-ur nematodları ile mücadelede en etkili yöntemlerin başında sentetik nematisitler gelmesine rağmen, günümüzde pek çok nematisit, çevreye olan olumsuz etkilerinden dolayı yasaklanmıştır (Caboni ve ark., 2013). Bu durum, nematisit etkiye sahip doğal bileşiklerin araştırılmasına olan ilgiyi arttırmıştır (Ntalli ve Caboni, 2012). Özellikle bitkiler, nematisit aktiviteye sahip bileşiklerin araştırılması için önemli bir potansiyele sahiptir (Oka, 2012). Bitkilerden farklı ekstraksiyon yöntemleri kullanılarak elde edilen uçucu yağlar ve ekstraktların, kök-ur nematodunun yumurta açılımına, ikinci dönem larva hareketi ve ölümüne etkileri ile ilgili çok sayıda araştırma yürütülmüştür (Walker ve Melin, 1996; Al-Banna ve ark., 2003; Oka, 2012; Oka ve ark., 2012; Oka ve ark., 2014; Caboni ve ark., 2013; Aydın ve Mennan, 2014; Kepenekçi ve Sağlam, 2015; Çetintaş ve Kara, 2016; Kepenekçi ve ark., 2016; Kepenekçi ve ark., 2017; Kepenekçi ve Sağlam, 2018; Dura ve ark., 2018). Bu araştırmaların bir kısmında, nematoda etkili bileşiklerin bitkilerden elde edilebilmesi için organik çözücüler (etanol, metanol vb.) kullanılmıştır (Oka ve ark., 2012; Oka ve ark., 2014; Caboni ve ark., 2013; Kepenekçi ve ark., 2016). Buna karşın, toksik organik çözücüler kullanmadan, bitki sulu ekstraktlarının doğrudan uygulanabilmesi, bitki koruma açısından daha kıymetlidir (Caboni ve ark., 2013). Bu itibarla, çalışmada insan beslenmesinde kullanılabilen bitkilerden roka (*Eruca sativa*), yaprak lahanası (*Brassica oleracea* var. *acephala*), tere (*Lepidium sativum*) ve naneden (*Mentha piperita*) elde edilen sulu ekstraktların *M. arenaria*'nın yumurta ve ikinci

dönem larvalarına etkisi araştırılmıştır.

MATERYAL ve METOD

Nematod Kültürü

Çalışmada, saksı kültürü olarak tek yumurta kümesinden geliştirilerek muhafaza edilen *M. arenaria* türü ile bulaşık hassas domates (*Solanum lycopersicum* L.) bitkileri sökülmuş ve genç dişiler stereomikroskop altında pens yardımıyla köklerden toplanmıştır. Seçilen dişiler esteraz enzim fenotipine göre analiz edilmiş ve çalışmada kullanılan nematod türünün *M. arenaria* olduğu doğrulanmıştır (Aydın ve Mennan, 2016). Denemelerde kullanılacak yumurtaların elde edilmesi için bitki kökleri 2-3 cm'lik parçalar halinde kesilerek, içerisinde %0.5 sodyum hipoklorit (NaOCl) solüsyonu bulunan erlenmayere yerleştirilmiş ve 3 dakika kuvvetlice çalkalanmıştır. Bu kök solüsyonu, çeşme suyu altında bulunan 200 ve 500 mesh eleklerden geçirilmiş, 500 mesh elekten takılan yumurtalar, su ile behere toplanmıştır (Hussey ve Barker, 1973). Ekstraktların nematod yumurtasına etkisini değerlendirmek için gerekli miktarda yumurta, inokulum olarak kullanıldıktan sonra, kalan yumurtalar ikinci dönem larvaları elde etmek amacıyla kullanılmıştır. Bunun için yumurta solüsyonu, huni içerisindeki elek üzerine yerleştirilen filtre kağıdına dökülmüş ve yumurtalardan çıkıp suya geçen ikinci dönem larvalar huniden toplanmıştır. Deneme için en fazla 2 günlük ikinci dönem larvalar kullanılmıştır.

Bitki Ekstraktları

Çalışmada kullanılan ekstraktlar, roka, yaprak lahanası, tere ve nane bitkilerinden elde edilmiştir. Bitkiler, Samsun ilindeki üreticilerden taze olarak temin edilmiş ve kullanılabildiği kadar 2-3 gün süre ile 4°C'de buzdolabında muhafaza edilmiştir. Ekstraksiyon için, bitkilerin topraküstü kısmının taze ve kurutulmuş olarak iki farklı materyali değerlendirilmiştir. Bunun için taze bitkiler 60°C'deki etüvde kuru ağırlıkları sabitlenene kadar kurutulmuş ve öğütüldükten sonra oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir (Oka ve ark., 2012).

Taze bitkilerden %25 (w/w)'lik, kuru bitkilerden ise %10 (w/w)'luk sulu ekstraktlar stok olarak hazırlanmıştır. Taze bitkilerden sulu ekstraksiyon için 125 g taze bitki materyali, 375 ml saf su içerisinde blenderde parçalanmıştır. Kuru bitkilerden sulu ekstraksiyon için ise 30 g kuru bitki materyali 270 ml saf su bulunan erlenmayere yerleştirildikten sonra 4°C'deki dairesel hareketli çalkalayıcıda, 100 rpm'de 24 saat tutulmuştur. Bundan sonraki işlemler, her iki bitki materyali için de aynı şekilde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sulu karışımlar ilk olarak kaba tel elekten, daha sonrada 38 mikronluk (400 mesh) elekten geçirilmiştir. Eleklerden süzülen

sıvı kısımlar, 15 ml hacmindeki tüplere yerleştirilerek 5000 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiş ve sıvıların üst fazı Whatman filtre kağıdından (No.1) geçirilmiştir. Bu şekilde elde edilen ekstraktlar, kullanılabildiği kadar ışık geçirmeyen şişeler içinde 4°C'de muhafaza edilmiştir (Oka, 2012; Oka ve ark., 2014).

Ekstraktların İkinci Dönem Larvalara Etkisinin Değerlendirilmesi

Çalışma, ekstraktların ikinci dönem larvaların hareketine ve canlılığına etkilerini saptamak amacıyla, steril ve düz tabanlı 96 kuyucuklu platelerde yürütülmüştür. İlk olarak platedeki her bir kuyucuğa mikropipet yardımıyla 50 µl su içerisinde yaklaşık 50 adet ikinci dönem larva yerleştirilmiştir. Daha sonra, kuyucuklardaki ekstraktların final hacmi 200 µl olacak şekilde, ekstraktların stok solüsyonundan ve saf sudan gerekli hacimler eklenmiştir. Stok solüsyondan kullanılacak ekstrakt ile saf suyun hacmi, etkisi araştırılacak ekstraktın konsantrasyonuna göre ayarlanmıştır. Taze bitki ekstraktları için %1, %2 ve %4, kuru bitki ekstraktları için ise %0.5, %1 ve %2 kullanılmıştır. Kontrol grubuna ise ekstrakt yerine saf su eklenmiştir. Uygulamalar tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak hazırlanmıştır. Plateler 24°C'deki inkübatörde 48 saat bekletilmiş ve bu sürenin sonunda her bir kuyucuktaki hareketli ve hareketsiz ikinci dönem larvalar sayılarak kaydedilmiştir. Bu sayım sonuçlarına göre ekstrakt uygulamalarındaki hareketsiz ikinci dönem larva oranları yüzde (%) olarak hesaplanmıştır. Sayım yapılan larvalardaki ekstraktlar mikropipet yardımıyla uzaklaştırılarak, yerine saf su eklenmiş ve plateler 24°C'deki inkübatörde 24 saat bekletilmiştir. Bu süre sonunda yapılan sayımlarda, hareketsiz ikinci dönem larvalar ölü olarak değerlendirilmiş ve her bir uygulama için ölüm oranları % olarak hesaplanmıştır.

Ekstraktların Yumurtalara Etkisinin Değerlendirilmesi

Ekstrakt uygulamalarının nematod yumurtasına etkisinin yanı sıra bitkilere etkisini değerlendirmek amacıyla, çalışma steril toprak ve bitki ortamında yürütülmüştür. Nem oranı %1'den daha düşük olan 200 g steril kumlu toprak, plastik poşete alınarak 1 ml hacmindeki 1000 adet yumurta bulaştırılmıştır. Nematod inokulasyondan hemen sonra, topraklara her bir bitki ekstraktından 20 ml eklenmiştir. Kontrol uygulamalarına ise ekstrakt yerine aynı hacimde su verilmiştir. Uygulama yapılan poşetler gevşek bir şekilde kapatılmıştır. Çalışmada kullanılan ekstrakt konsantrasyonları, taze bitki materyali için %1, %2 ve %4, kuru bitki materyali için %0.5, %1 ve %2'dir. Her bir uygulama 4 tekerrürlü olarak hazırlanmış ve topraklar 24±2°C'deki karanlık ortamda, 1 hafta bekletilmiştir. Bu süre sonunda saksılara yerleştirilen

topraklara, torf içerisinde 2-3 gerçek yapraklı fide haline getirilen nematoda hassas domates fideleri (Falcon) şaşırtılmıştır. Saksılar tesadüf parselleri deneme desenine göre 25±2°C'deki seraya yerleştirilmiştir. Bitkiler düzenli sulanarak başka herhangi bir işlem yapılmamış ve 4 hafta sonra sökülülmüştür. Bitki gövde boyu, gövde yaş ağırlığı ve kök ağırlığı belirlenen bitkilerin, köklerdeki urlanma oranı değerlendirildikten sonra, kökler Phloksin B solüsyonu ile boyanmış ve köklerdeki yumurta kümeleri sayılmıştır. Köklerdeki urlanma ve yumurta kümesi, 0-5 skalasına (0= ur/yumurta kümesi yok; 1= 1-2 ur/yumurta kümesi; 2=3-10 ur/yumurta kümesi; 3=11-30 ur/yumurta kümesi; 4=31-100 ur/yumurta kümesi; 5= ur/yumurta kümesi sayısı >100) göre değerlendirilmiştir (Taylor ve Sasser, 1978).

Verilerin Analizi

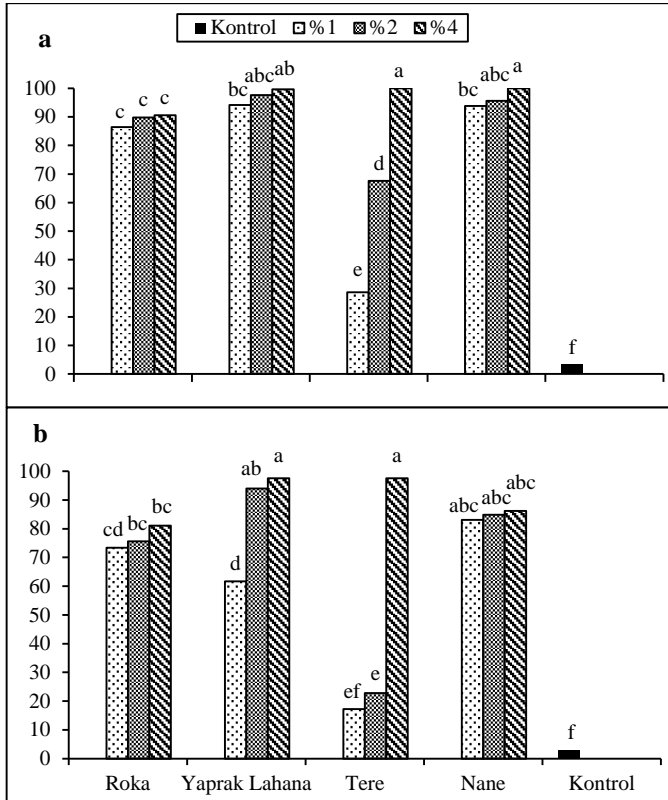
Çalışmalarda taze ve kuru bitki materyallerinin ekstraktlarına ait veriler ayrı ayrı analiz edilmiştir. Ekstraktların ikinci dönem larvalara etkisini değerlendirmek için yürütülen çalışmada, hareketsizlik ve ölüm oranına ait % değerlere, istatistiksel analiz yapılmadan önce açı transformasyonu uygulanmıştır. Denemelerden elde edilen verilere varyans analizi (ANOVA) yapıldıktan sonra, uygulamalar arasındaki farklılık, Tukey HSD testine göre %5 önem seviyesinde değerlendirilmiştir. Analizler SPSS programında gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR

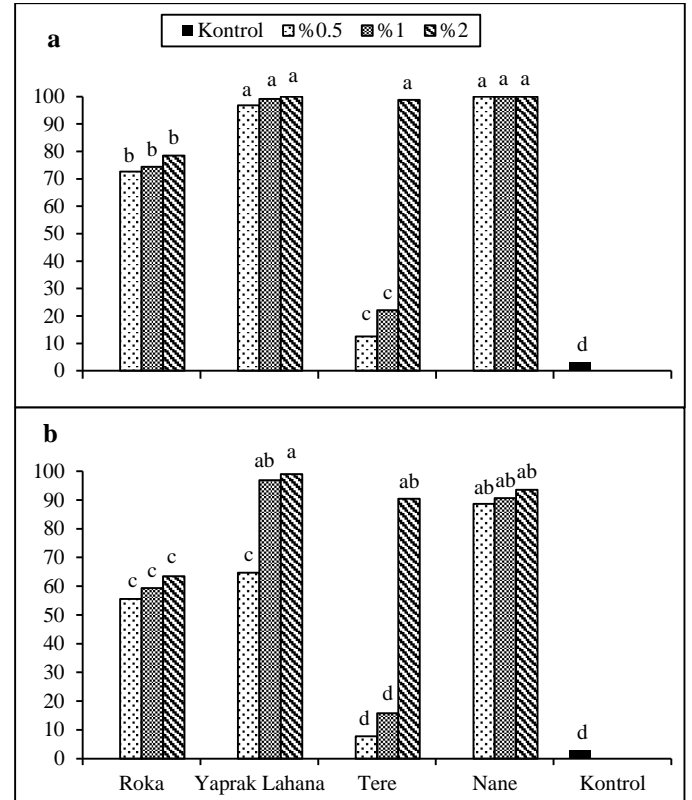
Ekstraktların ikinci dönem larvalara etkisini değerlendirmek amacıyla yürütülen çalışmada, taze bitki ekstraktlarının tamamında, kontrolden daha yüksek oranda hareketsiz ikinci dönem larva tespit edilmiştir (Şekil 1a). En yüksek hareketsiz ikinci dönem larva oranları, terenin %4 konsantrasyonunda (%100), nane (%95.59-100) ve yaprak lahananın (%97.67-99.62) %2 ve %4 konsantrasyonlarında saptanmıştır.

Hareketsiz ikinci dönem larva oranı belirlenen uygulamalar, 24 saat suda bekletildikten sonra tekrar yapılan sayımlarda, bazılarının aktif hale geçtiği belirlenmiş ve her bir uygulama için değişen oranlarda ölü ikinci dönem larvalar tespit edilmiştir (Şekil 1b). En yüksek ikinci dönem larva ölüm oranı, yaprak lahananın %2 (%94.01) ve %4 (%97.50), terenin %4 (%97.51) ve nanenin her üç konsantrasyonunda (%83.03-86.22) tespit edilmiştir.

Kuru bitki ekstraktlarında en yüksek hareketsiz ikinci dönem larva oranları yaprak lahanası ve nane ekstraktlarının her üç konsantrasyonu ile terenin en yüksek konsantrasyonunda tespit edilmiş olup, %96.87'den %100'e kadar değişmektedir (Şekil 2a).



Şekil 1. Farklı bitki türlerinden elde edilen taze bitki ekstraktlarındaki hareketsiz (a) ve ölü (b) ikinci dönem larva oranları (%) (Ekstrakt içerisinde 48 saat bekletilen ikinci dönem larvalarda, hareketsizlik oranı belirlendikten sonra ekstraktların yerine saf su yerleştirilmiş ve 24 saat sonra yapılan sayımda hareket etmeyen ikinci dönem larvalar ölü olarak değerlendirilmiştir. Her bir grafikteki aynı harfe sahip uygulamalar Tukey testine göre %5 önem seviyesinde istatistiksel olarak farklıdır)



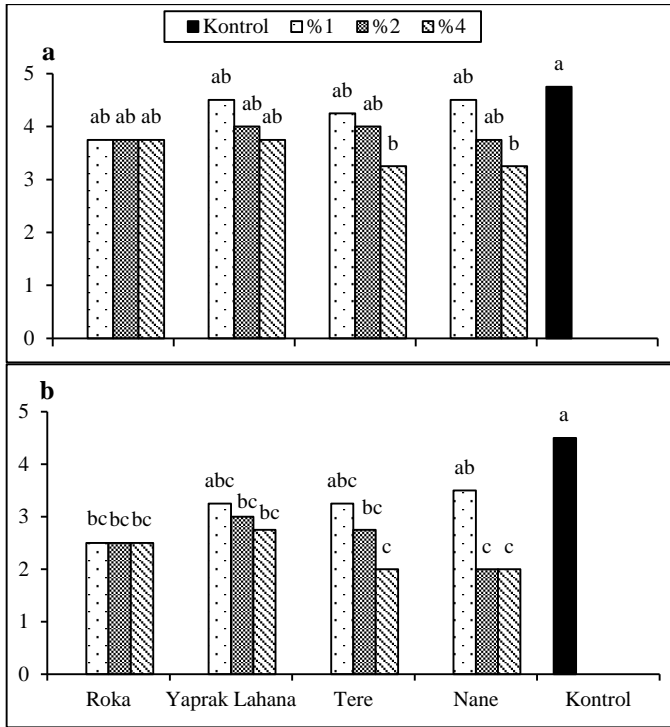
Şekil 2. Farklı bitki türlerinden elde edilen kuru bitki ekstraktlarındaki hareketsiz (a) ve ölü (b) ikinci dönem larva oranları (%) (Ekstrakt içerisinde 48 saat bekletilen ikinci dönem larvalarda, hareketsizlik oranı belirlendikten sonra ekstraktların yerine saf su yerleştirilmiş ve 24 saat sonra yapılan sayımda hareket etmeyen ikinci dönem larvalar ölü olarak değerlendirilmiştir. Her bir grafikteki aynı harfe sahip uygulamalar Tukey testine göre %5 önem seviyesinde istatistiksel olarak farklıdır)

En yüksek hareketsiz ikinci dönem larva oranlarının tespit edildiği bu ekstraktlardan yaprak lahananın %0.5'lik konsantrasyonu dışındaki diğer uygulamalarda, en yüksek ikinci dönem larva ölüm oranları %88.69-98.99 olarak saptanmıştır (Şekil 2b).

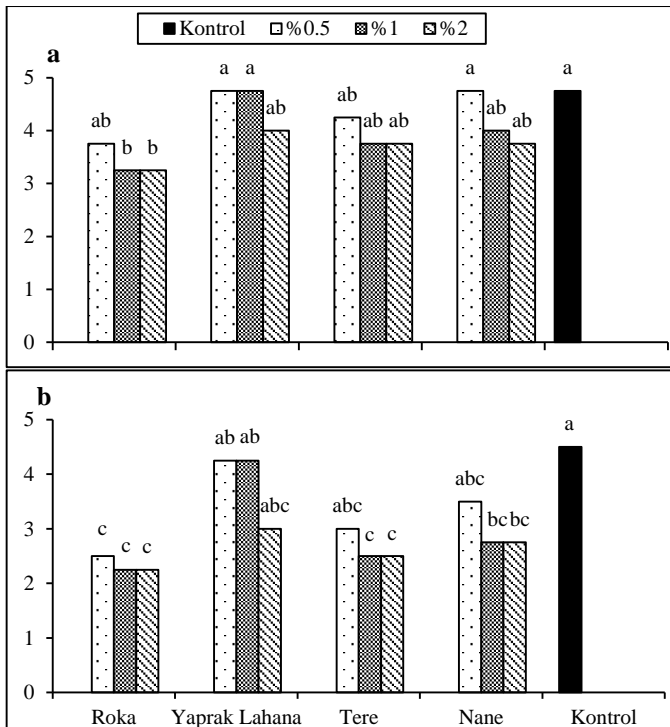
Farklı bitki türlerinin taze ve kuru materyallerinden elde edilen sulu ekstraktların uygulandığı nematodlu topraklarda yetiştirilen bitkilerin hiç birinde, fitotoksik etki görülmemiştir. Ekstraktların bitki gelişimine etkisini değerlendirmek için elde edilen bitki gövde boyu, gövde yaş ağırlığı ve kök ağırlığı verilerine varyans analizi yapıldığında, F testine göre uygulamaların istatistiksel anlamda farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir. Buna karşın, uygulamalarda tespit edilen ur ve yumurta kümesi skalasına ait ortalamalar, varyans analizinde %5 önem seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Taze bitki ekstraktlarından tere ve nanenin en yüksek konsantrasyonunun uygulandığı topraklarda yetiştirilen bitkilerin ur skalası değerleri ortalama 3.25 olup, bu değer kontrol grubunda tespit edilenden önemli seviyede düşüktür (Şekil 3a).

Diğer uygulamalardaki ur skalası değerleri kontrole göre daha az olmasına rağmen, bu azalış istatistiksel olarak önemli değildir. Ayrıca, tere ve nane dışındaki bitki türlerinin farklı uygulama konsantrasyonları arasında istatistiksel anlamda farklılık görülmemiştir. Yaprak lahanaya, tere ve nane bitkilerinden elde edilen ekstraktların en düşük konsantrasyonları dışındakiler ve rokanın bütün konsantrasyonları, bitki köklerindeki yumurta kümesini kontrole göre önemli seviyede azaltmıştır (Şekil 3b). En düşük yumurta kümesi skalası (2), nanenin %2 ve %4 konsantrasyonu ile terenin %4 konsantrasyonunda tespit edilmiştir.

Kurutulmuş bitkilerden elde edilen ekstraktlar kullanıldığında, en düşük ur skalası değeri (3.25) rokanın %1 ve %2 konsantrasyonlarında elde edilmiştir (Şekil 4a). Ortalama ur skalası, bu değer üzerinde tespit edilen diğer ekstrakt uygulamalarının kontrol ile aynı istatistiksel öneme sahip olduğu saptanmıştır. Ekstrakt uygulaması yapılan topraklarda yetiştirilen bitkilerin tamamında kontrole göre daha düşük yumurta kümesi tespit edilmiş olmasına rağmen, rokanın her üç konsantrasyonu ile



Şekil 3. Farklı bitki türlerinden elde edilen taze bitki ekstraktlarının uygulandığı topraklarda dört hafta yetiştirilen domates köklerinde tespit edilen ur skalası (a) ve yumurta kümesi skalası (b) değerleri (Her bir grafikteki aynı harfe sahip uygulamalar Tukey testine göre %5 önem seviyesinde istatistiksel olarak farksızdır)



Şekil 4. Farklı bitki türlerinden elde edilen kuru bitki ekstraktlarının uygulandığı topraklarda dört hafta yetiştirilen domates köklerinde tespit edilen ur skalası (a) ve yumurta kümesi skalası (b) değerleri (Her bir grafikteki aynı harfe sahip uygulamalar Tukey testine göre %5 önem seviyesinde istatistiksel olarak farksızdır)

tere ve nanenin % 1 ve %2 konsantrasyonunda tespit edilen değerler (2.25-2.75) kontrolden önemli seviyede daha düşüktür (Şekil 4b).

TARTIŞMA ve SONUÇ

Çalışmada değerlendirilen bitkilerin taze ve kuru materyallerinden elde edilen sulu ekstraktlarının ikinci dönem larva hareketi ve ölümü üzerine etkileri genellikle kontrol grubuna göre önemli seviyede olmasına rağmen, bu ekstrakt uygulamalarından bazılarının, yumurta ile bulaştırılan topraklardaki etkinlikleri kontrol grubu ile aynı düzeyde olup, etkisiz olarak değerlendirilmiştir.

Genel olarak ekstrakt uygulamalarının tamamında, yumurta kümesi skalasının, ur skalasına göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bunun bir nedeni, ekstrakt uygulamalarının yumurta açılımını engellemesinden dolayı larva çıkışlarını geciktirmesi olabilir. Diğer olası bir neden ise yumurtadan çıkan ikinci dönem larva hareketinin ekstraktlar tarafından engellenmesidir. Her iki hipoteze göre de yumurtadan çıkan larvanın köke girişi daha geç ya da az olacaktır. Bundan dolayı, köke geç giriş yapan ikinci dönem larvalar, köklerde ırlanmaya neden olabilmiş, ancak yumurta kümesi oluşturacak kadar yeterli süreye sahip olamamıştır. Çünkü, bu çalışmada test bitkisi olarak kullanılan domatesin ekstrakt uygulanmış topraklarda yetiştirilme süresi, nematodun ancak bir dönümü tamamlayabileceği kadardır (Maleita ve ark., 2012). Dolayısıyla, nispeten kısa süreli bitki yetiştiriciliğinin uygulandığı denemelerde, ekstraktların nematoda etkisini değerlendirirken, yumurta kümesine kıyasla ırlanma oranı dikkate alınmalıdır.

Her iki denemeden elde edilen sonuçlar bir arada değerlendirildiğinde, taze bitki ekstraktlarından nane ve tere, kuru bitki ekstraktlarından ise rokanın, *M. arenaria* ile mücadelede kullanılabilme potansiyelinde olduğu tespit edilmiştir. Nanenin kuru bitki ekstraktı uygulamaları özellikle ikinci dönem larvalara karşı yüksek seviyede etkili olup, test edilen her üç konsantrasyon ikinci dönem larva hareketini 24 saatte %100 oranında engelleyerek nematisit etkisi %89-94 arasında değişmiştir. Benzer şekilde, Caboni ve ark. (2013), kuru nane bitkisinden elde edilen sulu ekstraktın *M. incognita* ikinci dönem larvalarına karşı önemli seviyede nematisit etki gösterdiğini belirlemişlerdir. Kök-ur nematodlarının mücadelesinde nane bitkisinin kullanılabilme potansiyelini araştıran Walker ve Melin (1996), farklı nane hatlarından bazılarının yüksek nematod popülasyonunda çok az sayıda ur oluşumuna izin vermesine rağmen, genel olarak *M. incognita* ve *M. arenaria*'ya karşı konukçu olmadıklarını belirlemişlerdir. Ayrıca, nane bitkisinin nematod ile bulaşık toprakta 8 ve 12 hafta yetiştirilmesinden sonra dikilen hassas domatesin köklerinde, domates

yetiştiriciliğini takiben dikilen domatese kıyasla, urlanma oranının %90 azaldığını tespit etmişlerdir. Bu çalışmada, taze nane bitkisinin sulu ekstraktının uygulandığı nematodlu topraklarda yetiştirilen domates bitkisinin köklerindeki urlanma oranı, kurutulmuş nane bitkisinden elde edilen sulu ekstrakt uygulamalarına kıyasla daha düşüktür. Önceki çalışmalar ile bu çalışmada elde edilen sonuçlar bir arada değerlendirildiğinde, nane bitkisinin nematod ile bulaşık alanlarda, üretimi yapılacak kültür bitkisinden önce yetiştirilip yeşil gübre olarak toprağa karıştırılması sonucunda nematod popülasyonunun baskılanabileceği düşünülmektedir.

Nane bitkisinde olduğu gibi tere de taze bitki ekstraktı olarak hazırlandığında ve en yüksek konsantrasyonda uygulandığında, *M. arenaria*'ya karşı etkilidir. Bu bitki ekstraktının daha düşük konsantrasyonları, diğer bitki ekstraktlarına oranla ikinci dönem larvalara karşı önemli seviyede düşük etkiye sahiptir. Benzer şekilde, methanol ekstraktının *M. javanica* ve *M. incognita* ikinci dönem larvalarına karşı, ilk 24 saatte oldukça düşük öldürücü etki gösterdiği tespit edilmiştir (Al-Banna ve ark., 2003). Nane ve tere bitkilerinin aksine rokanın, özellikle kuru bitkilerden elde edilen sulu ekstraktları, taze bitki materyalinden elde edilenlere göre daha etkilidir. Roka, sahip olduğu glukosinolat içeriği nedeniyle, kök-ur nematodlarına karşı mücadelede biyofumigant olarak kullanılabilme potansiyeli bilinen bir bitkidir (Melakeberhan ve ark., 2006; Sarıkamış ve ark., 2017). Bu nedenle, nematod ile bulaşık topraklarda yetiştirildikten sonra yeşil gübre olarak toprağa uygulandığında, nematod popülasyonu üzerine baskılayıcı etkiye sahip olduğu bilinmektedir (Aydınlı ve Mennan, 2018). Buna karşın, beklenilen aksine rokanın kuru materyalinden elde edilen ekstraktlar, taze ekstraktlara göre daha etkili bulunmuştur. Ekstrakt elde etmek için kullanılacak bitki materyalinin niteliği (taze veya kuru), nematoda karşı etkili olabilecek bileşik(ler)in varlığının veya konsantrasyonunun değişmesine neden olabilir (Oka ve ark., 2014). Ayrıca, nematisit özelliğe sahip bileşiklerin elde edilmesi için sulu ekstraksiyon her zaman yeterli değildir. Oka ve ark. (2012), *Myrtus communis* bitkisinden farklı çözücüler kullanılarak elde edilen ekstraktların, *M. javanica*'ya gösterdiği nematisit etki seviyesinin farklı olduğunu ve methanol ekstraktının yüksek, sulu ekstraktın ise düşük nematisit etki gösterdiğini tespit etmiştir. Buna karşın, Caboni ve ark. (2013), kuru nane bitkisinden elde edilen sulu bitki ekstraktının, uçucu yağ ve methanol ekstraktlarına kıyasla daha etkili ve *M. incognita* ikinci dönem larvalarına nematisit özellikle olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, sulu ekstraktların flavonoidler ve karboksilik asitler bakımından zengin olduğunu, özellikle reaktif karbonil türlerin *M. incognita*'ya karşı güçlü ve hızlı bir etki mekanizması göstererek ikinci dönem larvaları paralyze ederek bir

süre sonra ölümüne neden olduğunu belirtmişlerdir (Caboni ve ark., 2013). Özellikle, sulu bitki ekstraktlarının diğer ekstraksiyon yöntemlerine (ethanol, methanol ekstraktları gibi) göre en önemli avantajları, hazırlanmasında özel ekipman gerekmemesi, kolay, ucuz ve güvenli bir şekilde kullanılabilir olmasıdır (Caboni ve ark., 2013).



Çalışmada, domateste urlanma oranı ve yumurta kümesinin düşük tespit edildiği uygulamalar, önemli derecede nematod kontrolü sağlamasına rağmen mücadelede tek başına kullanılabilir yeterli de değildir. Fakat nematod popülasyonunu azaltma potansiyeline sahip olmaları nedeniyle, diğer mücadele yöntemleri ile bir arada kullanıldıklarında etkili bir nematod kontrolü sağlayabilirler. Riga (2011), yeşil gübre olarak toprağa karıştırılan roka ile birlikte düşük dozdaki nematisit uygulamasının (tavsiye dozunun yarısı) başarılı bir nematod mücadelesi sağlandığını ve mücadele masraflarının, sadece nematisit (tavsiye edilen dozda) kullanılarak gerçekleştirilene göre %35 azaldığını saptamıştır. Ayrıca, nematisitin düşük dozunun topraktaki yararlı nematodların popülasyonunu etkilemediği de belirtilmiştir. Özellikle, çalışmada etkinliği önemli bulunan nane ve terenin, rokada olduğu gibi nematod ile bulaşık topraklarda yetiştirildikten sonra yeşil gübre olarak toprağa uygulanması ile elde edilecek mücadele başarısının, ileriki çalışmalarda belirlenmesi faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Al-Banna L, Darwish RM, Aburjai T 2003. Effect of Plant Extracts and Essential Oils on Root-Knot Nematode. *Phytopathologia Mediterranea*, 42: 123-128.
- Aydınlı G, Mennan S 2014. Effect of Some Plant Extracts on *Meloidogyne arenaria* Neel, 1889 (Tylenchida: Meloidogynidae) and Tomato. *Turkish Journal of Entomology*, 38(3): 323-332.
- Aydınlı G, Mennan S 2016. Identification of Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* spp.) from Greenhouses in the Middle Black Sea Region of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 40: 675-685.
- Aydınlı G, Mennan S 2018. Biofumigation Studies by Using *Raphanus sativus* and *Eruca sativa* as a Winter Cycle Crops to Control Root-Knot Nematodes. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 61: e18180249.
- Caboni P, Saba M, Tocco G, Casu L, Murgia A, Maxia A, Menkissoglu-Spiroudi U, Ntalli N 2013. Nematicidal Activity of Mint Aqueous Extracts against the Root-Knot Nematode *Meloidogyne incognita*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61: 9784-9788.
- Collange B, Navarrete M, Peyre G, Mateille T, Tchamitchian M 2011. Root-Knot Nematode (*Meloidogyne*) Management in Vegetable Crop Production: The Challenge of an Agronomic System

- Analysis. *Crop Protection*, 30: 1251-1262.
- Çetintaş R, Kara H 2016. *Arthrobacter* (ROA) ve Kadife Çiçeği (*Tagetes patula*) Ekstraktlarının *Meloidogyne incognita* (Kofoid&White) Populasyonuna Karşı Etkinliği. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(2): 221-226.
- Dura O, Sönmez İ, Çelik YN, Kurtuldu HM, Dura S, Kepenekçi İ 2018. Effect of Castor Bean [*Ricinus communis* Linn (Euphorbiaceae)] and Dieffenbachia [*Dieffenbachia maculata* (Araceae)] of Root-Knot Nematode (*Meloidogyne incognita*) on Greenhouse Tomatoes. *Munis Entomology Zoology*, 13(2): 566-573.
- Hussey RS, Barker KR 1973. A Comparison of Methods of Collecting Inocula of *Meloidogyne* spp., Including A New Technique. *Plant Disease Reporter*, 57: 1025-1028.
- Jones TJ, Haegeman A, Danchin EG, Gaur HS, Helder J, Jones MGK, Kikuchi T, Manzanilla-Lopez R, Palomares-Rius JE, Wesemael WML, Perry RN 2013. Top 10 Plant-Parasitic Nematodes in Molecular Plant Pathology. *Molecular Plant Pathology*, 14(9): 946-961.
- Karssen G, Moens M 2006. Root-Knot Nematodes (Plant Nematology, CAB International, Wallingford, UK: Ed. Perry RN, Moens M) 59-90.
- Kepenekçi İ, Erdoğan D, Erdoğan P 2016. Effects of Some Plant Extracts on Root-Knot Nematodes in Vitro and in Vivo Conditions. *Turkish Journal of Entomology*, 40(1): 3-14.
- Kepenekçi İ, Katı Çekengil T, Erdoğan FD, Erdoğan P, Sağlam HD 2017. Beş Farklı Bitki Ekstraktının Domateste Zararlı Kök-Ur Nematod (*Meloidogyne incognita* Irk 2 ve *M. arenaria* Irk 2) (Tylenchida: Meloidogynidae)'larına Karşı Sera Koşullarındaki Etkisinin Belirlenmesi. *Turkish Journal of Weed Science*, 20(1): 36-47.
- Kepenekçi İ, Sağlam HD 2015. Extracts of Some Indigenous Plants Affecting Hatching and Mortality in the Root Knot Nematode *Meloidogyne javanica* Treub Chitwood. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 25(1): 39-44.
- Kepenekçi İ, Sağlam HD 2018. Effects of Some Indigenous Plant Extracts on *Meloidogyne javanica* Infesting Eggplant and Pepper under Greenhouse Condition. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 20(6): 1269-1278.
- Maleita C, Curtis R, Abrantes I 2012. Thermal Requirements for the Embryonic Development and Life Cycle of *Meloidogyne hispanica*. *Plant Pathology*, 61: 1002-1010.
- Melakeberhan H, Xu A, Kravchenko A, Mennan S, Riga E 2006. Potential Use of Arugula (*Eruca sativa* L.) as a Trap Crop for *Meloidogyne hapla*. *Nematology*, 8(5): 793-799.
- Moens M, Perry RN, Starr JL 2009. *Meloidogyne* Species- A Diverse Group of Novel and Important Plant Parasites (Root-Knot Nematodes, CAB International, Wallingford, UK: Ed. Perry RN, Moens M, Starr JL) 1-17.
- Ntalli NG, Caboni P 2012. Botanical Nematicides: A Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60: 9929-9940.
- Oka Y 2012. Nematicidal Activity of *Verbesina encelioides* Against the Root-Knot Nematode *Meloidogyne javanica* and Effects on Plant Growth. *Plant and Soil*, 355: 311-322.
- Oka Y, Ben-Daniel B, Cohen Y 2012. Nematicidal Activity of the Leaf Powder and Extracts of *Myrtus communis* to the Root-Knot Nematode *Meloidogyne javanica*. *Plant Pathology*, 61: 1012-1020.
- Oka Y, Shuker S, Tkachi N, Trabelcy B, Gerchman Y 2014. Nematicidal Activity of *Ochradenus baccatus* Against the Root-Knot Nematode *Meloidogyne javanica*. *Plant Pathology*, 63: 221-231.
- Riga E 2011. The Effects of Brassica Green Manures on Plant Parasitic and Free Living Nematodes Used in Combination with Reduced Rates of Synthetic Nematicides. *Journal of Nematology* 43(2):119-121.
- Sarıkamış G, Aydın G, Mennan S 2017. Glucosinolates in Some Brassica Species As Sources of Bioactive Compounds Against Root-Knot Nematodes. *International Journal of Advanced Research*, 5(10): 271-278.
- Seid A, Fininsa C, Mekete T, Decraemer W, Wesemael WML 2015. Tomato (*Solanum lycopersicum*) and Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* spp.) – A Century-Old Battle. *Nematology*, 17(9): 995-1009.
- Taylor AL, Sasser JN 1978. Biology, Identification and Control of Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* spp.). A Cooperative Publication of the Department of Plant Pathology, North Carolina State University and the United States Agency for International Development, Raleigh, NC, USA, North Carolina State University Graphics, 111 pp.
- Walker JT, Melin JB 1996. *Mentha x piperita*, *Mentha spicata* and Effects of Their Essential Oils on *Meloidogyne* in Soils. *Journal of Nematology*, 28(4S): 629-635.

Patlıcan Tohumlarında Bitki Büyüme Düzenleyici Rizobakteri Uygulamalarının Kurşuni Küf (*Botrytis cinerea* Pers.: Fr.) Hastalığına Etkileri

Gülperi ÇİFTÇİ¹ , Hacer Handan ALTINOK² 

¹Tarım Kredi Kooperatifi, Bünyan-Kayseri, ²Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Melikgazi-KAYSERİ,

¹ <https://orcid.org/0000-0002-2568-9647>, ²<https://orcid.org/0000-0002-4267-1107>

✉: ahandan@gmail.com

ÖZET

Ülkemizde örtü altı patlıcan (*Solanum melongena* L.) üretiminde kurşuni küf hastalığı (*Botrytis cinerea* Pers.) önemli verim kayıplarına neden olmaktadır. Bu çalışmada, kurşuni küf hastalığına karşı bazı bitki gelişme düzenleyici rizobakterilerin etkinlikleri araştırılmıştır. *Bacillus* spp. (B379c, B10a ve 76A-1) ve *Pseudomonas* spp. (P07-1, P07-4 ve 85A-2) izolatları *in vitro* koşullarda *B. cinerea*'nın (Bc-TR07) miseliyal gelişimini %21-33 oranında engellemiştir. PGPR izolatları arasında *P. aeruginosa* (P07-1), saksı denemelerinde sadece patojen inokulumu içeren pozitif kontrole göre %58.1 etki oranı ile en başarılı izolat olarak belirlenmiştir. Bu izolat bazı bitki gelişim parametrelerini de benzer şekilde önemli oranda arttırmıştır. P07-1 izolatı, patojen inokulasyonundan 72 saat sonra patlıcan bitkilerinde toplam prolin içeriğini pozitif kontrole göre %27.0 oranında artırırken, aynı sürede savunma enzimlerinden katalaz (CAT) ve peroksidazı (POX) sırasıyla %22.8 ve %27.7 oranında arttırmıştır. Bu izolatı CAT ve POX enzim aktiviteleri açısından sırasıyla *P. putida* (P11-4) ve *B. amyloliquefaciens* (76A-1) takip etmiştir. Test edilen PGPR izolatlarının başlıca hastalık baskılama mekanizmalarının, bitki büyüme düzenleyici ve dayanıklılığı uyarıcı özellikleri olduğu belirlenmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 06.12.2018

Kabul Tarihi : 04.03.2019

Anahtar Kelimeler

Kurşuni küf

PGPR

Uyarılmış dayanıklılık

Patlıcan

Effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria Treatments of Eggplant Seeds Against Grey Mold (*Botrytis cinerea* Pers.: Fr.) Disease

ABSTRACT

Grey mold disease of eggplant (*Botrytis cinerea* Pers.) causes serious yield losses on eggplant (*Solanum melongena* L.) production in greenhouses in Turkey. In this study, effects of some plant growth regulating rhizobacteria against grey mold disease were investigated. *Bacillus* spp. (B379c, B10a and 76A-1) and *Pseudomonas* spp. (P07-1, P07-4 and 85A-2) isolates inhibited mycelial development of *B. cinerea* (Bc-TR07) under *in vitro* conditions at varying rates (21-33%). Among the PGPR isolates, *P. aeruginosa* (P07-1) was found as the most successful isolate in pot experiments with an efficiency rate of 58.1%, compared to positive control containing only pathogen inoculum. Similarly, this isolate significantly increased some plant growth parameters. The P07-1 isolate resulted a 27.0% increase in total proline content of eggplants 72 h after pathogen inoculation, and in the same period, defense enzymes catalase (CAT) and peroxidase (POX) were also increased 22.8% and 27.7% respectively, compared to positive control. This isolate was followed by *P. putida* (P11-4) and then *B. amyloliquefaciens* (76A-1) by means of CAT and POX enzymes activity. The major disease suppression mechanisms of the tested PGPR isolates were identified as their plant growth regulation and resistance induction abilities.

Research Article

Article History

Received : 06.12.2018

Accepted : 04.03.2019

Keywords

Grey mold

PGPR

Induced resistance

Eggplant

GİRİŞ

Türkiye; iklimi, ürün çeşitliliği, verimli toprak yapısı, coğrafi konumu gibi sahip olduğu ekolojik özellikleri ile sebze üretiminde dünyada önemli üretici ülkeler arasında yer almaktadır. Solanaceae familyası içinde yer alan patlıcan (*Solanum melongena* L.) ülkemizde başta Akdeniz Bölgesi olmak üzere Ege, Marmara, Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nde gerek açıkta ve gerekse de örtü altında ekonomik anlamda yetiştiriciliği yapılan bitki durumundadır. Türkiye, 232 bin dekar alanda 854.686 tonluk üretimle dünyada Çin, Hindistan ve Mısır'dan sonra dördüncü sırada yer almaktadır (FAO, 2016). Ülkemizde örtü altı patlıcan üretiminde solgunluk ve kök çürüklüğü fungal hastalıklarının yanı sıra kurşuni küf, beyaz çürüklük ve külleme hastalıkları da ekonomik olarak verim kayıplarına neden olabilmektedir (Altınok, 2012). Ülkemizde örtü altı sebze tarımında, kurşuni küf hastalığının verim kayıplarına neden olduğu bazı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Yücel, 1994, Kaygısız 2000, Ozan ve Aşkın, 2006; Altınok, 2012).

Botrytis cinsi funguslar, Ascomycota şubesine bağlı Helotiales takımı, Sclerotiniaceae familyasında yer almaktadır (Kirk ve ark., 2008). *Botrytis cinerea* Pers.: Fr. [telemorph: *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetz.] parazitik ve saprofitik olarak, farklı iklim ve toprak koşullarına adaptasyon yeteneği yüksek, konukçu dizisi geniş önemli bir fungustur (Domsch ve ark., 1993, Jarvis, 1977). Etmenin konidileri, sera içerisinde ani sıcaklık yükselişleri sonucu artan nemle birlikte ortama hızla yayılmaktadır (Epton ve Richmond, 1980). Duyarlı çeşitlerde konidiler, optimum 15-25°C sıcaklık ve %90-95 nisbi nemde birkaç saat içinde çimlenerek, gri-kahverengi konidiofor ve konidileri içeren, geniş ve sınırları düzensiz lezyonlara neden olmaktadır (Yunis ve ark., 1994). *Botrytis* cinsi funguslar düşük sıcaklıklarda depolanan sebzelerde de sorun oluşturabilmektedir. Fungus enfekte ettiği bitkiye göre yaygın olarak çiçek yanıklığı, meyve çürüklüğü, gövde ve dal çürüklüğü, yaprak lekeleri, kök çürüklüğü ve yumuşak çürüklük gibi semptomlar sergilemektedir (Elad ve ark., 2004). Etmen toprakta bitki artıklarında sklerot formunda kışı geçirmektedir. Etmenin oluşturduğu sklerotlar toprakta 7-8 yıl dormant formda canlı kalabilmekte, apotheciumdan askospor veya miselyumdan konidiospor üreterek primer enfeksiyonu gerçekleştirmektedir (Hugerford ve Pitts, 1953). Kurşuni küf hastalığının kontrolünde kültürel önlemler, dayanıklı çeşit kullanımı, toprak dezenfeksiyonu, kimyasal mücadele önerilmekte ancak, çoğu durumda enfeksiyonlar engellenememektedir. Kurşuni küf hastalık yönetiminde, çiçek enfeksiyonlarının önlenmesi esastır. Solanaceae familyasında domates bitkisinde bu hastalığın kontrolünde, çok sayıda sistemik ve kontak etkili fungusit önerilmekte, ancak patojenin

fungusitlere karşı hızlı direnç geliştirmesi mücadeleyi zorlaştırmaktadır (Delen ve ark., 2010). Bu bağlamda, kimyasal mücadeleye alternatif çevre dostu yöntemler önem kazanmaktadır. Günümüzde ticari olarak ruhsatlı biyopreparatlar, entegre hastalık yönetiminin bir parçası olarak bitki patojenlerinin kontrolünde başarı ile kullanılmaktadır (Bora ve Özaktan, 1998). Biyokontrol ajanı bazı bakteri ve fungusların *B. cinerea*'ya antagonistik etki gösterdiği bildirilmiştir (Dik ve Elad, 1999). Bazı ürün gruplarında *Botrytis* cinsi funguslar için pratikte önerilen preparatlar sınırlı sayıdadır.

Bitki hastalıklarının mücadelesinde antibiyosis, yarışma, hiperparazitizm, hipovirülens, uyarılmış dayanıklılık ve çapraz koruma biyokontrol mekanizmalarından yararlanılmaktadır (Özaktan ve ark., 2010). Bitkiler, bitki-patojen interaksiyonu evrimi sonucunda gelişmiş olan doğal bağışıklık yoluyla patojen saldırısından korunmaktadır (Jones ve Dangl, 2006). Uyarılmış savunma yanıtları patojen enfeksiyonu, mikrobiyal simbiyoz veya yaralanma gibi bazı elisitörlerle aktive edilebilmektedir. Farklı patojenlere karşı bitkide dayanıklılık regülasyonunda, salisilik asit (SA), jasmonik asit (JA) ve etilen (ET) sinyal bileşenleri önemli rol oynamaktadır (van Loon ve ark., 1998). SA, patojen-teşvikli sistemik kazanılmış dayanıklılıkta (SAR; Systemic Acquired Resistance), JA ve ET rizobakterilerin teşvik ettiği sistemik dayanıklılıkta (ISR; Induced Systemic Resistance) anahtar bir regülatör olarak görev yapmaktadır. Abiyotik ve biyotik elisitörlerle teşvik edilmiş dayanıklılığın her iki çeşidi de çok sayıda patojene karşı etkilidirler (Wei ve ark., 1996). Bitkilerin kök bölgesinde yaşayan bakterilerin toprak ve bitkinin sağlığını destekleyici özellikleri bilinmektedir (Glick, 1995; Hallman ve ark., 1997). Son yıllarda toprak kökenli hastalık etmenlerini baskılamada, biyotik faktörlerden PGPR'ların (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) ISR biyokontrol mekanizmasındaki rolleri üzerine araştırmalar giderek artmaktadır. PGPR'ların ürettiği metabolitlerle ve rekabetle rizosferdeki patojen popülasyonlarını azalttığı, ancak hastalıklara karşı geniş spektrumlu korumadaki asıl rolünün bitkilerde dayanıklılığı teşvik etmek olduğu rapor edilmiştir (Anderson ve Guerra, 1985).

Bu hastalığın kontrolünde değişik ürün gruplarında yeşil aksam ilaçlamasının yanı sıra, tohum ilaçlaması da önerilmektedir. Hastalığın kimyasal kontrolü çoğu durumda enfeksiyonları önlemede yetersiz kalmakla birlikte, toksisite ve fungusit direnci sorunlarını da beraberinde getirmektedir (Delen ve ark., 2004; Saito ve ark., 2016). Bitkilerin kök bölgesinde yaşayan bakterilerin toprak ve bitkinin sağlığını destekleyici özellikleri bilinmektedir (Glick, 1995; Hallman ve ark., 1997). Buğday tohumlarına PGPR inokulasyonlarının *Pythium* ve *Gaeumannomyces graminis* hastalık

simptomlarını azalttığı belirtilmiştir (Milus ve Rothrock, 1997; Weller ve Cook, 1983). Bazı PGPR streynlerinin tohumun çimlenme oranını artırdığı, *Botrytis cinerea* ve *Aspergillus niger*'in enfeksiyonunu da büyük oranda azalttığı kaydedilmiştir (Tabli ve ark., 2018). Ancak, kurşuni küf hastalığının PGPR'lar ile kontrolünde, pratikte kullanım avantajı sunabilecek olan tohum uygulamalarına yönelik araştırmaların sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. Bu çalışmada, ülkemiz örtü altı patlıcan tarımında önemli verim kayıplarına neden olan kurşuni küf hastalık etmeni *B. cinerea*'ya karşı *Pseudomonas* ve *Bacillus* türü bazı rizobakterilerin direkt antagonistik etkileri ve tohum uygulamalarının biyolojik kontrol ajanı olarak potansiyelleri araştırılmıştır.

MATERYAL ve METOT

Patlıcanda kurşuni küf hastalığı etmeni *Botrytis cinerea* Pers.: Fr. (Bc-TR07) ve rizobakteriler "*Bacillus subtilis* subsp. *subtilis* (B379c), *B. cereus* (B10a), *B. amyloliquefaciens* (76A-1), *Pseudomonas aeruginosa* (P07-1, P074 ve 85A-2), *Pseudomonas putida* (P11-4)" Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Mikoloji Laboratuvarı kültür koleksiyonundan temin edilmiştir. Bitki gelişme düzenleyici rizobakteriler (PGPR), ERÜ-BAP FBA1065 kodlu proje kapsamında karakterize edilen bakteriyel izolatlar arasından seçilmiştir (Yıldız ve ark., 2012; Altınok ve ark., 2013). Saksı denemelerinde kurşuni küf hastalığına duyarlı patlıcan (*Solanum melongena* L. cv. Kemer) çeşidinin tohumları kullanılmıştır.

Rizobakteri İzolatlarının Antagonistik Etkilerinin Testlenmesi

PGPR'ların *in vitro* koşullarda antagonistik aktivitelerinin belirlenmesi çalışmalarında, kültür koleksiyonunda bulunan 17 adet rizobakteri değerlendirmeye alınmıştır. Patojen izolat (Bc-TR07), patates dekstroz agar (PDA Merck, Germany) ve PGPR'lar ise, nutrient agar (NA, Merck) besi ortamlarında geliştirilmişlerdir. Petri kaplarının (9 cm) kenarlarından ve merkezden eşit uzaklıktaki 4 noktadan PGPR izolatlarının 50 µl 10⁸ hücre ml⁻¹ yoğunlukta süspansiyonları inoküle edilerek 25°C±1'de 24 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra *Botrytis cinerea*'nın (Bc-TR07) bir haftalık taze kültüründen alınan 4 mm'lik agar diski Petri kabının merkezine inoküle edilerek, 25°C±1'de karanlık koşullarda 7 gün inkübe edilmiştir. Tesadüf parselleri deneme desenine göre 10 tekerrürlü kurulan denemede (Her Petri kabı bir tekerrür) patojenin koloni çapı ölçülerek mm cinsinden kaydedilmiş ve yüzde inhibisyon Eşitlik 1'de verilen (%) Abbott formülüne göre hesaplanmıştır (Yıldız ve ark., 2012).

$$[\% \text{ İnhibisyon} = (R-r)/R * 100] \quad (1)$$

r: bakteri koloninin karşısındaki fungal koloninin

çapı; R: Fungal koloninin maksimum çapı.

Araştırmada, kültür koleksiyonundaki PGPR izolatlarının seçiminde antibiyosis etki mekanizması ile birlikte, bu izolatların proje kapsamında belirlenmiş karakterizasyon özellikleri dikkate alınmıştır. Bu bağlamda araştırmada nitrojen bağlayan, fosfat çözebilen, proteaz aktivite gösteren, siderofor ve HCN üreten iki PGPR (*Pseudomonas aeruginosa*: P07-1 ve P07-4), nitrojen bağlayan ve proteaz aktivite gösteren bir izolat ve *Pseudomonas aeruginosa*: 85A-2), sadece nitrojen bağlayan *Bacillus subtilis* subsp. *subtilis*: B379c, *B. cereus*: B10a, *B. amyloliquefaciens*: 76A-1, *P. putida*: P11-4 rizobakterileri kullanılmıştır (Yıldız ve ark., 2012). Ayrıca çalışma kapsamında, saksı denemelerinde bitki gelişimi ve hastalık şiddeti değerlendirmelerinde başarılı üç izolat kombinasyonu *Pseudomonas-Bacillus* (P07-1, P11-4 ve 76A-1) uygulamalarına da yer verilmiştir. Kombinasyon uygulaması 1:1:1 oranında hazırlanmıştır.

PGPR Uygulamalarının Patlıcanda Kurşuni Küf Hastalığının Gelişimine Etkileri

Yüzey dezenfeksiyonu yapılan patlıcan tohumları (NaOCl %2) steril distile suda iki kez 1'er dakika durulanmış daha sonra bir saat süreyle oda sıcaklığında steril koşullarda kurutulmuştur. Kurutulan tohumlar 50'li gruplara ayrılmış ve tohumlara NA besiyerinde gelişen bakterilerin 10⁸ hücre ml⁻¹ yoğunlukta süspansiyonları püskürtme yöntemi ile uygulanmıştır. PGPR inoküle edilen tohumlar bir saat oda sıcaklığında steril koşullarda kurutulmuş ve steril kum-toprak-torf (1:2:1) içeren plastik küvetlere (28x38 cm) ekilmiştir. Fideler kotiledon yapraklı dönemde steril kum-toprak-torf (1:2:1) içeren 13 cm çaplı plastik saksılara (her saksıda iki fide) şaşırtılmıştır. Fideler 5-6 gerçek yapraklı döneme geldiklerinde yeşil aksama patojen (10⁶ konidi ml⁻¹) spreyleme yöntemi ile inoküle edilmiş ve saksılar poşetle kapatılmıştır. Pozitif kontrol bitkilere de aynı işlem yapılmış ancak, spor süspansiyonu yerine steril distile suya daldırılmıştır. Negatif kontrol fidelere herhangi bir inokulasyon yapılmamıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuş ve 16 saat aydınlık (11000 lüks), 8 saat karanlık fotoperiyota ayarlı, %80 nisbi nem, gündüz 27±2°C ve gece 24±2°C sıcaklık içeren Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi iklim kontrollü kabinlerinde yürütülmüştür. Fideler inokulasyondan sonra ilk belirtilerin gözlemlendiği günden itibaren bitkilerde ölüm görünümlerinin başladığı süreye kadar (28 gün) periyodik olarak 7. 11, 14, 21 ve 28. günlerde (0-4) skalasına göre değerlendirilmiştir. Kurşuni küf hastalığı için, domatestede kullanılan skala modifiye edilmiştir. "0=hastalık yok; 1=%25 yanıklık ve/veya yaprak dökümü, 2=%50 yanıklık ve/veya yaprak dökümü, 3=%75 yanıklık ve/veya yaprak

dökümü, 4=%100 yanıklık ve/veya yaprak dökümü” (Ziogas ve ark., 2005; Altinok, 2012). Denemenin sonlandırıldığı 28. güne ait skala değerleri üzerinden Townsend–Heuberger formülüne göre hastalık şiddeti (%) hesaplanmış ve Abbott formülüne göre de uygulamaların yüzde etkileri saptanmıştır (Karman, 1971). Verilere tek yönlü varyans analizi (one way ANOVA) yapılmış ve Tukey’s HSD testi (P<0.01) ile uygulamalar arasındaki fark karşılaştırılmıştır (JMP v9.0 software, SAS Institute Inc., Carry, NC, USA). Ayrıca, bakterilerin tek tek ve kombine uygulamalarına ait hastalık gelişim eğrisi altında kalan alan (AUDPC; The area under disease progress curve) Eşitlik 2’de verilen formüle göre hesaplanmıştır (Campbell ve Madden, 1990; Altinok ve Can, 2010).

$$\text{AUDPC} = \sum[(x_i + x_{i+1}) / 2] (t_{i+1} - t),$$

x, i günündeki değerlendirmede kaydedilen hastalık şiddeti; (t_{i+1} – t), ardışık iki ölçüm arasındaki zaman (2).

Savunmada Rol Alan Enzimlerin Biyokimyasal Analizleri

Rizobakterilerin bitkilerde dayanıklılık mekanizması üzerindeki etkilerini saptamak amacıyla bitki savunmasında rol alan enzimler araştırılmıştır. Biyokimyasal analizler için, saksı denemelerinde patojen inokulasyonundan 24, 48, 72 sa, 7, 14 ve 21 gün sonra bitkilerden yaprak örnekleri (1 g) alınarak distile suda yıkanmış, sıvı azotta dondurulmuş ve analiz yapılana kadar -80°C’de stoklanmıştır. Prolin ekstraksiyonu ve belirlenmesi; Bates ve ark. (1973)’nin yöntemine göre yapılmıştır. Renk maddesi olarak asit-ninhidrin karışımı kullanılmıştır. Ninhidrin (1.25 g), glasiyal asetik asit (30 ml) ve 6 M fosforik asit (20 ml) içerisinde çözülmüştür. Yaprak örnekleri (1 g) 10 ml %3’lük sülfosalisilik asit içinde homojenize edilmiştir. Homojenat Whatman No: 2 filtre kağıdından geçirildikten sonra 2 ml’lik karışım 100°C’de 1 saat

kaynatılmış ve reaksiyon buz içerisinde sonlandırılmıştır. Absorbans 515 nm toluen kontrolüne karşı okunmuş ve standart olarak önceden hazırlanmış olan L-Prolin solüsyonu kullanılmıştır. Katalaz (CAT) enziminin ölçümünde; Milosevic ve Slusarenko (1996)’nin yönteminden yararlanılmıştır. Bu amaca yönelik olarak 50 µl of protein ekstraktı, 2.95 ml (10 mM H₂O₂, 50 mM potasyum fosfat buffer (pH 7.0) ve 4 mM Na₂EDTA) reaksiyon karışımına ilave edilerek, 240 nm’de 25°C’de 30 sn süre ile ölçülmüştür. Reaksiyon ilk kinetiğini gösterdiği durum ΔA₂₄₀ mg⁻¹ protein min⁻¹ olarak kaydedilmiştir. Peroksidaz (POX) ölçümü; Cvikorová ve ark. (1994)’nin yöntemine göre yapılmıştır. Bu amaca yönelik olarak 1 g yaprak örneği homojenize edilmiş, 100 µl yaprak ekstraktı 3 ml reaksiyon karışımına (13 mM gayaccol, 5 mM H₂O₂ ve 50 mM Na-fosfat; pH 6.5) eklenmiştir. Peroksidaz aktivitesi 470 nm de 25°C’de 1 dakikalık sürede ölçülmüştür. Reaksiyon kinetiği, ΔA₂₄₀ mg⁻¹ protein min⁻¹ olarak ifade edilmiştir (Altinok ve ark., 2013; Altinok ve Dikilitas, 2014).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Rizobakteri İzolatlarının Antagonistik Etkileri

Rizobakteri ve patojen (Bc-TR07) arasındaki antagonistik ilişkinin belirlenmesi çalışmaları kapsamında, kültür koleksiyonundan 17 adet PGPR izolatı değerlendirilmeye alınmıştır. İstatistiksel analizlerde uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmuştur (F=82.0436; P<0.01). Rizobakteri izolatlarının, Bc-TR07’in miseliyal gelişimini inhibe etmediği yada çok sınırlı düzeyde inhibe ettiği saptanmıştır. Testlenen rizobakteriler arasında B379c, B10a, 76A-1, P07-1, P07-4, 85A-2 ve P11-4 izolatlarının Bc-TR07 patojen izolatın koloni gelişimini %21-33 arasında değişen oranlarda inhibe ettikleri saptanmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Rizobakteri izolatlarının *Botrytis cinerea*’nın (Bc-TR07) miseliyal gelişimine etkisi

Rizobakteriler	İzolat Kodu	Koloni Çapı (mm)	Yüzde Etki
<i>Bacillus subtilis</i> subsp. <i>subtilis</i>	B379c	71.0 ^{b*}	21.1
<i>Bacillus cereus</i>	B10a	60.0 ^d	33.3
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	76A-1	65.0 ^c	27.8
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	P07-1	62.0 ^{cd}	31.1
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	P07-4	73.0 ^b	18.9
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	85A-2	63.0 ^{cd}	30.0
<i>Pseudomonas putida</i>	P11-4	65.0 ^c	27.8
Kontrol		90.0 ^a	

*Farklı harfle gösterilen sütunlar içindeki rakamlar arasındaki fark, Tukey’s HSD testine göre önemlidir (P<0.01)

PGPR Uygulamalarının Bitki ve Hastalık Gelişimine Etkileri

Patojen inokulasyonundan 12 gün sonra fidelerde ilk belirtiler gözlenmiştir. Hastalık şiddeti değerleri ve AUDPC değerleri arasında pozitif korelasyon saptanmıştır (r=0.81). PGPR izolatları arasında *P.*

aeruginosa (P07-1) %36.1 hastalık şiddeti (pozitif kontrole göre %58.1 etki) ile en başarılı izolat olarak belirlenmiştir (%AUDPC 52.3). Bu izolatı, *P. putida* (P11-4) ve *B. amyloliquefaciens* (76A-1) izolatları sırasıyla %37.6-38.9 hastalık şiddeti %AUDPC 49.1-55.4 oranlarıyla izlemiştir. *P. aeruginosa* (85A-2), *B.*

cereus (B10a), *B. subtilis* subsp. *subtilis* (B379c) ve *P. aeruginosa* (P07-4) ise, (+) kontrole göre kurşun küf hastalığının gelişimi üzerine sırasıyla %53.2, %48.4, %46.8 ve %43.6 etki göstermiştir.

Üç izolat kombinasyonu *Pseudomonas-Bacillus* (P07-1, P11-4 ve 76A-1) uygulamaları ise, %38.8 hastalık şiddeti (pozitif kontrole göre %55.0 etki) ve %AUDPC 55.6 değerleri ile hastalığı engellemede başarılı bulunmuştur.

Çalışma kapsamında, bu rizobakterilerin bitki

gelişimini düzenleyici olarak rolleri de araştırılmıştır. *P. aeruginosa* (P07-1) hastalığı engelleme yeteneğine paralel olarak bitki gelişimini de teşvik edebilen en başarılı izolat olarak belirlenmiştir. Negatif kontrolde bitki boyu 24.4 mm ve kök-yeşil aksam kuru ağırlığı 2.2 g iken, bu oran P07-1 inokulasyonu sonucunda sırasıyla 32.8 mm ve 2.3 g saptanmıştır. Bu izolatu sırasıyla ve bitki boyu ve kuru ağırlık değerleri ile P11-4 (29.4 mm-1.8 g), 76A-1 (28.6 mm-1.5 g) ve B379c (26.3 mm-1.5 g) rizobakterileri izlemiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. PGPR ve bitki aktivatörlerinin pathcanda bitki gelişim parametreleri ve kurşunu küf hastalığına etkileri

Uygulamalar	Bitki Boyu (mm)	Kuru Ağırlık (g)	Hastalık Şiddeti (%) ¹	Etki (%)	AUDPC (%) ²
P07-1	32.8 ± 4.1* a**	2.3 ± 1.3 a	36.1 ± 2.3 f	58.1	52.3
P07-4	24.3 ± 3.1 d	0.9 ± 0.8 d	48.6 ± 4.2 b	43.6	44.8
B379c	26.3 ± 2.8 bcd	1.5 ± 1.0 c	45.8 ± 2.33 c	46.8	40.9
B10a	25.6 ± 3.2 cd	1.1 ± 0.2 d	44.4 ± 2.6 c	48.4	50.6
76A-1	28.6 ± 3.6 bc	1.5 ± 0.8 bc	38.9 ± 2.0 de	54.9	55.4
P11-4	29.4 ± 4.4 b	1.8 ± 0.2 b	37.5 ± 2.2 ef	56.5	49.1
85A-2	27.6 ± 4.0 bc	1.6 ± 0.6 bc	40.3 ± 2.6 d	53.2	45.6
Kombine	24.5 ± 2.5 d	2.2 ± 1.3 a	38.8 ± 2.4 def	55.0	55.6
Kontrol (+)	15.6 ± 2.7 e	1.2 ± 0.7 d	86.1 ± 1.6 a		100.0
Kontrol (-)	24.4 ± 3.2 d	2.22 ± 0.3 a			

*Standart sapma

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

¹Yüzde hastalık şiddeti (28. gün skala verileri üzerinden hesaplanmıştır)

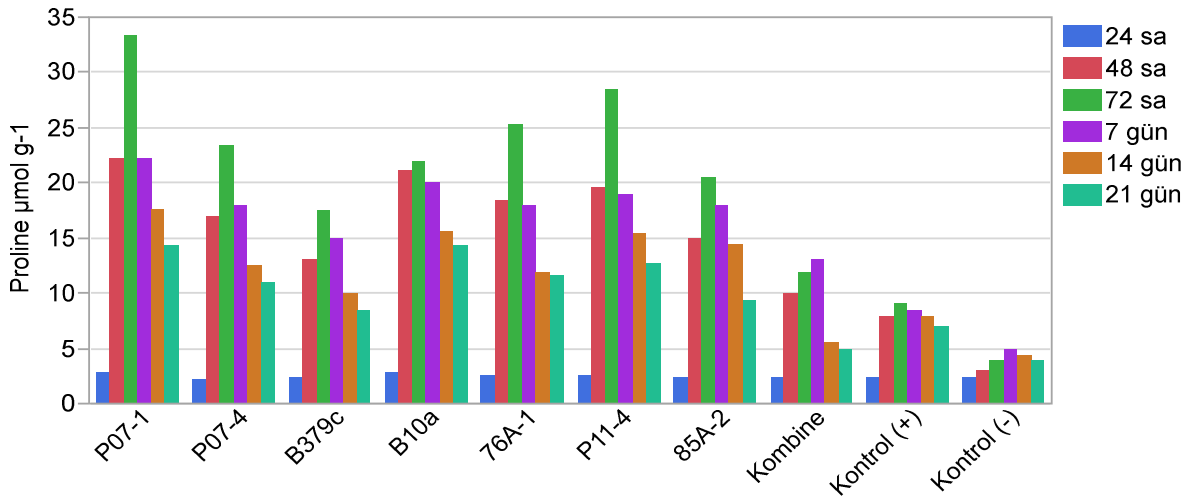
²Hastalık gelişim eğrisi altında kalan alan (AUDPC). AUDPC rakamları, tüm uygulamalar arasındaki en yüksek değer baz alınarak, yüzdelik değerlere dönüştürülmüştür.

Savunma Enzimlerinin Biyokimyasal Analizleri

Pathcan fidelerine patojen (Bc-TR07) inokulasyonundan sonra periyodik olarak 24, 48, 72. saatler ve 7, 14 21. günlerde alınan yaprak örneklerinde prolin içeriği, CAT ve POX enzimleri analiz edilmiştir. bitkilerin prolin miktarları ve enzimlerin sentez oranları (+) kontrol ve (-) kontrol bitkileri ile birlikte Şekil 1, 2 ve 3'de verilmiştir. Pathcan fidelerine PGPR uygulamalarının hepsinde prolin değerlerinde kontrol gruplarına göre artış saptanmıştır. Patojen inokulasyonundan 72 saat sonra alınan yaprak örneklerinde prolin oranı en yüksek saptanmıştır (Şekil 1). CAT ve POX enzim oranlarında da proline benzer bir durum görülmüştür (Şekil 2 ve 3). *P. aeruginosa* (P07-1) en yüksek prolin üreten (33.33 $\mu\text{mol g}^{-1}$) izolat olarak belirlenmiştir. Bu izolatu, 28.50 $\mu\text{mol g}^{-1}$ değeriyle *P. putida* (P11-4) izolatu takip etmiştir. Aynı gün ölçümlerinde proline benzer şekilde CAT (0.97 mg^{-1} protein min^{-1}) ve POX (7.21 mg^{-1} protein min^{-1}) enzimleri de en yüksek oranda P07-1 izolatından elde edilmiştir. Bu izolatu CAT ve POX enzim oranları kombine uygulamalardan iki kat daha yüksek saptanmıştır. P07-1 izolatu, patojen inokulasyonundan 72 saat sonra pathcan bitkilerinde toplam prolin içeriğini pozitif kontrole göre %27.0 oranında artırırken, savunma enzimlerinden katalaz (CAT) ve peroksidazı (POX) sırasıyla %22.8 ve %27.7 oranında artırmıştır. Aynı ölçüm gününde, CAT ve

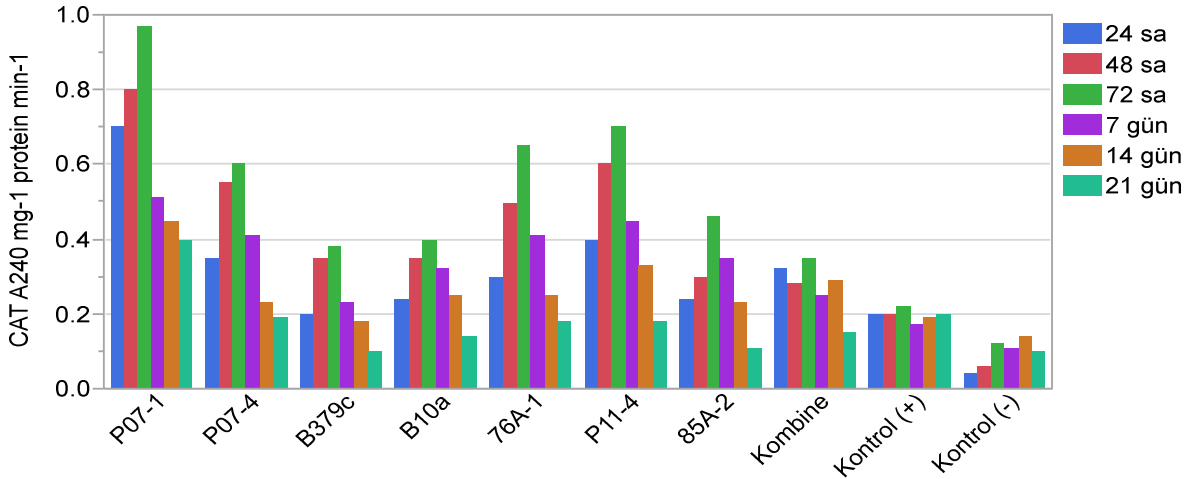
POX enzim üretimleri bakımından bu izolatu sırasıyla *P. putida* (P11-4) ve *B. amyloliquefaciens* (76A-1) takip etmiştir. PGPR uygulamaları patojene karşı bitkide savunma mekanizmasını maksimum oranda patojen inokulasyonundan 72 sa sonra tetiklemiş, daha sonra savunma enzimlerinin sentez oranlarında haftaya bağlı olarak göreceli bir düşüş saptanmıştır. Aynı gün ölçümlerinde üç izolat kombinasyonu (*Pseudomonas-Bacillus*; P07-1, P11-4 ve 76A-1) uygulamalarında prolin içeriği, CAT ve POX savunma enzimleri P07-1, P11-4, 76A-1 ve P07-4 izolatlarının tek başına uygulamalarına göre düşük oranda saptanmıştır. P07-1, P11-4 ve 76A-1 izolatlarının prolin miktarı, CAT ve POX enzimleri, kombine uygulamalardan sırasıyla %36-40, 42-50 ve 47-53 arasında değişen oranlarda yüksek saptanmıştır.

PGPR'ların pathcanda kurşunu küf hastalığını önleme mekanizmasının; PGPR ve patojen (Bc-TR07) arasındaki kısmi antagonizmin yanı sıra, konukçu-patojen savunma tepkilerinin başlatılmasının bir sonucu olduğu değerlendirilmiştir. Fungal hastalıkların kontrolünde biyotik faktörlerin direkt antagonistik etkileri ile birlikte, bitki savunma mekanizmalarını da teşvik ettiği rapor edilmiştir (Benhamou ve ark., 2002; Harman ve ark., 2004).



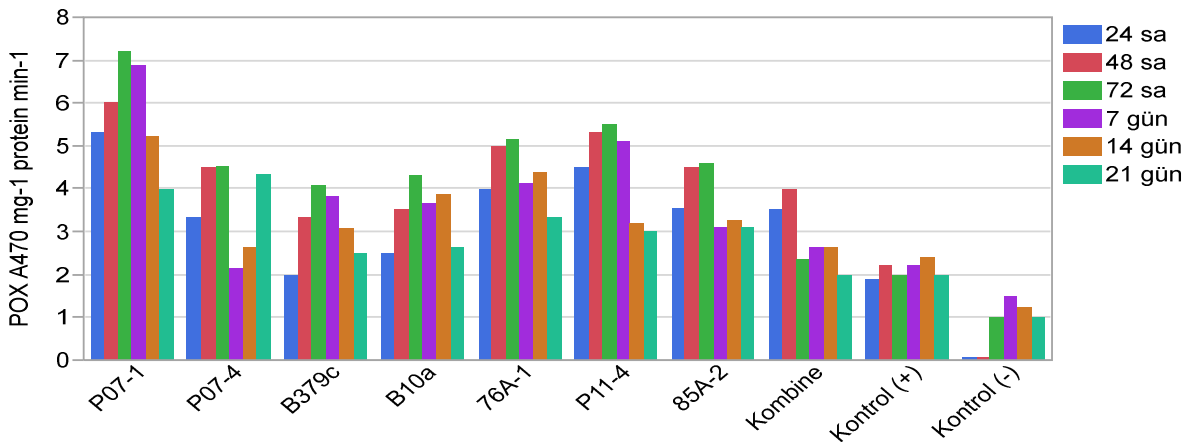
Uygulamalar

Şekil 1. Patojen (Bc-TR07) inokulasyonundan 24, 48, 72 sa, 7, 14 ve 21 gün sonra PGPR uygulamalarının patlıcan fidelerinde prolin içeriğine etkisi



Uygulamalar

Şekil 2. Patojen (Bc-TR07) inokulasyonundan 24, 48, 72 sa, 7, 14 ve 21 gün sonra PGPR uygulamalarının patlıcan fidelerinde katalaz (CAT) enzim aktivitelerine etkisi



Uygulamalar

Şekil 3. Patojen (Bc-TR07) inokulasyonundan 24, 48, 72 sa, 7, 14 ve 21 gün sonra PGPR uygulamalarının patlıcan fidelerinde peroksidad (POX) enzim aktivitelerine etkisi

Bazı biyotik ve abiyotik uyarıcıların, patojen ve konukçu bitkinin reseptörleri arasındaki etkileşimi aktive ederek konukçuda bulunan ve dayanıklılığı yöneten bazı dayanıklılık genlerini harekete geçirdiği belirtilmiştir (Liu ve ark., 1995; Özaktan ve ark., 2001).

Bitki hücre membranında lokalize olan patojeni tanıma reseptörlerinin flagellin, lipopolisakkaritler, glikoproteinler veya kitin içeren patojenle ilişkili moleküler paternler olarak bilinen korunmuş patojen tanımlama moleküllerini algıladıkları belirtilmiştir. Bu interaksiyon oksidatif kararırma, kalloz birikimi, mitojen-aktif protein kinaz ve savunmayla ilişkili gen ekspresyonu gibi birçok savunma tepkisini başlatmaktadır (Jones ve Dangl, 2006).

Pozitif kontrol fidelerinde de POX ve PPO enzimleri saptanmıştır. Bu durum reaktif oksijen türlerinin (ROS; reactive oxygen species) patojenle enfekte olan bitkilerde de sentezlenebildiğini göstermektedir. Bitkilerde ROS'un, patojen saldırılarına yanıtla ilişkili olduğu, aktif oksijen türlerinden H₂O₂'nin, bitkide PR proteinlerinin sentezine ve fitoaleksinin üretimine neden olarak dayanıklılık mekanizmasını tetiklediği bildirilmiştir (Bolwell ve Daudi, 2009). Fenolik bileşiklerin birikmesine yol açan antioksidan ve fenolik enzimlerin artmasıyla bitki savunması tetiklenebilir (Van Steekelenburg, 1976; Arfaoui ve ark., 2006). Konukçu-patojen interaksiyonunda süperoksit anyon O₂⁻, hidroksil radikal OH ve hidrojen peroksit (H₂O₂) yaygın olarak gözlenmiştir (Borden ve Higgins, 2002).

Siderofor üretebilen ve fosforu çözebilen *P. aeruginosa* izolatının hem antibiyosis etkisi gösterdiği hem de patlıcanda *Fusarium solgunluğu* hastalık gelişimini %80'in üzerinde baskıladığı ve CAT, POX ve PPO savunma enzimlerini aktive ettikleri bildirilmiştir (Altınok ve ark., 2013). Benzer başka bir çalışmada, Cattelan ve ark. (1999), fosforu çözebilen ve sideroforlar üretebilen soya bitkisi rizobakterilerinin soya üretiminde verimi arttırdığını saptamışlardır. Scher ve Baker (1982), siderofor üreten *P. putida*'nın *Fusarium solgunluk* hastalığını baskıladığını rapor etmişlerdir. Nohutta *Fusarium solgunluğu*'nun kontrolünde PGPR'ların tohum ve kotiledon uygulamalarının patojene karşı bitkide direnç gelişimine neden oldukları bildirilmiştir (Landa ve ark., 2004). PGPR'lar ile tohum inokulasyonundan sonra fasülyede patojenlere karşı PR proteinleri, endoktinaz ve β-1,3 glukanaz sentezi artmıştır (Hynes ve Lazarovits, 1989). Marul ve hıyarda kök çürüklüğünün (Amer ve Utkhede, 2000) ve buğdayda *Pythium* kök çürüklüğünün kontrolünde PGPR'ların tohum uygulamaları başarılı bulunmuştur (Milus ve Rothrock, 1997).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu araştırma kapsamında, PGPR uygulamalarının patojen üzerinde kısmen antibiyosis etkisinin yanı sıra, hastalığı baskılamadaki esas mekanizmasının, bitki büyüme düzenleyici rolü ile birlikte uyarılmış dayanıklılık özellikleri olduğu değerlendirilmiştir. Araştırma bulgularımız PGPR'ların tek başına ve üç izolat kombinasyonu (*Pseudomonas Bacillus*; P07-1, P11-4 ve 76A-1) uygulamalarının, patlıcanda kurşuni küf hastalığına karşı savunma mekanizmasının aktivasyonunda rol alan prolin üretimini, katalaz ve peroksidaz enzimlerinin sentezini arttırdığı göstermiştir. Ayrıca PGPR uygulamalarının bitki biyomasına olumlu etkisi ile birlikte kısmen antibiyosis etkisi de gösterdiği saptanmıştır. Biyolojik kontrol mekanizmalarında, tüm bu sistemlerin birbiriyle ilişkilendirilmesi önemlidir. PGPR uygulaması sonucu konukçu-patojen interaksiyonunun savunma genleri açısından da araştırılması yararlı olacaktır.

Nitrojen bağlama, fosfat çözebilme, proteaz aktivite, siderofor ve HCN üretme gibi özellikleri açısından karakterize edilen bu izolatlar, aynı ürün grubunda *Fusarium solgunluk* hastalığını da önemli ölçüde baskılamıştır. PGPR izolatlarının patlıcanda kurşuni küf hastalığını engellemedeki başarısı önceki araştırma bulgularımızı desteklemiştir. Bu hastalığın PGPR'lar ile kontrolünde tohum uygulamalarının, yetiştiricilikte pratikte etkili bir kullanım avantajı sunabileceği değerlendirilmektedir. Arazi koşullarında biyokontrol ajanı ve/veya biyolojik gübre olarak aday PGPR'ların kolonizasyon yetenekleri konusunda araştırmalarımız devam etmektedir. Olumlu sonuçlar elde edildiği takdirde, söz konusu rizobakterilerin üreticilerin kullanımına yönelik ruhsatlandırma sürecine geçilmesi hedeflenmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu makale, yüksek lisans öğrencisi Gülperi ÇİFTÇİ'nin tez verileri kullanılarak hazırlanmıştır. Enzim analizlerindeki desteği için Doç. Dr. Murat DİKİLİTAŞ'a (Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü) teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Altınok HH 2012. Antalya ve Mersin ili örtü altı patlıcan ekim alanlarında kurşuni küf ve beyaz çürüklük hastalıklarının yaygınlık oranlarının belirlenmesi. Bitki Koruma Bülteni, 52(2): 163-173.
- Altınok HH, Can C 2010. Characterization of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae* isolates from eggplant in Turkey by pathogenicity, VCG and RAPD analysis. Phytoparasitica, 38(2): 149-157.
- Altınok HH, Dikilitas, M 2014. Antioxydant response to biotic and abiotic inducers for the resistance against *Fusarium* wilt disease in eggplant

- (*Solanum melongena* L.). Acta Botanica Croatica, 73(1): 79-92.
- Altınok HH, Dikilitas M, Yıldız HN 2013. Potential of *Pseudomonas* and *Bacillus* isolates as biocontrol agents against Fusarium wilt of eggplant. Biotechnology & Biotechnological Equipment, 27(4): 3952-3958.
- Amer GA, Utkhede RS 2000. Development of formulations of biological agents for management of root rot of lettuce and cucumber. Canadian Journal of Microbiology, 46: 809-816.
- Anderson AJ, Guerra D 1985. Responses of bean to root colonization with *Pseudomonas putida* in hydroponic system. Phytopathology, 75: 992-995.
- Anonim, 2016. Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim tarihi: 28.12.2016).
- Arfaoui A, Sifi B, Boudabous A, El Hadrami I, Cherif M 2006. Identification of *Rhizobium* isolates possessing antagonistic activity against *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris*, the causal agent of fusarium wilt of chickpea. Journal of Plant Pathology, 88(1): 67-75.
- Bates LS, Waldren RP, Teare ID 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.
- Benhamou N, Garand C, Goulet A 2002. Ability of nonpathogenic *Fusarium oxysporum* strain Fo47 to induce resistance against *Pythium ultimum* infection in cucumber. Applied and Environmental Microbiology, 68(8): 4044-4060.
- Bolwell GP, Daudi A 2009. Reactive oxygen species in plant-pathogen interaction. (Signaling and communication in plants. Ed. del Rio LA, Puppo A). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 113-133.
- Bora T, Özaktan H 1998. Bitki hastalıklarıyla biyolojik savaş. Prizma Matbaası, İzmir, 205s.
- Borden S, Higgins VJ 2002. Hydrogen peroxide plays a critical role in the defense response of tomato to *Cladosporium fulvum*. Physiological and Molecular Plant Pathology, 61: 227-236.
- Campbell CL, Madden LV 1990. Introduction to plant disease epidemiology. New York: John Wiley and Sons Inc.; 1990. Temporal analysis of epidemics. I: description and comparison of disease progress curves; pp. 161-202.
- Cattelan ME, Hartel PG, Fuhrmann JJ 1999. Screening of plant growth-promoting rhizobacteria to promote early soybean growth. Soil Science Society of America, 63: 1670-1680.
- Cvikorová M, Hrubcová M, Vágner M, Machácková I, Eder J 1994. Phenolic acids and peroxidase activity in alfalfa (*Medicago sativa*) embryogenic cultures after ethephon treatment. Physiologia Plantarum, 91: 226-233.
- Delen N, Kınay P, Yıldız F, Yıldız M, Altınok HH, Uçkun Z 2010. Türkiye tarımında kimyasal savaşımın durumu ve entegre savaşım olanakları. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi. 11-15 Ocak, Ankara, 609-625.
- Delen N, Koplay C, Yıldız M, Güngör N, Kınay P, Yıldız F, Coşkuntuna A 2004. Sensitivity in *Botrytis cinerea* isolates to some fungicides with specific modes of action. In: 13th Int. Botrytis Sym. October 2004, Antalya, Turkey, pp 111.
- Dik A J, Elad Y 1999. Comparison of antagonists of *Botrytis cinerea* in greenhouse-grown cucumber and tomato under different climatic conditions. European Journal of Plant Pathology, 105: 123-137.
- Domsch KH, Gams W, Anderson T 1993. Compendium of soil fungi, New York, Academic Press.
- Elad Y, Williamson B, Tudzynski P, Delen N 2004. *Botrytis* spp. and systems-an introduction. (*Botrytis*, biology, pathology and control, Ed. Elad Y, Williamson B, Tudzynski P, Delen N). Kluwer Academic Publisher, Netherland, 1-8p.
- Epton HAS, Richmond DV 1980. Formation, structure and germination of conidia. (The Biology of *Botrytis*, Ed. Coley-Smith JR, Verhoeff K, Jarvis WR). Academic Press, London. 41-43p.
- FAO, 2016. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistics Division. <http://www.fao.org/faostat>. (Erişim tarihi: 11.07.2017).
- Glick B 1995. The enrichment of plant growth by free living bacteria. Canadian Journal of Microbiology, 41:109-117.
- Hallman J, Quadt-Hallman A, Marfee WF, Klopper JM 1997. Bacterial endophytes in agricultural crops. Canadian Journal of Microbiology, 43: 895-914.
- Harman GE, Howell CR, Vitebo A, Chet I, Lorito M 2004. *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Reviews Microbiology, 2: 43-56.
- Hugerford CW, Pitts R 1953. The *Sclerotinia* disease of beans in Idaho. Phytopathology, 43: 519-521.
- Hynes RK, Lazarovits G 1989. Effect of seed treatment with plant growth promoting rhizobacteria on the protein profiles of intercellular fluids from bean and tomato leaves. Canadian Journal of Plant Pathology, 11: 191.
- Jarvis WR 1977. *Botryotinia* and *Botrytis* species: Taxonomy, physiology and pathogenicity, a guide to the literature. Monograph, No. 15, Canada Department of Agriculture, Ottawa, Canada.
- Jones JD, Dangl JL 2006. The plant immune system. Nature, 444: 323-329.
- Kaygısız H. 2000. Bitkisel üretimde hastalıklar. Hasat Yayınları, Hasat Yayıncılık Ltd. Şti, İstanbul.
- Kirk PM, Cannon PF, Minter DW, Stalpers JA 2008. "Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi", 10th Edn CAB International, Wallingford, UK.
- Landa BB, Navas-Cortés JA, Jiménez-Díaz RM 2004. Integrated management of Fusarium wilt of chickpea with sowing date, host resistance, and biological control. Phytopathology, 94: 946-960.

- Milosevic N, Slusarenko AJ. 1996. Active oxygen metabolism and lignification in the hypersensitive response in bean. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 49: 143-158.
- Milus E, Rothrock C 1997. Efficacy of bacterial seed treatments for controlling *Pythium* root rot of winter wheat. *Plant Disease*, 81: 180-184.
- Ozan S, Aşkın A 2006. Orta Anadolu Bölgesi örtü altı sebze alanlarında görülen fungal hastalıklar üzerine çalışmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 46(1-4): 65-74.
- Özaktan H, Bora T, Göre E, 2001. Domates bakteriyel benek hastalığına karşı sistemik dayanıklılığın uyarılmasında (SIR) rizobakterilerin rolü üzerinde ilk gözlemler. Türkiye IX. Fitopatoloji Kongresi Bildirileri, 3-8 Eylül 2001 Tekirdağ.
- Özaktan H, Aysan Y, Yıldız F, Kinay P 2010. Fitopatolojide biyolojik mücadele. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 1(1): 61-78.
- Saito S, Michailides TJ, Xiao CL 2016. Fungicide resistance profiling in *Botrytis cinerea* populations from blueberry in California and Washington and their impact on control of gray mold. *Plant Disease*, 100: 2087-2093.
- Scher FM, Baker R 1982. Effect of *Pseudomonas putida* and a synthetic iron chelator on induction of soil suppressiveness to *Fusarium* wilt pathogens. *Phytopathology*, 72: 1567-1573.
- Tabli N, Rai A, Bensidhoum L, Palmieri G, Gogliettino M, Cocca E, Consiglio C, Cillo C, Bubicici G, Nabti E 2018. Plant growth promoting and inducible antifungal activities of irrigation well water-bacteria. *Biological Control*, 117: 78-86.
- Van Loon LC, Bakker PA, Pieterse CMJ 1998. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. *Annual Review of Phytopathology*, 36: 453-483.
- Van Steekelenburg NV 1976. *Fusarium* wilt of eggplant in the Netherlands. *The Journal of Plant Pathology*, 82(5): 191-192.
- Wei G, Kloepper JW, Tuzun S 1996. Induction of systemic resistance to cucumber diseases and increases plant growth by plant growth-promoting rhizobacteria under field conditions. *Phytopathology*, 86: 221-224.
- Weller DM, Cook RJ 1986. Increased growth of wheat by seed treatments with fluorescent pseudomonads, and implications of *Pythium* control. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 8: 328-334.
- Yıldız HN, Altınok HH, Dikilitaş M 2012. Screening of rhizobacteria against *Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae*, the causal agent of wilt disease of eggplant. *African Journal of Microbiology Research*, 6(15): 3700-3706.
- Yunis H, Shteinberg D, Elad Y, Mahrer Y 1994. Qualitative approach for modeling outbreaks of grey mould epidemics in non-heated cucumber greenhouses. *Crop Protection*, 13: 99-104.
- Yücel S, 1994. Akdeniz Bölgesi örtü altı sebze alanlarında görülen fungal hastalıklar. *Bitki Koruma Bülteni*, 34: 1-2.
- Ziogas BN, Markoglou AN, Spyropoulou V 2005. Effect of phenylpyrrole-resistance mutations on ecological fitness of *Botrytis cinerea* and their genetical basis in *Ustilago maydis*. *European Journal of Plant Pathology*, 113: 83-100.

Isıl Yabancı Ot Kontrolü İçin Özel İmal Edilen Gaz Memelerinin Performansı

Selçuk ARSLAN¹, Çağdaş TURALOĞLU², Nihat TURSUN³

¹Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa, ²Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, ³Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Malatya

¹<https://orcid.org/0000-0003-4636-1234>, ²<https://orcid.org/0000-0002-8003-7270>, ³<https://orcid.org/0000-0002-8765-0326>

✉: sarslan@uludag.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, yabancı ot kontrolünde kullanılan alev makinelerinde kullanılabilir ve ticari gaz memelerine göre daha uygun bir gaz memesi geliştirmektir. Bu amaçla, üç farklı meme tasarlanmış ve 1.0-3.0 bar aralığında basınç-debi karakteristikleri gravimetrik olarak belirlenmiştir. Üç delikli 1 mm çaplı memenin (Tip1) 1.5-2.5 bar basınçlarda aralığında, yabancı ot mücadelesinde genellikle gerekli olan 40-130 kg ha⁻¹ propan (LPG) dozlarını uygulayabileceği bulunmuştur. Bu meme tipi, ticari gaz memesine göre düşük dozlar için gerekli ilerleme hızını azaltmış, yüksek dozlar için gerekli olanı ise yükseltmiştir. Böylece ticari gaz memesi için 2.0 bar basınçta gerekli olan 1.8-8.1 km h⁻¹ aralığındaki hız sınırı 3.5-6.5 km h⁻¹ aralığına çekilmiştir. Yüksek dozlarda gerekli olan ilerleme hızları biraz artırılmış olduğundan uygulamada özel imal edilen gaz memesi kullanılarak alev makinesinin alan iş başarısının artırılabilir olduğu bulunmuştur. En düşük dozda ise ilerleme hızının düşürülmüş olması alan iş başarısını azaltacak olsa da yabancı otların aleve maruz kalma süresi %20 kadar artacağı için alev uygulamasının ısı etkinliğini potansiyel olarak artıracaktır. Tip2 ve Tip3 memeler, delik çapları küçük olduğu için traktöre bağlanacak bir alev makinesi için uygun bulunmamıştır. Sonuç olarak, yabancı ot mücadelesinde kullanılacak alev başlıkları için daha uygun bir ürün (Tip1) elde edilebilmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 17.12.2018

Kabul Tarihi : 18.01.2019

Anahtar Kelimeler

Yabancı Ot Mücadelesi

Alev Başlığı

Gaz Memesi

Gaz Dozu

The Performance of Specially-Built Gas Nozzles for Thermal Weed Control

ABSTRACT

The aim of this study was to develop a gas nozzle that can be used more appropriately in flame weeding compared to commercial ones. For this purpose, three different types of nozzles were built, tested at gas pressures of 1.0-3.0 bar, and flowrate-pressure characteristics were determined using gravimetric method. Among the gas nozzles built, 3-hole 1 mm diameter nozzle (Type1) was found to be appropriate to provide targeted LPG gas doses of 40-130 kg ha⁻¹ at a pressure range of 1.5-2.5 bar. This nozzle decreased the high ground speeds for low gas doses that had to be applied using the commercial gas nozzle, and increased the low ground speeds for high gas doses. As a result, the required ground speed range of 1.8-8.1 km h⁻¹ for the commercial nozzle was improved to 3.5-6.5 km h⁻¹ at an operating gas pressure of 2.0 bar. Field capacity can be increased using the specially-built nozzle since ground speeds were increased at high doses. Also, the exposure time of weeds to heat was increased about 20% at low doses, potentially increasing the flaming efficiency. Due to small hole diameters, Type2 and Type3 were not appropriate for tractor-mounted flame weeders. It was concluded that the result of the study to develop specially-built gas nozzle (Type1) as an alternative to commercial ones was positive.

Research Article

Article History

Received : 17.12.2018

Accepted : 18.01.2019

Keywords

Weed Control

Torch

Propane Nozzle

Gas Dose

GİRİŞ

Isıl teknikler için alev uygulaması, tarımda yabancı ot kontrolü için uzun yıllardır bilinen bir yöntemdir. Alev makinelerinin kullanımı dünyada çok geniş bir uygulama alanı bulmamıştır. Bunun en önemli nedeni, kimyasal ilaçlamanın hızlı, etkin ve göreceli olarak ucuz olmasıdır. Alevle yabancı ot mücadelesinin yaygınlaşmamasının diğer nedenleri arasında, basınçlı tüp kullanılmasının verdiği çekinceler, anızın yanma olasılığı nedeniyle koruyucu toprak işleme ile uyumlu olmaması sayılabilir. Ancak, herbisitler de pahalı olabilmektedir ve istenmeyen yan etkileri bulunmaktadır. Kimyasal ilaç kullanımının pestisit kalıntısı sorunu yarattığı iyi bilinmektedir. İlaçlar, hedeflenen yabancı otlar dışında başka canlılara da etki etmekte ve yabancı otların kimyasallara dayanıklılığına neden olmaktadır. Organik tarımda kimyasal ilaç kullanımı yasaklanmıştır.

Literatür, farklı kültür bitkilerinin yetiştiriciliğinde karşılaşılan yabancı otların hangi düzeyde (%) kontrol edilebildiğini belirlemek için farklı dozlarda (kg ha^{-1}) gaz kullanılarak yapılan deneysel çalışmalara yoğunlaşmıştır. Birkaç çalışma ise alev makinesi geliştirilmesiyle ilgili ayrıntıları ele almıştır.

Alev uygulaması (alevleme); genel anlamda etkin ve güvenli kabul edilmektedir, ayrıca alev makineleri yapısal olarak basit ve sağlamdır (Merfield, 2011). Çapa ile yapılan mekanik yabancı ot mücadelesinde toprağa yapılan etki nedeniyle toprak içinde gömülü durumdaki yabancı otlar yüzeye çıkmakta ve çimlenme şansı bulunmaktadır. Bu bağlamda, alev uygulamasının yalnız ilaçlamaya göre değil, çapalamaya göre de olumlu bir yanı bulunmaktadır (Wszelaki ve ark., 2007). Alevleme, özellikle kimyasal ilaç kullanımının yasak olduğu organik tarım yetiştiriciliğinde daha yaygındır, ancak geleneksel üretimde de uygulama potansiyelinin olduğu düşünülmektedir (Parish, 1990; Bond ve Grundy, 2001). Alevleme anlık yapılan yüksek bir ısı uygulama işleminden ibarettir ve kızılötesi ve buhar makinesi uygulamalarına göre en iyi uygulama potansiyeli olduğu bulunmuştur (Rifai ve ark., 2003). Ne var ki alevleme işleminde başarıyı etkileyen teknik ve agronomik olmak üzere çok sayıda faktör bulunmaktadır (Sivesind ve ark., 2009). Alev uygulaması için yakılan gaz olarak propan (LPG) kullanılmaktadır (Ulloa ve ark., 2011).

Alevleme tekniği ile yapılan araştırmalar sonucunda alev başlığının yerden optimum yüksekliği (20-25 cm), alev başlığının düşey düzleme göre uygulama açısı (30-45°), alevin yabancı otlara hangi yükseklikte çarpması gerektiği (5 cm) bulunmuştur (Kang, 2001; Arslan ve ark., 2016). Alev uygulamasında ortaya çıkan ısı enerjisi bitki dokusuna geçmekte (Lague ve ark., 2001), bitki hücrelerindeki sıcaklık 50 °C'den fazla olursa proteinlerde phtılaşıma (Lague ve ark., 2001),

100 °C'yi aşarsa hücre zarında patlatma oluşmaktadır (Morelle, 1993). Alev ısısı etkisinde kalan yabancı otların beslenmesi engellenmiş olduğundan ölmektedirler (Rifai ve ark., 1996).

Ülkemizde ısıl yabancı ot kontrolü ile ilgili çalışmalar çok sınırlıdır. Aynı şekilde, literatürde alev başlıklarında kullanılan gaz memeleriyle ilgili çok az bilgi bulunmaktadır. Alev başlıklarında yerli imal edilen ticari gaz memeleri kullanılabileceğine ilişkin bulgular vardır (Güleç ve ark., 2015). Ancak, yerli ticari gaz memeleriyle yapılan uygulamalarda, basınç kontrollü alev makinesi kullanırken traktör ilerleme hız aralığı yaklaşık olarak 2-8 km h^{-1} arasında bulunmuştur. Bu hız değerleri, düşük hızlarda alan iş kapasitesini düşürmekte, yüksek hızlarda ise alevin yabancı ota etki süresini kısaltmaktadır (Tursun ve ark., 2017). Bunun için farklı meme konfigürasyonları denenmeli ve yabancı ot kontrolü için kullanılan alev başlıklarına daha uygun olacak gaz memelerinin geliştirilmesine çalışılmalıdır. Bu çalışmanın amacı, ticari gaz memelerine alternatif olabilecek çok delikli gaz memeleri imal etmek ve traktöre asılır tip alev makineleriyle yapılan yabancı ot mücadelesinde kullanılıp kullanılmayacağını belirlemektir.

MATERYAL ve METOT

Bu çalışmada tek delikli konik huzmeli gaz memesine alternatif olabilecek bazı tasarımlar üzerinde durulmuştur. Bu çerçevede, montaj boyutları sanayide şalamo (pürmüz) olarak bilinen gaz başlıklarındaki ticari memelerle aynı olan ve 2, 3, ve 5 delikli memeler tasarlanmıştır. Bu memeler, dalma erozyon yöntemiyle imal edilmiştir. Her bir meme, önceki bir çalışmada kullanılan gaz (LPG) yakma düzeneğine benzer bir sistem kullanılarak test edilmiştir (Güleç ve ark., 2015). İmal edilen çok delikli memeler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Özel imal edilen gaz memelerinin kodları ve özellikleri

Kodu	Delik çapı ve sayısı
Tip1	1.0 mm 3 delikli
Tip2	0.8 mm 3 delikli
Tip3	0.5 mm 5 delikli

Test edilen gaz memelerinin debisi 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 ve 3.0 bar basınç değerinde 3 tekrarlı olacak şekilde ölçülmüştür. Debi ölçümü için referans yöntem olan ağırlık ölçüm yöntemi kullanılmıştır. Bunun için tüp ağırlığı 50 $\text{kg} \pm 1$ g hassasiyeti olan bir elektronik terazi ile tartılmış, en az bir dakikalık gaz yakma sonunda tüp ağırlığındaki azalma ölçülmüştür. Ağırlık ve zaman ölçümleri süresince (g s^{-1} birimiyle) tüketilen gazın kütleli debisi (kg h^{-1}) hesaplanmıştır. Her bir meme tipi için debi, üç tekrarlı ölçümlerin ortalaması alınarak bulunmuştur.

Gaz yakma süresince alev huzmesinin nasıl yayıldığı bir termal kamera (Testo 885) yardımıyla gözlenmiş, huzmenin genişliği ve uzunluğunun yeterli olup olmayacağı değerlendirilmiştir.

Alevle yabancı ot kontrolü için yapılan bilimsel araştırmalarda 15-90 kg ha⁻¹ arasındaki dozların kullanıldığı ve farklı yabancı otların alevlemeye gösterdiği tepkinin belirlendiği görülmektedir (Rifai ve ark., 2003; Sivesind ve ark., 2009; Ulloa ve ark., 2011). Bu çalışmada, imal edilen özel gaz memelerinde elde edilecek dozların önceki araştırmacıların sıklıkla kullandığı bu dozlarla aynı olması veya yakın olması hedeflenmiştir. Uygulanması istenen doz değerleri için gerekli kalibrasyon hesaplamaları, ilaçlama makinalarına benzer şekilde yapılmıştır. Alev başlığından 20 cm uzaklıkta ölçülen alev huzme genişliği, etkin iş genişliği olarak alınmıştır. Huzme genişliği (m) ve debi (kg h⁻¹) değerleri kullanılarak istenen bir doz değeri (kg ha⁻¹) için gerekli makine ilerleme hızı (km h⁻¹) hesaplanmıştır. Böylece, arazi koşullarında yapılacak uygulamada her bir meme tipi için basınç (P), ilerleme hızı (V) ve gaz dozu (D) arasındaki ilişkileri gösteren grafikler elde edilmiş, makine kalibrasyonunun hangi sınırlarda yapılabileceği bulunmuştur. Memeler arasındaki farklar karşılaştırılmış ve yabancı ot alevleme tekniğinde gerekli görülen gaz dozlarının elde edilmediği her bir meme tipi için belirlenmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Özel imal edilen tüm gaz memelerinin basınç-debi ilişkisi doğrusal bulunmuştur. Tüm memelerden elde edilen r² değerleri 0.99 ve üzerindedir. Şekil 1, Tip1

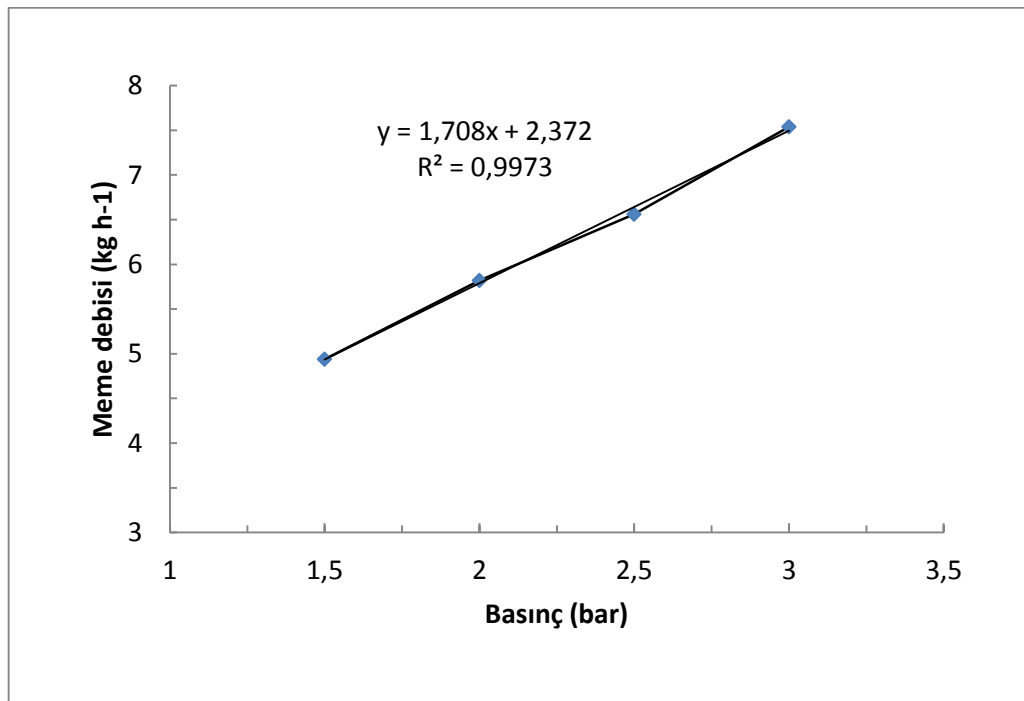
meme için bulunan debi-basınç davranışını göstermektedir.

Şekil 2-4; ilerleme hızı ve basınç değerleri göz önüne alınarak bulunan LPG gaz dozlarını sırasıyla Tip1, Tip2 ve Tip3 gaz memesi için göstermektedir.

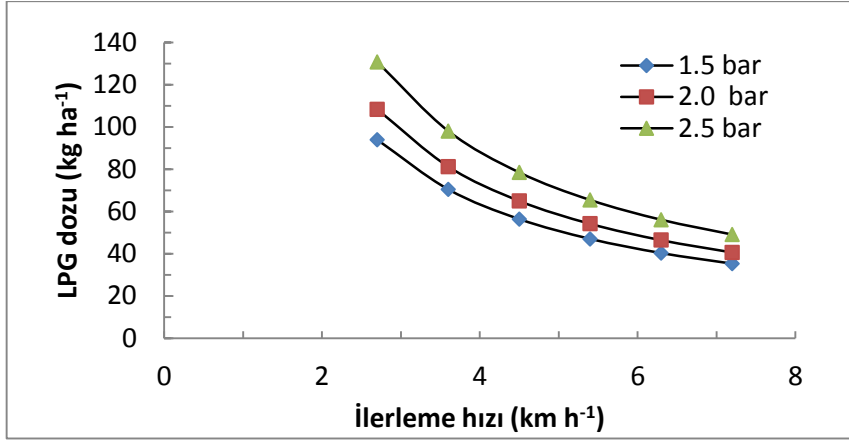
Şekil 2-4, her bir meme için sabit bir basınçta ilerleme hızı arttıkça, uygulanacak LPG dozunun azalacağını göstermektedir. Sabit ilerleme hızında ise basınç arttıkça LPG dozunda bir miktar artış olmaktadır. Alev makinesinin ilerleme hızının LPG gaz dozuna etkisi, basıncın etkisinden daha fazladır. İlerleme hızı, sabit bir basınç için geniş bir aralıkta değiştirilerek çok farklı gaz dozları elde edilebilirken gaz basıncı geniş bir aralıkta değiştirilememektedir.

Laboratuvar denemeleri 0.5 bar'dan başlayarak 0.5 bar aralıkla yapılmıştır. Ancak, düşük (0.5 bar) ve yüksek (3.0 bar) basınçta değerlendirmeye uygun olmayan durumlar bulunmuştur.

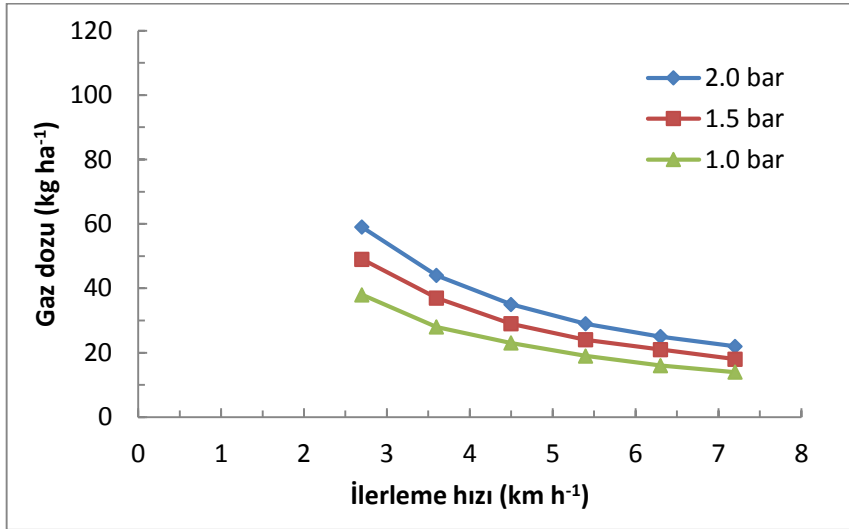
Termal kamera görüntülerine göre, basıncın 1.5-2.5 bar aralığında, alev başlığından 20-25 cm uzaklıkta alev huzmesi genişliği yaklaşık 25 cm kadar ölçülmüştür. Gaz basıncı 1.5 bar'ın altında düştüğünde huzme genişliği belirgin bir şekilde azaltmakta ve huzme uzunluğu kısaltmaya başlamaktadır. Yüksek basınçta (3.0 bar) ise küçük delikli meme kullanıldığında elde edilen debi, 2.0 bar ile karşılaştırıldığında bir artış göstermemiştir. Buna göre, küçük delikli memeler kullanılarak yüksek gaz basınçlarında çalışılmayacağı, bu yüzden gerekli yüksek gaz dozlarını elde etmenin mümkün olmayacağı sonucuna varılmıştır.



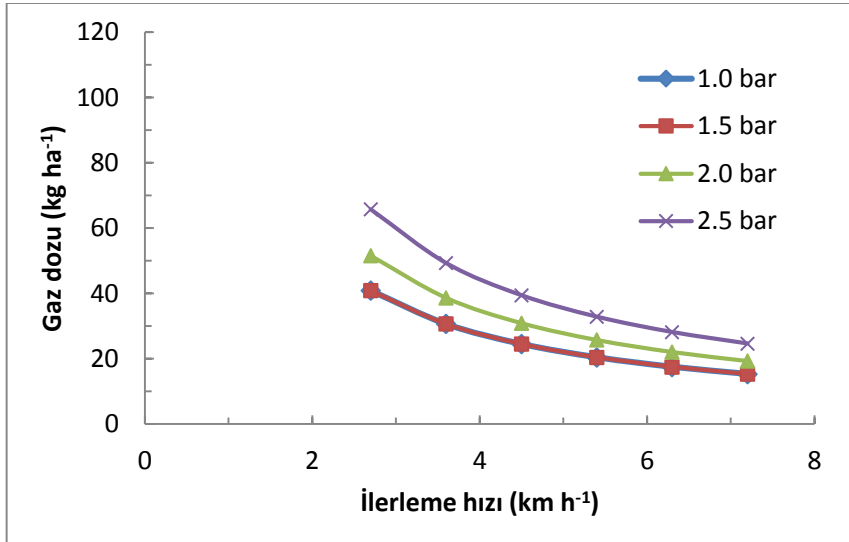
Şekil 1. Tip1 memede basınç-debi ilişkisi



Şekil 2. Tip1 memede ilerleme hızı-basınç ve gaz dozu ilişkisi



Şekil 3. Tip2 memede ilerleme hızı-basınç ve gaz dozu ilişkisi



Şekil 4. Tip3 memede ilerleme hızı-basınç ve gaz dozu ilişkisi

Örneğin, Tip2 memede 2.0 bar'ın üzerine çıkılamamıştır (Şekil 3). 1.5 bar'dan küçük basınçlarda ise tüm memelerde yeterli gaz debisi elde edilememiştir. Örneğin, Şekil 2'de görüldüğü gibi, basınç değeri 1.0 mm delikli memede 3.0 bar'a kadar çıkabilmektedir, ancak 0.8 ve 0.5 mm delikli

memelerde 3.0 bar basınçta debide herhangi bir artış olmamış, debi-basınç arasındaki doğrusal ilişki bozulmuştur. Bu nedenle, Şekil 3 ve Şekil 4'te 3.0 bar için veri bulunmamaktadır.

Aynı basınç değerinde elde edilebilecek gaz dozu en yüksek Tip1 memede bulunmuştur. Bunu Tip 2 ve Tip

3 izlemektedir (Şekil 2-4). Aynı meme tipinde farklı basınçlar uygulanarak Tip1 ile yaklaşık 40-130 kg ha⁻¹, Tip2 ile 15-60 kg ha⁻¹ ve Tip 3 ile 10-70 kg ha⁻¹ LPG normu elde edilebilir. Tip 2 ve Tip 3 memelerin gaz dozu uygulaması açısından birbirine benzer sonuçlar verdiği söylenebilir. Literatür, dar yapraklı otlar için gaz dozu gereksiniminin 90 kg ha⁻¹'den çok daha yüksek olabileceğini, ancak geniş yapraklı yabancı otlar için erken dönemde yapılan uygulamada 40-60 kg ha⁻¹ dozun yeterli olabileceğini rapor etmektedir (Wszelaki ve ark., 2007, Rifai ve ark., 1996, Ullua ve ark., 2011, Sivesind ve ark., 2009, Tursun 2016). Tip2 ve Tip3 memeleri kullanarak, özellikle dar yapraklı yabancı otlar için gerekli olan yüksek dozların elde edilemeyeceği bulunmuştur. Ancak, geniş yapraklı otların yaygın olduğu ve dar yapraklı yabancı otların verimi baskılamadığı durumlarda bu tip memelerin kullanılması uygun olabilir.

Tip 1 ve Tip 2 memelerin kullanımını sınırlayan ikinci faktör ise ilerleme hızı gereksinimi olarak bulunmuştur. Bu memelerle elde edilecek en yüksek dozlarda makine ilerleme hızını 2.5-3 km h⁻¹ değerine kadar düşürmek gerekmektedir. Uygulamada, 30-40 kg ha⁻¹ dozun altındaki dozların gerekli olduğu durumlarla sıklıkla karşılaşmayacağı değerlendirilerek gerek Tip2 gerekse Tip3 memenin alevleme tekniği açısından traktöre bağlanan bir makine için uygun olmayacağı sonucuna varılmıştır. Ancak, bu memeler, düşük hızlarda çalıştırılabileceği için elle çekilir veya sırtta taşınır alev makinelerine uyarlanabilir. Alev huzmesi uzunluğu 1.5-2.5 bar aralığında tüm memeler için 40 cm'den fazla bulunmuştur. Uygulama yüksekliğinin 25 cm'den fazla olmayacağı öngörülerek huzme uzunluğunun tüm memeler için yeterli olduğu bulunmuştur. Alev başlığından 20 cm uzaklıktaki huzme genişliği de 25 cm'den az değildir.

Tip 1 meme, 1.5-2.5 bar basınç aralığında yaklaşık olarak 2.7-6.5 km h⁻¹ hız aralığında 40-130 kg ha⁻¹ doz uygulamasını sağlayabilmektedir (Şekil 2). Buna göre, Tip1 gaz memesi, gerek dar yapraklı gerekse geniş yapraklı otlarla mücadele için en uygun meme tipi olarak bulunmuştur. Alev uygulamasında yüksek makine ilerleme hızı, yabancı otların ısıdan etkilenme süresini azaltacağı için istenmeyen bir durumdur. Isıl etkiyi artırmak için ilerleme hızının olabildiğince düşük olması tercih edilebilir, ancak bu da makinenin birim zamanda işleyeceği alanı minimize edeceği için makine işletmeciliği açısından istenmeyecektir. Bu bağlamda, Tip 1 meme 1.5 bar basınçta ilerleme hızını çok yüksek tutmadan düşük dozların (35-45 kg ha⁻¹) uygulaması için kullanılabilir. Ancak alan iş başarısını artırmak açısından mümkün olan en yüksek basınçta (2.5 bar) çalışılması önerilebilir. En yüksek basınçta yaklaşık 3.5-6.5 km h⁻¹ ilerleme hızlarında 55-95 kg ha⁻¹ doz uygulaması mümkün görünmektedir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Ticari olarak bulunabilen ve sanayide kullanılmakta olan gaz memelerini kullanmak yerine, yabancı ot alevlemesi için kullanılacak özel imal edilecek gaz memeleri araştırılmıştır. Bu amaçla, dalma erozyon yöntemiyle üç farklı gaz memesi tasarlanmıştır: Tip1 (1.0 mm 3 delikli), Tip2 (0.5 mm 5 delikli) ve Tip3 (0.8 mm 3 delikli). Bunlar içinde Tip1 kodlu memenin, yabancı ot alevlemesi için en uygun olacağı bulunmuştur. Tip1 gaz memesi, alev başlığı ile birlikte 25 cm iş genişliği ve yaklaşık 40 cm etkin alev uzunluğu sağlamaktadır. Bu meme tipi: 1.5 ile 2.5 bar arasında 2.7-6.5 km h⁻¹ hız aralığında 40-130 kg ha⁻¹ doz uygulamasını yapabilecektir. Tip2 ve Tip3 meme, iş başarısını düşürmeden traktörle yapılacak çalışmalar için uygun bulunmamıştır, ancak, elle çekilir veya sırtta taşınır bir alev makinesi için uygun olabilirler. Delik çapı 1 mm'den az olan memelerin traktöre asılır tip bir alevleme makinesi için uygun olmayacağı bulunmuştur.

Bu çalışmada imal edilen meme tipleri, piyasada yaygın olarak kullanılan meme tiplerinde olduğu gibi konik huzmelidir. Bundan sonraki araştırmalar, çok delikli memelerde deliklerinin püskürtme açılarının, kullanılacak alev başlığının geometrisiyle daha uyumlu hale getirilmesi üzerine odaklanabilir. Ek olarak, ilaçlama makinelerinde sıkça kullanılan yelpaze huzmeli memelere benzer gaz memelerinin geliştirilmesi, ısı dağılımını geliştirecektir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'na teşekkür ederiz (Proje No: 213O109).

KAYNAKÇA

- Arslan S, Tursun N, Kurtulmuş F, Güleç D, 2016. Use of Thermal Images for Optimizing Burner Height, Operating Pressure, and Burner Angle of a Weed Flamer. *Agronomy Research*, 14(1): 14-24.
- Bond W, Grundy AC 2001. Non-Chemical Weed Management in Organic Farming Systems. *Weed Research*, 41: 383-405.
- Güleç D, Arslan S, Tursun N 2015. Farklı Gaz Memelerinin Alev Makinesi Başlıkları Geliştirilmesi için Kullanılma Olanakları. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 11(3): 231-237.
- Kang WS 2001. Development of a Flame Weeder. *Transactions of the ASAE*, 44(5): 1065-1070.
- Lague C, Gill J, Peloquin G 2001. Thermal Control in Plant Protection. In: Vincent, C., Panneton B, Fleurat-Lessard F. (Eds.), *Physical Control Methods in Plant Protection*. Springer-Verlag, Berlin, Germany, pp. 35-46.
- Merfield CN 2010. Thermal Weed Management for Crop Production. www.merfield.com (Erişim tarihi: 27 Kasım 2014).

- Morelle B 1993. Thermal Weed Control and its Application in Agriculture and Horticulture. In: Communications of the 4th International Conference IFOAM, Non-chemical Weed Control, Dijon, France, 111-116.
- Önler E, Çelen İH, Kılıç E 2013. Effects of FLAME on *Xanthium Strumarium* at Flame Weeding Application. Russe University, Bulgaria.
- Özvardar S, Çelen İH, Önler E 2010. Alevli Mücadelede Alevin Bazı Yabancı Ot Türlerine Etkisi. 26. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, 22-23-Eylül, Hatay.
- Parish S 1990. A Review of Non-chemical Weed Control Techniques. *Biol. Agric. Hort.*, 7: 117-137.
- Rifai MN, Zikla T, Mojzis M 1996. Flame and Mechanical Cultivation for Weed Control. *Zemedska Technica* 42: 109-113.
- Rifai MN, Miller J, Gadus J, Otepka P, Kosik L 2003. Comparison of Infrared, Flame and Steam Units for Their Use in Plant Protection. *Res. Agr. Eng.*, 49: 65-73.
- Sivesind EC, Leblanc ML, Cloutier DC, Seguin P, Stewart KA 2009. Weed Response to Flame Weeding at Different Developmental Stages. *Weed Technology*, 23:438-443.
- Tursun N, Arslan S, Demir Z, Karlıdağ H 2017. Kayısı Bahçelerinde Yabancı Otlara Karşı Herbisitlere Alternatif Mücadele Yöntemlerinden Alevleme ve Örtücü Bitkilerin Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Sonuç Raporu, Proje Kodu: TUBİTAK 1001, Proje No: 213 O 109.
- Ulloa SM, Datta A, Bruening C, Neilson B, Miller J, Gogos G, Knezevic SZ 2011. Mazie Response to Broadcast Flaming at Different Growth Stages: Effects on Growth, Yield and Yield Components. *European J. of Agronomy*, 34:10-19.
- Wszelaki AL, Doohan DJ, Alexandrou 2007. Weed Control and Crop Quality in Cabbage [*Brassica oleracea* (capitata group)] and Tomato (*Lycopersicon lycopersicum*) Using a Propane Flamer. *Crop Prot.* 26: 134-144.

Sulama Performansının Değerlendirilmesi: Kırıkhan Sulama Birliği Örneği

Mehmet GENÇOĞLU¹, Hasan DEĞİRMENCİ²

¹TKGM 3109 Nolu Lisanslı Harita ve Kadastro Mühendislik Bürosu, İskenderun, Hatay, ²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş

¹<https://orcid.org/0000-0003-1824-2318>, ²<https://orcid.org/0000-0002-6157-816X>

✉: degirmenci@ksu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada; Devlet Su İşleri tarafından inşa edilen ve Kırıkhan Sulama Birliğine devredilen sulama alanının performansı, su kullanım etkinliği, mali yeterlilik ve üretim etkinliği göstergeleri ile değerlendirilmiştir. Değerlendirmede; 2008-2013 yıllarına ilişkin Kırıkhan sulama birliği verileri kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre; 2008 ve 2013 yıllarında sırasıyla birim sulama alanına dağıtılan sulama suyu miktarı 3735 m³ ha⁻¹ ve 16651 m³ ha⁻¹, birim sulanan alana dağıtılan toplam sulama suyu miktarı 5496 m³ ha⁻¹ ve 13684 m³ ha⁻¹, yıllık su temini oranı 0.70 ve 1.42'dir. Mali yeterlilik oranı en düşük 2008 yılında %57,5 en yüksek 2010 yılında %108,3, birim sulama alanına düşen işletme bakım yönetim masrafları en düşük 2010 yılında 81.52 \$ ha⁻¹ en yüksek ise 2009 yılında 141.96 \$ ha⁻¹, çalışan her bir personele düşen toplam yıllık masraf en düşük 2012 yılında 10055.19 \$ kişi⁻¹ en yüksek ise 2013 yılında 20183.23 \$ kişi⁻¹ ve su ücreti toplama performansı ise %34,42-92,08 oranında gerçekleşmiştir. Birim sulama alanına karşılık elde edilen gelir 528-4247 \$ ha⁻¹; sulanan birim alana karşılık elde edilen gelir 770-3719 \$ ha⁻¹; şebekeye alınan birim sulama suyuna karşılık elde edilen gelir 0.009-0.041 \$ m⁻³ ve sulama oranı ise %33-89 arasında gerçekleşmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 11.12.2018

Kabul Tarihi : 04.02.2019

Anahtar Kelimeler

Sulama
Sulama şebekesi
Sulama birliği
Sulama performansı

Assessment of Irrigation Performance: A Case Study of Kırıkhan Irrigation Association

ABSTRACT

In this study; an irrigation project built by DSI (State Hydraulic Works) and transferred to Kırıkhan Water Users' Association (WUA) was chosen as a material to assess irrigation performance including water use, financial and production efficiency indicators. Data between 2008 and 2013, obtained from the WUA, was used. As a result of study; per unit irrigation water supplied to users per unit irrigated area was 3735 m³ ha⁻¹ and 16651 m³ ha⁻¹, per unit irrigation water supplied to users per unit command area was 5496 m³ ha⁻¹ and 13684 m³ ha⁻¹, relative water supply was 0.70 and 1.42 in 2008 and 2013, respectively. The lowest (57.5%) and the highest (108.3%) value of financial efficiency were found in 2008 and 2010, respectively. Operation, maintenance and management cost per unit command area was the lowest (81.52 \$ ha⁻¹) in 2010 and the highest (141.96 \$ ha⁻¹) in 2009. Cost per person was lowest (10055.19 \$ person⁻¹) in 2012 and the highest (20183.23 \$ person⁻¹) in 2013. Water charge collection performance was changed from 34.42% to 92.08% during the study years. Output per unit command area ranged between 528-4247 \$ ha⁻¹, output per unit irrigated area was 770-3719 \$ ha⁻¹, output per unit water consumed was 0.009-0.041 \$ m⁻³ and irrigation ratio changed between 33-89%.

Research Article

Article History

Received: 11.12.2018

Accepted: 04.02.2019

Keywords

Irrigation
Irrigation scheme
Water user association
Irrigation performance

GİRİŞ

Artan nüfus, yüksek kentleşme oranı ve sanayi yatırımları; tarımsal, endüstriyel ve içme suyu kullanıcılarının talepleri arasında ciddi bir rekabet doğurmuştur. Su talebinin tüm sektörlerde gidere artması nedeniyle, suyu en fazla tüketen tarımsal sulama şebekelerinde suyun etkin kullanımı giderek daha fazla sorgulanır duruma gelmiştir. Ancak, sulamanın tekniğine uygun yapılamaması ya da aşırı su kullanımı nedeniyle erozyon, yüksek taban suyu, sodyumluluk, tuzluluk ve drenaj gibi sulu tarımın sürdürülebilirliğini tehdit eden ciddi çevresel sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, tüm dünyada sulama şebeke performanslarının yükseltilmesi gerekmektedir. Sulama şebeke performanslarının belirlenmesinde karşılaştırma göstergeleri kullanılmakta ve performans artırılması için araştırmalar yapılmaktadır.

Birçok ülkede; sulama şebekelerinin daha etkin, verimli ve yerinden yönetimi, işletme ve bakım giderlerinin azaltılması gibi hedeflerinin gerçekleştirilmesine yönelik olarak, kullanıcılara devredilmesi çalışmaları yürütülmüştür. Sulama şebekelerinde işletme-bakım ve yönetim sorumluluğunun su kullanıcı örgütlerine devri birçok ülkede gerçekleştirilmiştir (Vermillion ve Sagardoy, 1999; Vermillion, 2000). Ülkemizde sulama şebekelerinin işletme bakım ve yönetim sorumluluğunun su kullanıcı örgütlerine devir çalışmalarına 1993 yılında başlanmıştır. Böylelikle Dünya Bankasından alınan destekle DSİ tarafından inşa edilen ve işletilen sulama şebekelerinin yönetimi sulama birliklerine, sulama kooperatiflerine, belediyelere ve köy tüzel kişiliklerine devredilmiştir.

Dünya'da ve ülkemizde sulama performansının değerlendirilmesine ilişkin göstergeler geliştirilmiş ve birçok çalışma yapılmıştır. Sulama performans değerlendirmesi için su kullanımı, tarımsal üretim, mali performans ve sistem performansı üzerine çok sayıda gösterge geliştirilmiştir. Abernethy (1986) suyun eşitlik, güvenilirlik ve etkinlik, Plusquellec ve ark. (1990) su kullanım etkinliği, bitki deseni ve üretim değeri, Molden ve Gates (1990) ana kanal, sekonder kanal ve tersiyer kanal düzeyinde su kullanımının yeterlilik, etkinlik, güvenilirlik ve eşitlik, Bos ve ark. (1994) su dağıtım performansı, tarımsal etkinlik performansı, sosyo-ekonomik ve çevresel performansı, Meinzen-Dick (1995) sulama zamanının belirlenmesi ve yönetimi, Malano ve ark. (2004), su kullanım ve dağıtım etkinliği, finansal yeterlilik, üretim değeri ve çevresel etkinlik ve Molden ve ark. (1998) şebekeler arasında karşılaştırma yapabilmek için birim alan ve su kullanımı karşılığında elde edilen eşdeğer üretim değeri göstergelerini geliştirmişlerdir. Yercan ve ark. (2004), Gediz nehri havzasında 8 sulama şebekesini, Eliçabuk

ve Topak (2017), Gevrekli Sulama Birliğini, Akçay (2016), Aydın ilinde faaliyet gösteren 25 sulama kooperatifini, Değirmenci ve ark. (2017) Türkiye'nin değişik havzalarında sulama birlikleri tarafından işletilen sulama şebeke alanı 20000 ha'dan büyük 14 sulama şebekesini, Kuşcu ve ark. (2009) Karacabey sulama şebekesinin başarısını, Bareng ve ark. (2015) Filipinler'de sulama birlikleri tarafından işletilen dört sulama şebekesini ve Corcoles ve ark. (2010) İspanya'da 7 sulama birliğinin sistem başarısını geliştirilen göstergeleri kullanarak değerlendirmişlerdir.

Bu çalışma; Hatay bölgesinde yer alan Kırıkhan sulama alanında faaliyet gösteren sulama birliğinin su kullanım etkinliğini, mali yeterlilik düzeyini ve üretim etkinliğini ilgili göstergelerle değerlendirilmesini, araştırma çıktılarının ülkemiz sulama birliklerinin işletim başarısına ve bu konudaki literatüre katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

MATERYAL ve METOT

Bu araştırma Hatay İli Kırıkhan İlçesinde bulunan toplam 11 köyün (Kodallı, İlkpınar, Karamağara, Alaybeyli, Reşatlı, Aktutan, Güzelce, Karadurmuşlu, Karaçağıl, Karmankaşı ve Mahmutlu) tarım arazilerini içine alan Kırıkhan Sulama Birliği sulama alanında yapılmıştır. Sulama şebekesinin haritası Şekil 1'de verilmiştir. Sulama performans göstergelerinin hesaplanmasında 2008-2013 yıllarına ilişkin Kırıkhan sulama birliği verileri kullanılmıştır. Amik Ovasının kuzey doğusunda bulunan Kırıkhan sulaması 1983 yılında tamamen sulamaya açılmıştır. Sulama şebeke toplam alanı 7300 ha olup, sulama suyu Karasu Çayı Kamışlar regülatöründen temin edilmektedir. Sulama sahasında bölge çiftçileri I. ve II. ürün ekimi yapmaktadırlar. Sulama şebekesinde 2008-2013 yıllarında gerçekleşen bitki deseni Çizelge 1'de verilmiştir.

Sulama şebeke alanı Akdeniz iklimi özelliği taşımaktadır. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise yağışlıdır. Kırıkhan uzun yıllık ortalama yağış miktarı 1130.8 mm, uzun yıllık ortalama sıcaklık 18.3 °C ve ortalama nem %63.7'dir. Sulama alanında eğim %2-5 arasında değişmektedir.

Çizelge 1. Sulama şebekesinde gerçekleşen bitki deseni

Yıllar	Bitki dağılımı(%)					
	Pamuk	Hububat	Mısır	Bostan	Sebze	II. Ürün
2008	42	34	12	6	2	6
2009	41	26	8	4	3	70
2010	44	25	16	3	1	32
2011	58	12	17	3	8	22
2012	35	26	26	4	1	24
2013	39	27	19	3	1	35



Şekil 1. Araştırma alanının konumu

Çizelge 2. Sulama performans göstergeleri

Alan	Kod	Performans Göstergesi	Eşitlik
Su Kullanım Etkinliği	A	Birim sulama dağıtılan yıllık sulama suyu miktarı ($m^3 ha^{-1}$)	$= \frac{\text{Toplam su miktarı}}{\text{Sulama alanı}}$
	B	Birim sulanan alana dağıtılan yıllık sulama suyu miktarı ($m^3 ha^{-1}$)	$= \frac{\text{Toplam su miktarı}}{\text{Sulanan alan}}$
	C	Yıllık su temin oranı	$= \frac{\text{Toplam su miktarı}}{\text{Toplam sulama suyu ihtiyacı}}$
Mali Etkinlik	D	Mali yeterlilik oranı (%)	$= \frac{\text{Toplanan su ücreti}}{\text{Toplam İBY masrafı}} \times 100$
	E	Bakım masraflarının gelire oranı (%)	$= \frac{\text{Toplam bakım masrafı}}{\text{Toplam su ücreti}} \times 100$
	F	Birim sulama alanına düşen toplam işletme –bakım – yönetim masrafı ($\$ ha^{-1}$)	$= \frac{\text{Toplam İBY masrafı}}{\text{Sulama alanı}}$
	G	Su dağıtımında istihdam edilen her bir kişiye düşen toplam masraf ($\$ kişi^{-1}$)	$= \frac{\text{Toplam personel gideri}}{\text{Toplam personel sayısı}}$
	H	Su ücreti toplama performansı (%)	$= \frac{\text{Toplam tahsilat}}{\text{Toplam tahakkuk}} \times 100$
Üretim Etkinliği	J	1000 ha alana düşen personel sayısı (kişi 1000 ha^{-1})	$= \frac{\text{Toplam personel sayısı}}{\text{Sulama alanı}}$
	K	Birim sulama alanına karşılık elde edilen gelir ($\$ ha^{-1}$)	$= \frac{\text{Toplam üretim değeri}}{\text{Sulama alanı}}$
	L	Sulanan birim alana karşılık elde edilen gelir ($\$ ha^{-1}$)	$= \frac{\text{Toplam üretim değeri}}{\text{Sulanan alan}}$
	M	Şebekeye alınan birim sulama suyuna karşılık elde edilen gelir ($\$ m^{-3}$)	$= \frac{\text{Toplam üretim değeri}}{\text{Şebekeye alınan su miktarı}}$
N	Sulama oranı (%)	$= \frac{\text{Sulanan alan}}{\text{Sulama alanı}} \times 100$	

Çalışmada Malano ve ark. (2004) tarafından geliştirilen su kullanım etkinliği, mali etkinlik ve üretim etkinliği performans göstergeleri kullanılmıştır. Performans göstergeleri ve hesaplama yöntemleri Çizelge 2’de verilmiştir. Araştırmada sulanan alan I. ürün ve II. ürün ekim alanının toplamı alınmıştır. Ürün ve Sulama şebekelerinin yıllar bazında araştırma sonuçlarının karşılaştırmalarının yapılabilmesi için Türk Lirasının dolar karşılığı hesaplanmasında Merkez Bankasının ilgili yıldaki dolar kuru ortalaması alınmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Su Kullanım Etkinliği Göstergeleri Sonuçları

Sulama alanında su kullanım etkinliğine ilişkin 2008-2013 yılları için hesaplanan performans göstergeleri bulguları Çizelge 3’te verilmiştir.

Çizelge 3. Su kullanım etkinliği göstergeleri

Yıllar	A	B	C
2008	3735	5496	0.70
2009	7163	10540	1.97
2010	13623	13934	1.85
2011	8506	11538	1.16
2012	14467	14238	1.27
2013	16651	13684	1.42

A: Birim sulama alanına dağıtılan yıllık sulama suyu miktarı ($m^3 ha^{-1}$); **B:** Birim sulanan alana dağıtılan yıllık sulama suyu miktarı ($m^3 ha^{-1}$); **C:** Yıllık su temin oranı

Çizelge 3’te verilen birim sulama alanına dağıtılan yıllık sulama suyu miktarı (A) en düşük 2008 yılında $3735 m^3 ha^{-1}$ ve en yüksek 2013 yılında $16651 m^3 ha^{-1}$ olarak gerçekleşmiştir. Sulama şebekesinde 2013 yılında I. ürün ve II. ürün olmak üzere toplam 5074 ha alanda sulama yapılmıştır. Bu nedenle 2013 yılında sulama alanına dağıtılan su miktarı çok yüksek bulunmuştur. Sulanan alana dağıtılan yıllık sulama suyu miktarı (B) en düşük 2008 yılında $5496 m^3 ha^{-1}$ ve en yüksek 2012 yılında $14238 m^3 ha^{-1}$ ve yıllık su temini oranı (C) ise en düşük 2008 yılında 0.70 ve en yüksek 2009 yılında 1.97 olurken ortalama olarak 1.40

Çizelge 4. Mali etkinlik göstergeleri

Yıllar	D	E	F	G	H	J
2008	57.49	2.12	119.21	13851.24	34.42	6
2009	78.53	23.35	141.96	13395.06	65.75	5.9
2010	108.30	2.41	81.52	13809.25	57.35	3.9
2011	92.67	2.13	106.83	10748.94	92.08	3.7
2012	94.85	26.28	102.48	10055.19	52.02	3.8
2013	88.08	33.18	124.13	20183.23	66.11	2.6

D: Mali yeterlilik oranı (%); **E:** Bakım masrafının gelire oranı (%); **F:** Birim alana düşen toplam işletme –bakım – yönetim masrafı ($\$ ha^{-1}$); **G:** Su dağıtımında çalışan her bir kişiye düşen toplam masraf ($\$ kişi^{-1}$); **H:** Su ücreti toplama performansı (%); **J:** 1000 ha alana düşen personel sayısı (kişi 1000 ha⁻¹)

olarak gerçekleşmiştir. Su temin oranının düşük olduğu yıllarda sulama oranı da düşük gerçekleşmiştir. Eliçabuk ve Topak (2017) çalışmalarında; Konya Gevrekli sulama şebekesinde birim alana dağıtılan yıllık sulama suyu miktarını en düşük 2008 yılında $665 m ha^{-1}$ ve en yüksek 2013 yılında $1301 m ha^{-1}$, birim sulanan alana dağıtılan yıllık sulama suyu miktarını en yüksek 2009 yılında $5273 m ha^{-1}$ ve en düşük 2008 yılında $2577 m ha^{-1}$, yıllık su temini oranını en düşük 2008 yılında 0.51 ve en yüksek 2009 yılında 1.04 olarak belirlemişlerdir. Uçar (2011) Isparta’da bulunan 10 sulama şebekesinde toplam su temin oranının 0.60 ile 7.32 arasında değiştiğini belirlemiştir. El-Agha ve ark. (2011), Mısır’da Nil deltasında bulunan Meet Yazid sulama şebekesinde su temin oranını Nisan ayında 0.92, Kasım ayında 2.38 ve ortalama 1.5 olarak bulmuşlardır. Levine (1982)’e göre, su temini oranının 1 olması durumunda sulama şebekesine ihtiyaç kadar su alındığını, 1’den küçük olması durumunda yetersiz su temin edildiğini, 1’den büyük olması durumunda ise sulama şebekesine fazla su alındığını ifade edilmektedir. Buna göre sulama alanına verilen suyun 2008 yılında ihtiyacın altında, 2009-2013 yılları arasında ise ihtiyacın üzerinde olduğu bulunmuştur.

Mali Etkinlik Göstergeleri Sonuçları

Sulama alanı mali etkinlik göstergeleri sonuçları Çizelge 4’te verilmiştir.

Mali yeterlilik oranı (D), sulama şebekelerinde kullanıcılardan toplanan sulama suyu ücretlerinin, o yıl yapılan işletme ve bakım masraflarını karşılayıp karşılayamadığının bir göstergesidir. Çiftçilerden toplanan toplam sulama suyu ücreti ve toplam işletme, bakım ve yönetim masrafları verilerine göre bulunan mali yeterlilik oranı; %57.5 ile en düşük 2008 yılında, % 108.3 ile en yüksek 2010 yılında bulunmuştur. Çakmak (2002a) Ceylanpınar İkicircıp sulama şebekesinden sorumlu olan sulama birliğinde mali yeterlilik oranını %105-211 arasında belirlemiştir. Beyribey (1997) ise mali yeterlilik oranının %21 ile %91 arasında ve ortalama olarak ise %65 olduğunu belirlemiştir.

Molden ve Gates (1990), çeşitli ülkelerde farklı sulama şebekelerinde mali yeterlilik oranının %28 ile 139 arasında değiştiğini, su kullanıcı örgütlerinde bu değerlerin %100'e yakın olduğunu, kamu sulama şebekelerinde ise %30-50 arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

Bu çalışmada hem yıl bazında hesaplanan değerler hem de ortalama değerler, çiftçilerden alınan su ücretlerinin işletme, bakım ve yönetim masraflarını karşılamada yeterli olmadığını göstermektedir.

Bakım masrafının gelire oranı (E) en düşük 2008, 2010, 2011 yıllarında sırasıyla %2.12, 2.41 ve 2.13 olarak belirlenmiştir. E oranı en yüksek ise %33.18 olarak 2013 yılında saptanmıştır. Dolayısıyla çalışmanın yapıldığı beş yıllık süreç içerisinde ortalama bakım masrafının gelire oranı %14.91 olarak gerçekleşmiştir. Cin ve Çakmak (2017)'in Beypazarı Başören Sulama Kooperatifinde bakım masraflarının gelire oranını % 14 olarak bulmuşlardır. Phadnis ve Kulsreshtha (2011) Hindistan Samrat Ashok Sagar sulama şebekesinde faaliyet gösteren 19 sulama birliğinde bakım masraflarının gelire oranını %2-15 arasında hesaplamışlardır.

Birim alana düşen toplam işletme-bakım-yönetim masrafı (F) en düşük 2010 yılında 81.52 \$ ha⁻¹ ve en yüksek 2013 yılında 124.13 \$ ha⁻¹ bulunmuştur. Arslan ve Değirmenci (2018) Kahramanmaraş Sol Sahil sulama birliğinde birim alana düşen toplam işletme bakım yönetim masrafını 89.26 \$ ha⁻¹ olarak bulmuştur. Alcon ve ark. (2017) İspanya'da üzerinde çalıştıkları 5 farklı sulama şebekesinde birim alana düşen toplam işletme-bakım-yönetim masrafını 2002-2010 yılları arasında 400 ile 1300 € ha⁻¹ arasında, ortalama değeri ise 1014 € ha⁻¹ olarak belirlemişlerdir. Literatür çalışmaları karşılaştırıldığında ülkemizde F göstergesinin diğer ülkelere göre oldukça düşük gerçekleştiği görülmektedir.

Su dağıtımında istihdam edilen her bir kişiye düşen masraf (G) en düşük 2012 yılında 10055.19 \$ ve en yüksek 2013 yılında 20183.23 \$ olmuştur. Nalbantoğlu ve Çakmak (2007) Akıncı sulamasında yapmış oldukları çalışmada, su dağıtımında istihdam edilen her bir kişiye düşen toplam masraf; en düşük 1999 yılında 1091.09 \$ ve en yüksek 2005 yılında 8658.84 \$ olarak bulmuşlardır. Malano ve ark. (2004) çeşitli ülkelerde yapmış oldukları bir çalışmada her bir çalışana düşen masrafı 84 nolu şebekede 987.55 \$ kişi⁻¹, 89 nolu işletmede ise 13602 \$ kişi⁻¹ olarak belirlemişlerdir. Kırıkhan sulama birliğinde elde edilen değerler yapılan diğer çalışmalara göre oldukça yüksek olarak belirlenmiştir.

Su ücreti toplama performansı (H) 2011 yılında %92.08 ile en yüksek, 2008 yılında ise %34.42 ile en düşük bulunmuştur. Kalender ve Topak (2017), Konya Ilgın sulama şebekesinde su ücreti toplama performansını değerlendirdikleri 2007-2015 yılları

arasında, en düşük değeri 2013 yılında % 83.54 ve en yüksek ise 2014 yılında %146.97 olarak hesaplamışlardır. Djumaboev ve ark. (2017) Kuzey Özbekistan'da 12 sulama şebekesinde su ücreti toplama performansının %23 ile 57 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Bu çalışmada elde edilen değerler benzer çalışmalarla uyum sağlamaktadır. Su ücreti toplama performansının bazı yıllarda düşük olmasının başlıca nedenleri, ürünlerin pazar fiyatının düşük olması ve çiftçilerin su ücretini ödeme alışkanlığının olmaması söylenebilir.

1000 ha alana düşen personel sayısı (J) 2008-2013 yılları arasında en az 2013 yılında 2.6 kişi 1000 ha⁻¹, en fazla ise 2008 yılında 6 kişi 1000 ha⁻¹ olarak gerçekleşmiştir. Nalbantoğlu ve Çakmak (2007) Akıncı sulamasında yaptığı çalışmada; en çok 2004 yılında 1.2 kişi 1000 ha⁻¹ ve en az 2002 yılında 7 kişi 1000 ha⁻¹ olduğunu, Rodriguez Diaz ve ark. (2004) İspanya Andalusia bölgesinde 5 sulama şebekesinde 1000 ha alana düşen çalışan sayısını sırasıyla 1.06, 1.40, 0.30, 0.89 ve 2.60 olarak bulmuşlardır. Bekişoğlu (1994), çeşitli ülkelerdeki sulama şebekelerinde 10 000 ha alan için ortalama 30 personelin görev yaptığını, ancak bu sayının ülkemiz sulama şebekelerinin DSİ tarafından yönetildiği dönemde 72.5 ile ortalamanın yaklaşık 2.5 katı olduğunu belirtmektedir. Aynı araştırmacı, birim personelce denetlenmesi gereken sulama alanının 333 ha olması gerektiğini belirlemiştir. Çalışma alanında birim alana düşen personel sayısının benzer çalışmalarla paralellik gösterdiği görülmüştür. Ancak özellikle değerlendirme periyodunun sonlarına doğru (2011-2013 yılları arasında) personel yetersizliği olduğu belirlenmiştir.

Üretim Etkinliği Göstergeleri Sonuçları

Üretim etkinliği gösterge sonuçları Çizelge 5'te verilmiştir. Birim sulama alanına karşılık elde edilen gelir (K) en yüksek 2013 yılında 4247.15 \$ ha⁻¹, en düşük ise 2009 yılında 528.78 \$ ha⁻¹ gerçekleşmiştir. Büyükcangaz ve ark. (2018) Bursa bölgesinde yapmış oldukları bir çalışmada 2011-2014 yılları için 9 sulama şebekesinde birim sulama alanına karşılık elde edilen geliri ortalama 854.42 TL ha⁻¹ ve standart sapmasını ise 21.51 olarak belirlemişlerdir. Malano ve ark. (2004) çeşitli ülkelerde yapmış oldukları çalışmada; birim sulama alanına karşılık elde edilen geliri 84 nolu sulama şebekesinde en düşük 1346 en yüksek 1568 ve 89 nolu sulama şebekesinde ise en düşük 977.25 ve en yüksek 1087 \$ ha⁻¹ olarak hesaplamışlardır.

Sulanan birim alana karşılık elde edilen gelir (L) en yüksek 2011 yılında 3719 \$ ha⁻¹ ve en düşük 2009 yılında 770 \$ ha⁻¹ olmuştur. Akkuzu ve Pamuk Mengü (2012) Gediz havzasında faaliyet gösteren 10 sulama birliğinde 2002-2008 yılları için sulanan birim alana karşılık elde edilen gelir değerlerini 2136 ile 9066 \$ ha⁻¹ arasında hesaplamışlardır. Birliklerin 2002-2008

yılları arası ortalaması ise 3290 ile 4829 \$ ha⁻¹ arasındadır.

Şebekeye alınan birim sulama suyuna karşılık elde edilen gelir (M) 0.009-0.041 \$ m⁻³ arasında değişmiştir. Çakmak (2002b), Kızılırmak Havzasında yer alan 8 sulama birliğinde 1999-2000 yıllarına ilişkin tüketilen birim sulama suyuna karşılık elde edilen geliri 0.02-1.88 \$ m⁻³ arasında belirlemiştir. Kapan (2010) Asartepe sulama birliğinde tüketilen birim sulama suyuna karşılık elde edilen gelir, en yüksek 2006 yılında 13.951 TL m⁻³, en düşük ise 2007 yılında 5.804 TL m⁻³ olarak hesaplamıştır. Rodriguez Diaz ve ark. (2004) İspanya Andalusia bölgesinde 5 sulama şebekesinde birim sulama suyuna karşılık elde edilen geliri sırasıyla 1.09, 0.88, 1.31, 0.60 ve 0.57 \$ m⁻³ olarak hesaplamışlardır.

Sulama oranı (N) en düşük 2008 ve 2009 yıllarında gözlemlenmiş olup %33'tür. En yüksek sulama oranı değeri ise %89 ile 2013 yılında gerçekleşmiştir. Eliçabuk ve Topak (2017) Konya Gevrekli sulamasında sulama oranını 2008-2013 yıllarında %21.8 ile %35.1 arasında bulmuşlardır. Garcia-Bolanos ve ark. (2011) yapmış oldukları çalışmada; Moritanya'da orta ve küçük büyüklükte 22 sulama şebekesinin yarısından fazlasında sulama oranı %66'yı geçmemiştir. Ülkemizde sulama şebekelerinin ortalama sulama oranı %62'dir. Çalışma alanında her geçen yıl sulama oranının arttığı görülmüştür.

Çizelge 5. Üretim etkinliği sonuçları

Yıllar	K	L	M	N
2009	528	770	0.009	33
2010	3611	3663	0.033	66
2011	2781	3719	0.041	52
2012	3448	3334	0.032	76
2013	4247	3454	0.034	89

K:Birim sulama alanına karşılık elde edilen gelir (\$ ha⁻¹); **L:**Sulanan birim alana karşılık elde edilen gelir (\$ ha⁻¹) **M:** Şebekeye alınan birim sulama suyuna karşılık elde edilen gelir (\$ m⁻³); **N:** Sulama oranı (%)

SONUÇ

Kırıkhan sulama birliğinde su dağıtım performansı göstergesi olarak incelenen su temin oranı 2008 yılında 0.70 olup sulama alanına verilen suyun yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Diğer yıllarda bu oran 1.16 ile 1.97 arasında değişim göstermekte olup sulama alanına ihtiyaç fazlası suyun verildiği dolayısıyla da suyun etkin kullanılmadığı görülmektedir.

Kullanıcılardan toplanan su ücretleri işletme, bakım, yönetim masrafları incelendiğinde mali yeterlilik incelemesinde o yıl toplanan su ücretleri ile sistemin bakım ve işletme giderleri oranı karşılaştırılması yapılabilmekte olup, çalışma alanında bu oran en düşük 2008 yılında % 57.49 ve en yüksek 2010 yılında

%108.3 olarak elde edilirken ortalama değer %86.65 olarak bulunmuştur. Bu veriler çalışma alanında toplanan su ücretlerinin işletme ve bakım masraflarını karşılamadığı ve su ücreti toplama performansının düşük olduğunu göstermektedir.

Araştırma alanında kullanıcılardan toplanan toplam su ücretinin toplam bakım masrafına bölünmesi ile elde edilen bakım masrafının gelire oranı ile elde edilen değer, sistemin bakım masraflarının karşılanabilmesi oranını göstermektedir. Buna göre bakım masrafının gelire oranı değerinin en düşük 2008, 2010, 2011 yıllarında gerçekleştiği ve yaklaşık %2 oranında olduğu görülmüş olup, en yüksek ise 2013 yılında %33 olarak pay ayrıldığı saptanmıştır. Buna göre, araştırma alanında kullanıcılardan toplanan toplam su ücreti toplam bakım masraflarını karşılamaktadır.

Çalışma alanını oluşturan Kırıkhan Sulama Birliğinin su dağıtımını, işletme ve bakım konularında performansının oldukça kötü durumda olduğu görülmüştür. Bununla birlikte sulama birliğinin en büyük sorunu; sulama tesislerinin çok eski, yıpranmış ve hatta bazı kesimlerinin kullanılamaz durumda olmasıdır. Bakım masraflarının gelire oranı ele alındığında bazı yıllarda gerçekleşen düşük değerlerin sistemin etkin kullanılması bakımından kayıplara neden olan bir etken olduğu gözlenmektedir. Diğer taraftan su ücretlerinin toplanmasında da genel olarak ortalamalara yakın oranlara ulaşılmış olmakla birlikte, düşük değerler görülmekte, bu da diğer performans değerlerini etkileyen önemli bir unsur olarak değerlendirilmektedir.

Sistemde bulunan tüm olumsuzluklara rağmen, sistemde bulunan eksikliklerin sulama bakım hizmetleri ile düzeltilmesi veya yenilenmesi gereken kısımların yenilenmesi ile sistemin daha kullanılabilir hale getirilerek su kaybının en aza indirilmesi sonucunda, suyun sulamada daha etkin kullanımı sağlanabilir. Sulama suyunun bitkilere yeteri kadar ve gerektiği zamanda uygulanması ilkesinden hareketle, tarımsal faaliyetler içinde önemli bir yere olan suyun etkin kullanılması ve su kaybının en aza indirilmesi yönünde çiftçiler mutlaka bilinçlendirilmelidir. Çiftçiler ile sulama birliklerinin uyumu ve ortak çıkarları doğrultusunda faaliyet gösteren bir tüzel kişilik olduğunun kabulünün sağlanması ile sistemin daha etkin ve verimli olarak kullanılabilmesi düşünülmektedir.

Sonuç olarak; birliklerin kuruluş ve işleyiş amaçlarının çiftçilere yönelik olduğu ve çiftçilerinde bu birliklerin birer parçası oldukları gerçeğini kabullendirecek çalışmalar yapılmalı, kısıtlı olan suyun etkin kullanımı için de sulama tesislerinin yenilenmesi, bakımlarının tam yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Abernethy CL 1986. Performance measurement in canal water management: a discussion. London, UK: ODI. 25p. (ODI/IIMI Irrigation Management Network 86/2d)
- Akçay S 2016. Aydın İli Sulama Kooperatiflerinde Su Sağlama Oranlarının Belirlenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 13(2) :135-143
- Akkuzu E, Pamuk Mengü G 2012. Aşağı Gediz Havzası Sulama Birliklerinde Karşılaştırmalı Performans Göstergeleri İle Sulama Sistem Performansının Değerlendirilmesi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 49 (2): 149-158.
- Alcon F, Bastida PAG, Garcia MS, Alvarez VM, Gorriz BM., Baille A. 2017. Explaining the Performance of Irrigation Communities in a Waterscarce Region. Irrig Sci., 35:193-203.
- Arslan F, Değirmenci H 2018. Sulama Şebekelerinin işletme-bakım ve yönetim modernizasyonunda RAP-MASSCOTE yaklaşımı: Kahramanmaraş Sol Sahil Sulama şebekesi örneği. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 49(1): 45-51
- Bareng JLR, Balderama OF, Alejo LA 2015. Analysis of Irrigation Systems Employing Comparative Performance Indicators: A Benchmark Study for National Irrigation and Communal Irrigation Systems in Cagayan River Basin. Journal of Agricultural Science and Technology A, 5: 325-335.
- Bekişoğlu Ş 1994. Türkiye'deki Sulama Sistemlerinin Mevcut Durumu, İşletme ve Bakım Sorunları. Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferans Bildirgeleri. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü, 2, 579-586.
- Beyribey M 1997. Devlet Sulama Şebekelerinde Sistem Performansının Değerlendirilmesi. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No: 1480, Bilimsel Araştırmalar ve İncelemeler. 813. Ankara, 88s.
- Büyükcangaz H, Değirmenci H, Kartal S 2018. Bursa Bölgesi Sulama Şebekelerinin İstatistiksel Yöntemlerle Değerlendirilmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 5(4): 501-508.
- Cin S, Çakmak B 2017. Assessment of Irrigation Performance in Başören Irrigation Cooperative Area of Beypazarı, Ankara. JAFAG, 34(2): 10-19.
- Corcoles JI, Juan JA, Ortega JF, Tarjuelo JM, Moreno MA 2010. Management evaluation of Water Users Associations using benchmarking techniques. Agricultural Water Management 98(1): 1-11.
- Çakmak B 2002a. Ceylanpınar İkircip Sulama Birliği'nde Sulama Sistem Performansının Değerlendirilmesi. Harran Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi, 7(1-2):1-9.
- Çakmak B 2002b. Kızılırmak Havzası Sulama Birliklerinde Sulama Sistem Performansının Değerlendirilmesi. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 5(2): 130-141.
- Değirmenci H, Tanrıverdi Ç, Arslan F 2017. Aşağı Seyhan Ovası Sulama Birliklerinin Kümeleme Analizi ile Karşılaştırılması. KSÜ Doğa Bil. Derg., 20(4): 326-333.
- Djumaboev K, Hamidov A, Anarbekov O, Gafurov Z, Tussupova K 2017. Impact of Institutional Change on Irrigation Management: A Case Study from Southern Uzbekistan. Water 9(6): 419.
- El-Agha DE, Molden D, Ghanem AM 2011. Performance assessment of irrigation water management in old lands of the Nile delta of Egypt. Irrigation and Drainage Systems, 25(4): 215-236.
- Eliçabuk C, Topak R 2017. Gevrekli Sulama Birliği'nde Sulama Performansının Değerlendirilmesi. Selçuk Tar. Bil Der., 3(2): 191-199.
- Garcia-Bolanos M, Borgia C, Poblador N, Dia M, Seyid OMV, Mateos L 2011. Performance assessment of small irrigation schemes along the Mauritanian banks of the Senegal River. Agricultural Water Management, 98(7): 1141-1152.
- Kalender MA, Topak R 2017. Irrigation Performance of Ilgın Plain Irrigation Association. Selcuk J. Agr. Food Sci., 31(2): 59-67.
- Kapan E 2010. Asartepe Sulama Birliğinde Sulama Performansının Karşılaştırmalı Değerlendirilmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 47 s.
- Kuşçu H, Bölüktepe FE, Demir AO 2009. Performance assessment for irrigation water management: A case study in the Karacabey irrigation scheme in Turkey African Journal of Agricultural Research, 4(2): 124-132.
- Levine G 1982. Relative Water Supply: An Explanatory Variable for Irrigation System. Technical Report No:6, Cornell University, Ithaca, New York, USA.
- Malano H, Burton M, Makin I 2004. Benchmarking Performance in the Irrigation and Drainage Sector: A Tool for Change. Irrigation and Drainage Irrig. and Drain., 53(2): 119-133.
- Meinzen-Dick R 1995. Timeliness of Irrigation. Irrigation and Drainage System, 9: 371-387.
- Molden DJ, Gates TK 1990. Performance Measures for Evaluation of Irrigation-Water-Delivery Systems. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 116(6): 804-823.
- Molden DJ, Sakthivadivel R, Perry CJ, Fraiture CD, Kloezen WH 1998. Indicators for Comparing Performance of Irrigated Agricultural Systems. IWMI, Research Report 20, Colombo, 26 p.
- Nalbantoğlu G, Çakmak B 2007. Akıncı Sulama Birliğinde Sulama Performansının Karşılaştırmalı Değerlendirilmesi. A.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi 13(3): 213-223.
- Phadnis SS, Kulsreshtha M 2011. Benchmarking as a Tool For Improvement of System Performance: Case of Samrat Ashok Sagar Irrigation Project, Madhya Pradesh, India. Journal of Environmental Research and Development, 5(4): 984-996.

- Plusquellec HL, McPhail K, Polti C 1990. Review of Irrigation SystemI with Respect to Initial Objectives. *Irrigation and Drainage Systems*, 4(4): 313–327.
- Uçar Y 2011. Performance assessment irrigation schemes according to comparative indicators: A case study of Isparta, Turkey. *European Journal of Scientific Research*, 52(1): 82-90.
- Vermillion DL 2000. Guide to Monitoring and Evaluation of Irrigation Management Transfer, International Network on Participatory Irrigation Management (INPIM), USA.
- Vermillion DL, Sagardoy JA 1999. Transfer of Irrigation Management Services: Guideline, FAO Irrigation and Drainage Paper 58, FAO, IWMI and GTZ, Rome.
- Yercan M, Dorsan F, Ul M A 2004. Comparative Analysis of Performance Criteria in Irrigation Schemes: A Case Study of Gediz River Basin in Turkey. *Agricultural Water Management*, 66: 259-266.

Sulama Kanal Çeşitleri ve Uzunluklarının Sulama Performans Göstergelerine Etkisi

Sinan KARTAL¹, Hasan DEĞİRMENCİ², Fırat ARSLAN³

¹Akdeniz Üniversitesi, Kumluca Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 07350 Kumluca Antalya, ²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 46040, Kahramanmaraş,

¹<https://orcid.org/0000-0002-9600-8052>, ²<https://orcid.org/0000-0002-6157-816X>, ³<https://orcid.org/0000-0002-7168-226X>

✉: hdegirmenci46@gmail.com

ÖZET

Suyun etkin kullanımında sulama şebekelerinde kullanılan kanal çeşitleri büyük öneme sahiptir. Bu çalışmada, Ege Bölgesinde 9 adet sulama şebekesinde, ana sulama kanal çeşitleri ve uzunluklarının sulama performans göstergelerine etkisi araştırılmıştır. Sulama kanal uzunlukları ve su iletim performans göstergeleri arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla korelasyon; kanal çeşitlerine ve uzunluklarına göre sulama şebekelerini homojen gruplara ayırmak amacıyla kümeleme analizi ve genel değerlendirme yapmak amacıyla da temel bileşenler analizi sonucunda oluşan biplot grafikleri kullanılmıştır. Sonuçta, kanal uzunlukları ve çeşitleri ile sulama oranı ve birim sulama alanına dağıtılan toplam sulama suyu miktarı arasında korelasyon bulunmuştur ($P>0.01$). Sulama kanal çeşitleri ve uzunlukları ile birim sulanan alana dağıtılan toplam sulama suyu miktarı ve su temin oranı arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ($P>0.05$). Borulu su iletim kanallarına sahip sulama şebekelerinde sulama performansı yüksek olması beklenirken, kaplamalı ve kanalet su iletim kanallarına sahip olan sulama şebekeleri daha yüksek performans göstermiştir. Sonuçta sulama şebeke performans göstergeleri kanal çeşitleri ve uzunluklarının yanında yönetim, işletim gibi birçok etkene bağlı olduğu belirlenmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 26.12.2018

Kabul Tarihi : 10.03.2019

Anahtar Kelimeler

Sulama kanal çeşitleri,
Sulama kanal uzunlukları,
Sulama performans göstergeleri,
Sulama şebekeleri

The Effect of Irrigation Channel Type and Length on Irrigation Performance Indicators

ABSTRACT

Channel types are of great importance in the effective use of water in irrigation schemes. In this study, the effects of main channel systems type and lengths on the water distribution performance indicators for 9 irrigation schemes in the 2nd District of the General Directorate of State Hydraulic Works were investigated. Correlation was used to determine the relationship between channel lengths and water distribution performance indicators. Cluster analysis was used to divide irrigation schemes into homogeneous groups according to channel types. Biplot charts which are formed as a result of principle component analysis were used to interpret all indicators together. As a result, there was a correlation between channel lengths and irrigation ratio as well as annual irrigation water supplied to users per unit command area ($P<0.01$). The interaction between channel types and lengths and other water distribution performance indicators was not statistically significant ($P>0.05$). While the water distribution performance of irrigation schemes with piped water delivery systems was expected to be high, irrigation schemes with classic and canalette channels showed higher performance. As a result, performance indicators were determined to be dependent on many factors such as management and operation besides channel types and lengths in irrigation schemes.

Research Article

Article History

Received : 26.12.2018

Accepted : 10.03.2019

Keywords

Irrigation channel types
Irrigation channel length
Irrigation performance indicators
Irrigation schemes

GİRİŞ

Dünya nüfusu hızla artarken yaşam için gerekli olan kaynaklar ise değişen iklim koşulları ve insan etkileri nedeniyle her geçen gün azalmaktadır. Günümüzde her açıdan verimlilik ön plana çıkmaktadır. Eldeki kısımlardan maksimum yarar sağlamak için her alanda çalışmalar yapılmaktadır. Tarımda birim alanda üretimin artırılması maksimum verim alınarak gerekli ihtiyacın karşılanması yapılan çalışmaların başlıca hedeflerindedir. Tarımsal faaliyetlerde en önemli unsur sudur. Kullanılabilir suyun kıtlığı ve her geçen gün azalması, suyun verimli kullanılmasının önemini ortaya koymaktadır.

Sulama şebekelerinin su ihtiyacını karşılamak birçok Akdeniz ülkesinde olduğu gibi Türkiye’de de önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Sulama şebekelerinin izleme ve değerlendirilmesi bu sorunların çözülmesinde önem taşımaktadır. Araştırmacılar sulama şebekelerini değerlendirmek için birtakım performans göstergeleri geliştirmişlerdir (Molden ve ark. 1998). Bu göstergeler sulama şebekelerinin modernizasyonunda (Renault ve ark. 2007) ve sonraki çalışmalarda genişletilerek kullanılmıştır (Burt, 2001; Malano ve ark. 2004). Bu göstergeler sulama şebekelerinin performansı hakkında genel bilgiler vermektedir. Türkiye’de ve Dünyada sulama şebekelerinin sulama performanslarının değerlendirilmesi suyun etkin kullanımı açısından önem taşımakta ve birçok araştırmacı tarafından bu konuda çalışmalar yürütülmüştür. Değirmenci (2001) Türkiye’de farklı bölgelerde bulunan 158 adet sulama şebekesini, Çakmak ve ark. (2004) Türkiye’nin Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan sulama şebekelerini değerlendirmek amacıyla performans göstergelerinden yararlanmıştır. Akçay ve Tunalı (2016) Büyük Menderes ve Aşağı Gediz Havzası sulama birliklerinin üretim ve su kullanım performanslarının karşılaştırmalı olarak değerlendirmiştir. Akkuzu ve Mengü (2011) Alaşehir

yöresi sulama birliklerini arazi-su verimliliği ve su temini açısından değerlendirmişlerdir. Rodriguez-Díaz ve ark. (2008) sulama şebekelerini değerlendirmek amacıyla İspanya’nın Endülüs Bölgesinde yaptıkları çalışmada çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden yararlanmıştır. Alcon ve ark. (2017) sulama performans göstergeleri ile sulama şebekelerinin bazı özellikleri arasındaki ilişkiyi panel regresyon ile açıklamıştır.

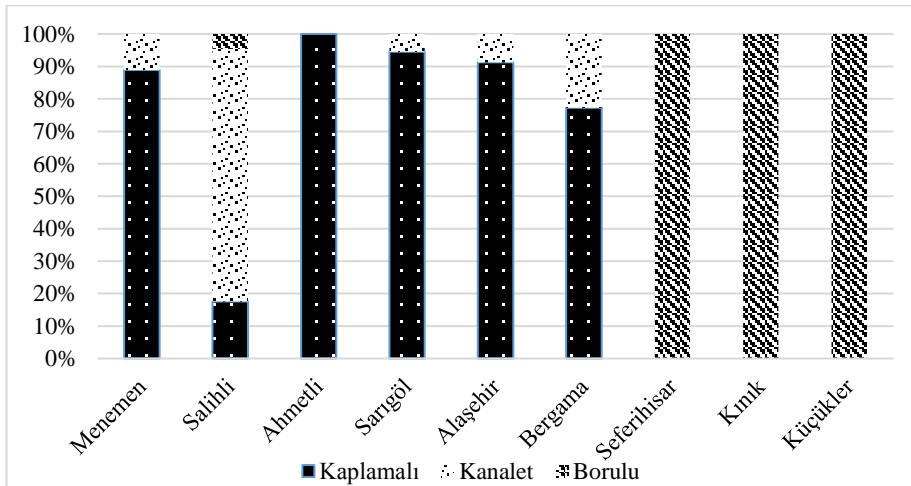
Türkiye’de DSİ (Devlet Su İşleri) tarafından inşa edilen ve su kullanıcı örgütlerine devredilen sulama şebekelerinde sulama kanallarının %43’ü kaplamalı, %35’i kanalet ve %17’si borulu su iletim ve dağıtım kanallarından oluşmaktadır. Bu sulama şebekelerinin hizmet verdiği alanlarda çiftçilerin yaklaşık %91’i yüzeysel, %8’i yağmurlama ve %1’i damla sulama yöntemlerini kullanmaktadır. Ayrıca bu sulama şebekelerinin ortalama sulama oranı %62’dir. Sulanan alanlarda en yüksek ekiliş oranına sahip bitkiler mısır (%26), pamuk (%13) ve hububat’tır (DSİ, 2017). Türkiye’de sulama oranının düşük olması ve sulama suyu ihtiyacının karşılanamamasının nedenlerinden biri de su iletim kanalları çeşit ve teknolojisidir.

Bu çalışmanın amacı Ege Bölgesinde bulunan 9 sulama şebekesinin sulama ana kanal çeşitlerinin ve uzunluklarının su dağıtım performans göstergeleri (sulama oranı, birim sulama/sulanan alana dağıtılan toplam sulama suyu miktarı ve su temin oranı) üzerine etkisini araştırmaktır.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Çalışmada materyal olarak Ege Bölgesinde bulunan Menemen, Salihli, Ahmetli, Sarıgöl, Alaşehir, Bergama, Seferihisar, Kınık ve Küçükler sulama şebekeleri seçilmiştir. Bu sulama şebekelerinde sulama ana kanal çeşitlerinin kullanım yüzdeleri Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Sulama şebekelerinde kullanılan su iletim kanal çeşitleri

Çalışma yapılan bölgede sulama şebekelerinin kaplamalı, kanalet ve borulu sulama ana kanal uzunluğu sırasıyla 1337.3, 2918.8 ve 351.6 km'dir. Seferihisar, Kınık ve Küçükler sulama şebekelerinde sadece borulu su iletim kanalları kullanılırken, Ahmetli sulama şebekesinde sadece kaplamalı su iletim kanalları kullanılmaktadır. Salihli sulama şebekesi ise yaklaşık %70'i kanalet su iletim sistemine sahiptir. Araştırma alanı olarak Ege Bölgesinin seçilmesinde tüm kanalları temsil eden sulama şebekelerinin bulunması etkili olmuştur. Bölgede toplam 12 adet büyük ölçekli sulama şebekesi (toplam sulama alanı 1000 ha'dan büyük) bulunmakta ve 140182 ha'lık bir alana hizmet etmektedir. Materyal olarak seçilen sulama şebekelerinin seçiminde verilerin ulaşılabilir olması etkili olmuştur. Çizelge 1'de genel özellikleri verilen sulama şebekelerinin toplam sulama alanı bölgedeki toplam sulama alanının %81.66'sını temsil etmektedir. Çalışmada kullanılan veriler ise DSİ Genel Müdürlüğü izleme ve

değerlendirme raporlarından temin edilmiştir (DSİ, 2017).

Metot

Sulama şebekelerinin değerlendirilmesinde sulama oranı (Değirmenci, 2001), birim sulanan/sulama alanına dağıtılan toplam sulama suyu miktarı ve su temin oranı (Malano ve Burton, 2001) performans göstergeleri kullanılmıştır. Bu göstergelerin hesaplanmasında ihtiyaç duyulan veriler Çizelge 2'de verilmiştir. Sulama oranı, sulama şebekesinde toplam sulanan I. ürün alanını, şebekeye alınan toplam sulama suyu miktarı (m^3), su kaynağından şebekeye saptırılan su miktarını ve toplam sulama suyu ihtiyacı (m^3), bitki su tüketimi ve sulama randımanı dikkate alınarak DSİ tarafından hesaplanmış olan parametrelerdir. Birim alana (da) düşen ana sulama kanal uzunluğunu (m) hesaplamak amacıyla ise aşağıda verilen formüllerden yararlanılmıştır (Eşitlik 1, 2, 3).

Çizelge 1. Sulama şebekeleri genel özellikleri

Sulama şebeke adı	Sulama alanı (ha)	Cazibe	Pompaj	İşletmeye açıldığı yıl	Başlıca ürünler		
Menemen	22865	x	x	1944	Pamuk (%65)	Mısır (%11)	Bağ (%5)
Salihli	22797	x	x	1944	Bağ (%54)	Mısır (%29)	Pamuk (%6)
Ahmetli	50232	x		1954	Bağ (%49)	Mısır (%38)	Pamuk (%4)
Sarıgöl	1927	x		1969	Bağ (%97)	Fidan (%3)	-
Alaşehir	11806	x	x	1979	Bağ (%99)	Fidan (%1)	-
Bergama	3716	x		1989	Mısır (%48)	Pamuk (%16)	Ayçiçeği (%14)
Seferihisar	1129	x		1997	Narenciy e (%89)	Sebze (%6)	Mısır (%5)

Çizelge 2. Seçilen performans göstergeleri ve ihtiyaç duyulan veriler

Gösterge kodu	Gösterge adı	İhtiyaç duyulan veriler
Sorani	Sulama oranı (%)	Sulanan alan (ha) Sulama alanı (ha)
Bsulanan	Birim sulanan alana dağıtılan sulama suyu miktarı ($m^3 ha^{-1}$)	Şebekeye alınan toplam sulama suyu miktarı (m^3) Sulanan alan (ha)
Bsulama	Birim sulama alanına dağıtılan sulama suyu miktarı ($m^3 ha^{-1}$)	Şebekeye alınan toplam sulama suyu miktarı (m^3) Sulama alanı (ha)
Stemino	Su temin oranı	Şebekeye alınan toplam sulama suyu miktarı (m^3) Toplam sulama suyu ihtiyacı (m^3)

$$\text{Birim sulama alanına düşen kaplamalı kanal uzunluğu} = \frac{\text{Toplam kaplamalı kanal uzunluğu (m)}}{\text{Sulama alanı (ha)}} \quad (1)$$

$$\text{Birim sulama alanına düşen kanaletli kanal uzunluğu} = \frac{\text{Toplam kanaletli kanal uzunluğu (m)}}{\text{Sulama alanı (ha)}} \quad (2)$$

$$\text{Birim sulama alanına düşen borulu kanal uzunluğu} = \frac{\text{Toplam borulu kanal uzunluğu (m)}}{\text{Sulama alanı (ha)}} \quad (3)$$

İstatiksel Değerlendirme

Yapılan çalışmada sulama performans göstergeleri ile birim sulama alanına düşen kaplamalı, kanalet ve borulu kanal uzunlukları arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla korelasyon yapılmıştır. Sulama şebekelerini her bir kanal çeşidinde birim alana düşen kanal uzunluklarına göre kümeleme analizi yapılmıştır. Bu analiz ile kanal çeşitleri ve uzunluklarının performans göstergelerine olan etkisinin homojen gruplarda incelenmesi amaçlanmıştır. Sulama şebekeleri, sulama performans

göstergeleri ve birim alana düşen kanal uzunlukları arasındaki ilişkiyi bir arada incelemek amacıyla biplot grafiğinden yararlanılmıştır. Biplot grafikleri temel bileşenler analizi sonucunda oluşturulmuştur.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Bölgede bulunan sulama şebekelerine ait sulama performans göstergeleri ve birim sulama alanına düşen kaplamalı, kanalet, borulu ana kanal uzunlukları ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Sulama performans göstergeleri ve birim alana düşen kaplamalı, kanalet, borulu sulama kanal uzunlukları ortalamaları ve standart sapma değerleri

Sulama şebekesi	Soranı	Bsulanan (m ³ ha ⁻¹)	Bsulama (m ³ ha ⁻¹)	Stemino	Kaplamalı (m da ⁻¹)	Kanalet (m da ⁻¹)	Borulu (m da ⁻¹)
Menemen	75.10 (4.64)*	8426.10 (1017.27)	6324.90 (801.73)	1.60 (0.40)	30.22 (0)	3.76 (0)	-
Salihli	52.58 (4.23)	11029.40 (1378.66)	5767.79 (521.55)	2.13 (0.63)	8.42 (0.24)	37.42 (1.07)	2.19 (0.06)
Ahmetli	41.05 (2.82)	9471.13 (773.95)	3896.37 (505.67)	2.07 (0.58)	37.15 (0.42)	-	-
Sarıgöl	28.29 (6.86)	12709.11 (4924.00)	3505.45 (1538.84)	2.80 (1.04)	106.38 (0)	6.23 (0)	-
Alaşehir	39.86 (4.94)	8314.21 (1233.41)	3281.49 (395.12)	1.44 (0.43)	44.07 (0)	4.24 (0)	-
Bergama	46.52 (3.67)	8168.48 (1439.93)	3796.76 (693.81)	1.24 (0.34)	53.82 (0)	15.88 (0)	-
Seferihisar	49.37 (1.21)	8266.82 (2761.47)	4087.87 (1369.10)	1.25 (0.56)	-	-	88.33 (2.57)
Kınık	19.46 (20.14)	12426.40 (9675.99)	2029.00 (1786.20)	2.29 (2.05)	-	-	33.62 (0)
Küçükler	20.97 (10.86)	10916.53 (5852.89)	1968.81 (733.30)	1.71 (1.12)	-	-	33.22 (0)

*Standart sapma, Soranı: sulama oranı, Bsulanan: birim sulanan alana dağıtılan toplam sulama suyu miktarı, Bsulama: birim sulama alanına dağıtılan sulama suyu miktarı, Stemino: su temin oranı, Kaplamalı: birim sulama alanına düşen kaplamalı kanal uzunluğu, Kanalet: birim sulama alanına düşen kanalet uzunluğu, Borulu: birim sulama alanına düşen borulu kanal uzunluğu

Araştırma sonuçlarına göre en düşük ortalama sulama oranına sahip olan sulama şebekesi %19.46 ile Kınık'tır. Ayrıca bu sulama şebekesinin standart sapması 20.14'tür. Bu durum Kınık sulama şebekesi sulama oranının yıllar içinde çok değişkenlik gösterdiğini kanıtlamaktadır. En yüksek ortalama sulama oranı %75.10 ile Menemen sulama şebekesinde hesaplanmıştır. DSİ (2017)'ye göre Türkiye ortalama sulama oranı %62'dir. Ortalama sulama oranı Menemen sulama şebekesi hariç tüm sulama şebekelerinde Türkiye ortalamasının altındadır. Bölgede sulama oranının düşük olmasının sebepleri yağışların yeterli görülmesi ve su talebinin olmaması (%30), nadas (%10), sosyal ve ekonomik nedenler (%6)'dir.

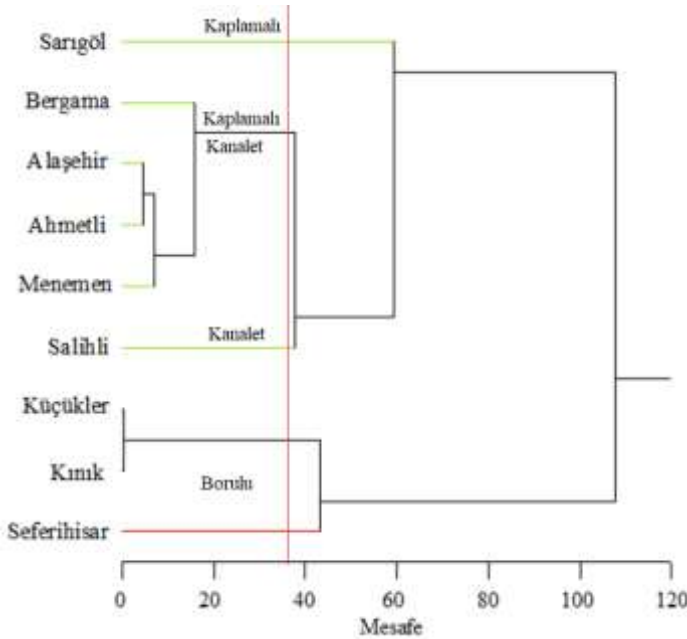
Birim sulanan alana dağıtılan toplam sulama suyu ortalaması en yüksek 12709.11 m³ ha⁻¹ ile Sarıgöl

sulama şebekesinde, en düşük ise 8168.48 m³ ha⁻¹ ile Bergama sulama şebekesinde hesaplanmıştır. Elicabuk ve Toprak (2017) kaplamalı ve kanalet su iletim sistemine sahip Gevrekli sulama şebekesinde 2008-2013 yılları verilerine göre yaptığı çalışmaya Bsulanan değerini 2577-5273 m³ ha⁻¹ arasında saptamışlardır. Ege Bölgesinde bulunan sulama şebekeleri Elicabuk ve Toprak (2017)'ye göre düşük performans göstermektedir. Birim sulama alanına dağıtılan toplam sulama suyu miktarı en yüksek 6324.90 m³ ha⁻¹ ile Menemen sulama şebekesinde, en düşük ise 1968.81 m³ ha⁻¹ ile Küçükler sulama şebekesinde ölçülmüştür. Bsulama değeri, Cihan ve Acar (2016) Konya ili Çumra ilçesinde 2012-2014 yılları verileri ile yaptığı çalışmaya (10360 m³ ha⁻¹) göre benzerlik göstermekte, Kalender ve Toprak (2017)'de Ilgın ovasında 2007-2015 yılları verilerine göre basınçlı sulama yapan sulama şebekesine göre

(1727 – 6334 m³ ha⁻¹) ise yüksek olduğu söylenebilir.

Su temin oranı ortalaması en düşük 1.24 ile Bergama sulama şebekesinde en yüksek ise Sarıgöl sulama şebekesinde hesaplanmıştır. Bölgede su temin oranının 1'den yüksek olması sulama suyu ihtiyacından fazla su tüketildiğinin kanıtıdır. Arslan ve Değirmenci (2018) kaplamalı su iletim kanal sistemi kullanan Kartalkaya Sol Sahil sulama şebekesinde su temin oranını 2.68 olarak hesaplamışlardır. Su temin oranının 1'e eşit olması sulama sistemine yeterli miktarda saptırıldığını, 1'den az olması yetersiz su dağıtımının yapıldığını, 1'den fazla olması ise sulama şebekesinde fazla su dağıtımının yapıldığını göstermektedir (Molden ve ark., 1998). Buna göre araştırma alanında su temin oranı tüm sulama şebekelerinde 1'den büyüktür ve sulama suyunu ihtiyaçtan fazla kullandığını söyleyebiliriz.

Birim alana düşen kaplamalı, kanalet ve borulu su iletim kanal uzunlukları ortalamasına göre yapılan kümeleme ağaç grafiği Şekil 2'de verilmiştir. Kümeleme ağaç grafiğinde mesafe (uzaklık) yaklaşık 36 seçilerek 5 grup oluşturulmuştur.



Şekil 2. Kümeleme ağaç grafiği

Kümeleme ağaç grafiğine göre ilk grupta yer alan Sarıgöl sulama şebekesi kaplamalı su iletim kanallarını temsil etmektedir. İkinci grupta yer alan Bergama, Alaşehir, Ahmetli, Menemen sulama şebekeleri kaplamalı ve kanaletli su iletim kanallarını temsil etmektedir. Salihli sulama şebekesi kanaletli su iletim kanalları 3. grupta yer almışlardır. Borulu su iletim kanallarını temsil eden Küçükler ve Kınık sulama şebekeleri 4. grubu, Seferihisar ise 5. grubu oluşturmuştur. Seferihisar sulama şebekesinin birim alana düşen borulu su iletim kanal uzunluğu 88.33 m da⁻¹, Küçükler ve Kınık sulama şebekelerinin ise bu göstergesi yaklaşık 33 m da⁻¹'dir. Bu sulama şebekelerinin su iletim kanalları %100 borulu olduğundan aynı grupta değerlendirilmiştir. Sonuçta Küçükler, Kınık ve Seferihisar sulama şebekeleri tek grupta değerlendirilmiştir (Çizelge 4).

Oluşan gruplar incelendiğinde kaplamalı su iletim kanallarına sahip olan sulama şebekelerinin daha yüksek Soranı ve daha düşük Bsulanan, Bsulama ve Stemino göstergelerine sahip olduğu görülmektedir. Bu durumda 1. grup daha iyi performans göstermektedir. Borulu sulama şebekelerinin temsil edildiği 4. grup ise en düşük Soranı'na ve en düşük Bsulama değerine sahiptir.

En yüksek Stemino ise 3. grupta gerçekleşmiştir. 4. grupta su iletim kanallarının borulu olmasına beklenen performansı göstermemektedir. Tarla düzeyinde yüzeysel sulama yöntemlerinin kullanılması (Kınık %100, Küçükler %20) veya yönetim, işletim sorunlarının bulunması 4. grubun Bsulanan değerinin 1. ve 2. gruptan yüksek olmasını açıklayabilir. Bu durum işletme, bakım ve yönetim sorunlarından kaynaklanabilir.

Performans göstergeleri ve birim alana düşen kanal uzunlukları (kaplamalı, kanalet ve borulu) arasında yapılan korelasyon Çizelge 5'te verilmiştir. Birim alana düşen kanalet uzunluğu ve Soranı arasında (Pearson korelasyon katsayısı: 0.280; P<0.01) ve Bsulama arasında (Pearson korelasyon katsayısı: 0.428; P<0.01) pozitif korelasyon bulunmuştur. Buna göre birim alana düşen kanalet uzunluğu arttıkça Soranı ve Bsulama artmaktadır.

Çizelge 4. Kanal çeşitlerini temsil eden sulama şebekeleri ve ortalama performans gösterge değerleri

Grup	Soranı	Bsulanan (m ³ ha ⁻¹)	Bsulama (m ³ ha ⁻¹)	Stemino	Sulama şebekeleri	Temsil edilen kanal çeşidi
1. Grup	75.10	8426.10	6324.90	1.60	Sarıgöl	Kaplamalı
2. Grup	50.63	8594.98	4324.88	1.59	Bergama, Alaşehir, Ahmetli, Menemen	Kaplamalı Kanalet
3. Grup	52.58	11029.40	5767.79	2.13	Salihli	Kanalet
4. Grup	29.93	10536.58	2695.23	1.75	Küçükler, Kınık, Seferihisar	Borulu

Soranı: sulama oranı, Bsulanan: birim sulanan alana dağıtılan toplam sulama suyu miktarı, Bsulama: birim sulama alanına dağıtılan sulama suyu miktarı, Stemino: su temin oranı

Çizelge 5. Performans göstergeleri ve birim alana düşen kanal uzunlukları arasındaki korelasyon katsayıları

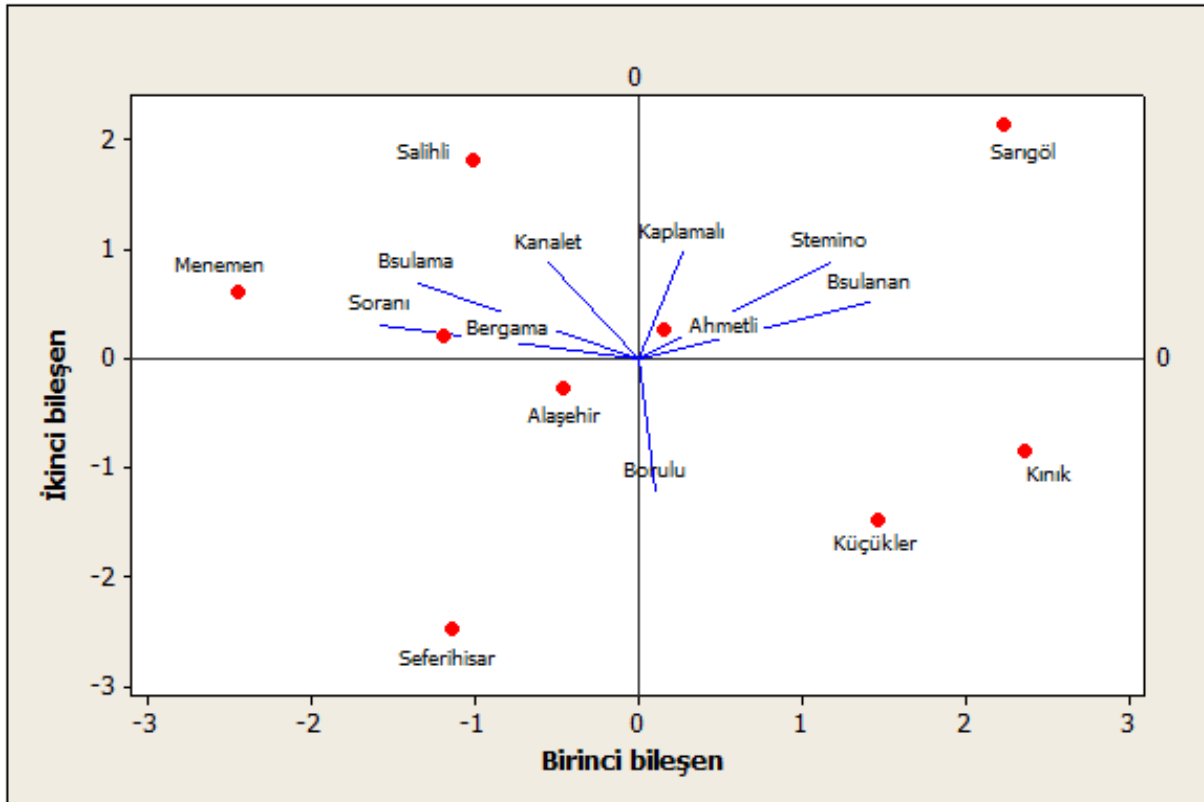
	Soranı	Bsulanan	Bsulama	Stemino	Kaplamalı	Kanalet	Borulu
Soranı	1	-0.354**	0.763**	-0.296*	-0.019	0.280*	-0.144
Bsulanan		1	0.248*	0.870**	0.050	0.033	-0.032
Bsulama			1	0.220	0.056	0.428**	-0.224
Stemino				1	0.189	0.042	-0.157
Kaplamalı					1	0.007	-0.575**
Kanalet						1	-0.365**
Borulu							1

Önem derecesi * $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$, Soranı: sulama oranı, Bsulanan: birim sulanan alana dağıtılan toplam sulama suyu miktarı, Bsulama: birim sulama alanına dağıtılan sulama suyu miktarı, Stemino: su temin oranı

Birim alana düşen kaplamalı ve borulu su iletim kanal uzunlukları ise su dağıtım performans göstergelerini istatistiksel olarak önemli derecede etkilemektedir ($P > 0.05$).

Temel bileşenler analizi sonucunda elde edilen biplot grafiği Şekil 3'te verilmiştir. Şekil 3 hesaplanan göstergeler ile sulama şebekeleri arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır. Menemen sulama şebekesinde Soranı ve Bsulama göstergelerinde daha yüksek olduğu ayrıca birim alana düşen kanalet uzunluğunun daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Stemino, Bsulanan ve birim alana düşen kaplamalı su iletim kanal uzunluğu arasında pozitif korelasyon bulunurken, bu göstergeler birim alana düşen borulu kanal uzunluğu

ile negatif korelasyona sahiptir. Çizelge 5 incelendiğinde göstergeler arasındaki korelasyon Şekil 3'te verilen biplot grafiğini desteklemektedir. Göstergeleri temsil eden mavi çizgiler arasındaki açı küçüldükçe pozitif korelasyonu gösterirken, birbirine zıt yönde olan mavi çizgiler negatif korelasyonu göstermektedir. Ancak bu korelasyonun istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı korelasyon sonucunda anlaşılmaktadır. Aslında temel bileşenler analizi sonucunda oluşan biplot grafiği sulama şebekeleri ve tüm göstergelerin bir arada yorumlanması ve tek bir grafik içinde yorumlanmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca göstergeleri temsil eden mavi çizgilerin ucuna yakın sulama şebekeleri diğer sulama şebekelerine göre daha yüksek değer aldığını ifade etmektedir.



Şekil 3. Biplot grafiği

SONUÇ

Ana sulama kanal çeşitleri ve uzunluklarının sulama performans göstergeleri üzerine etkisinin araştırıldığı bu çalışmada, Ege Bölgesinde bulunan Menemen, Salihli, Ahmetli, Sarıgöl, Alaşehir, Bergama, Seferihisar, Kınık ve Küçükler sulama şebekelerine ait 2009-2016 verileri kullanılarak değerlendirilmiştir. Sonuçta borulu su iletim kanallarına sahip sulama şebekelerinin birim sulama alanına dağıtılan toplam sulama suyu miktarını azalttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca bu sulama şebekelerinde sulama oranının düşük olduğu görülmüştür. Araştırma sonucuna göre sadece kanaletli su iletim kanalları sulama oranı ve birim sulanan alana dağıtılan toplam sulama suyu miktarına etki etmiştir. Ancak bu göstergelere etki eden diğer unsurlar da bulunmaktadır. Örneğin, Kınık sulama şebekesinde su iletiminin borulu sulama kanalları ile yapılmasına rağmen, çiftçiler sulanan alanda sadece yüzeysel sulama yöntemleri kullanmışlardır. Buna benzer durumlar su dağıtım performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Sonuç olarak su iletim kanalları su tasarrufu sağlamaktadır ancak çiftçi düzeyinde teknoloji kullanımının düşük olması su dağıtım performans göstergelerine negatif etkide bulunarak performansı düşürmektedir. Borulu su iletim kanallarına sahip sulama şebekelerinin performansı, kanalet ve kaplamalı kanallara sahip olan sulama şebekelerinden düşük olması işletim ve yönetim modernizasyon ihtiyacı olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Akçay S, Tunali SP 2016. Aşağı Büyük Menderes ve Aşağı Gediz Havzası Sulama Birliklerinin Üretim ve Su Kullanım Performanslarının Karşılaştırmalı Olarak Değerlendirilmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 3(1): 64-73.
- Akkuzu E, Mengü GP 2011. Alaşehir yöresi sulama birliklerinin arazi-su verimliliği ve su temini açısından değerlendirilmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(2): 119-126.
- Alcon F, García-Bastida PA, Soto-García M, Martínez-Alvarez V, Martín-Gorriz B, Baille A 2017. Explaining the performance of irrigation communities in a water-scarce region. *Irrigation Science*, 35(3): 193-203.
- Arslan F, Değirmenci H 2018. Sulama Şebekelerinin İşletme-Bakım ve Yönetim Modernizasyonunda RAP-MASSCOTE Yaklaşımı: Kahramanmaraş Sol Sahil Sulama Şebekesi Örneği, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49(1): 45-51.

- Burt C 2001. Rapid Appraisal Process (RAP) and Benchmarking: Explanation and Tools. *Water Control*. 2001. <http://www.watercontrol.org/tools/rap-eng-2002>, URL: 18 August 2018.
- Cihan İ, Acar B 2016. Performance of Ova Water User Association in Konya-Turkey, *World Journal of Innovative Research*, 1(2): 25-28.
- Çakmak B, Beyribey M, Yildirim YE, Kodal S 2004. Benchmarking performance of irrigation schemes: a case study from Turkey. *Irrigation and Drainage: The journal of the International Commission on Irrigation and Drainage*, 53(2): 155-163.
- Değirmenci H 2001. Devredilen sulama şebekelerinin karşılaştırma göstergeleri ile değerlendirilmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15:31-41.
- DSİ 2017. 2016 Yılı DSİ'ce İşletilen ve Devredilen Sulama Tesisleri Değerlendirme Raporu. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- Eliçabuk C, Topak R 2017. Gevrekli sulama birliği'nde sulama performansının değerlendirilmesi. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 3(2): 191-199.
- Kalender MA, Topak R 2017. Irrigation Performance of Iğın Plain Irrigation Association. *Selçuk J Agr Food Sci*, 31(2): 59-67.
- Malano H, Burton M 2001. International Program for Technology and Research in Irrigation and Drainage guidelines for benchmarking performance in the irrigation and drainage sector. IPTRID Secretariat, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Malano H, Burton M, Makin I 2004. Benchmarking performance in the irrigation and drainage sector: a tool for change. *Irrigation and Drainage*, 53:119-133.
- Molden DJ, Sakthivadivel, R, Perry CJ, Fraiture CD, Kloezen WH 1998. Indicators for Comparing Performance of Irrigated Agricultural Systems. IWMI, 1998, Research Report 20, Colombo, 26 p.
- Renault D, Facon T, Wahaj R 2007. Modernizing Irrigation Management: The MASSCOTE Approach-Mapping System and Services for Canal Operation Techniques (Vol 62). Food & Agriculture Org..
- Rodríguez-Díaz JA, Camacho-Poyato E, Lopez-Luque R, Pérez-Urrestarazu L 2008. Benchmarking and multivariate data analysis techniques for improving the efficiency of irrigation districts: an application in Spain. *Agricultural systems*, 96(1-3): 250-259.

Comparison of Conventional PCR Method With Cefoxitin Disc Diffusion, Automated System and Isolation on Chromogenic MRSA Medium Methods for The Detection of Meticillin Resistance In *Staphylococcus aureus* Strains Isolated From Various Clinical Specimens

Esra KAYA¹, Murat ARAL², Zerife ORHAN³, Kezban Tülay YALÇINKAYA⁴, Hacer UĞURLU⁵

^{1,2,4,5}KSÜ Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Ana Bilim Dalı, Kahramanmaraş, ³KSÜ Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Kahramanmaraş

¹<https://orcid.org/0000-0002-0732-6471>, ²<https://orcid.org/0000-0002-3576-4380>, ³<https://orcid.org/0000-0003-2154-3074>,

⁴<https://orcid.org/0000-0002-6324-4585>, ⁵<https://orcid.org/0000-0001-6126-5502>

✉: esra_ytn@hotmail.com

ABSTRACT

Meticillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) is one of the most important infectious agents. Therefore, fast and accurate diagnosis of MRSA is utmost important. Although *mecA* gene detection by PCR is reference method, conventional methods are preferred in routine practices due to simplicity. As conventional methods last 48-96 hours, several chromogenic media have been developed. Our objective was to compare the methods used for meticillin resistance detection with PCR. Forty-eight *S. aureus* strains isolated from various clinical specimens were included. Of the 48 *S. aureus* strains, 19 were *mecA* gene-positive and 29 were negative. *mecA* gene-positive 19 strains were also meticillin-resistant by automated system and disk diffusion. On chromogenic agar, 15 of 19 MRSA strains were meticillin-resistant and 4 were meticillin-sensitive. Twenty-nine *mecA* gene-negative strains were susceptible to meticillin by automatized system and disk diffusion. Among 29 *mecA* gene-negative MSSA strains inoculated on chromogenic agar, 17 were methicillin-resistant. According to our study, chromogenic media would be ineffective to detected to meticillin-resistance because of low sensitivity and specificity in routine.

Research Article

Article History

Received: 05.09.2018

Accepted: 30.01.2019

Keywords

MRSA

Chromogenic media

MecA gene

Cefoxitin disc diffusion

Çeşitli Klinik Örneklerden İzole Edilen *Staphylococcus aureus* Suşlarında Metisilin Direncinin Araştırılmasında Konvansiyonel PCR Yöntemi ile Sefoksitin Disk Difüzyon, Otomatize Sistem ve Chromogenic MRSA Agar Yöntemlerinin Karşılaştırılması

ÖZET

Metisiline dirençli *Staphylococcus aureus* (MRSA) en önemli enfeksiyöz ajanlardan biridir. Bu nedenle MRSA'nın hızlı ve doğru tanısı çok önemlidir. PCR ile *mecA* gen tespiti referans metodu olmakla birlikte, basit olmasından dolayı rutin uygulamada geleneksel yöntemler tercih edilmektedir. Geleneksel yöntemler ile tanının koyulması 48-96 saat sürdüğü için çeşitli kromojenik besiyerleri geliştirilmiştir. Çalışmamızdaki amacımız metisilin direncinin tespitinde kullanılan çeşitli yöntemleri PCR ile karşılaştırmaktır. Çeşitli klinik örneklerden izole edilen 48 *S. aureus* suşu çalışmamıza dahil edilmiştir. 48 *S. aureus* suşunun 19'u *mecA* gen-pozitif ve 29'u negatiftir. *mecA* gen-pozitif 19 suş da otomatik sistem ve disk difüzyonu ile dirençli bulunmuştur. Kromojenik agarda, 19 MRSA suşunun 15'i metisilin dirençli ve 4'ü duyarlı bulunmuştur. 29 *mecA* gen-negatif suş, otomatik sistem ve disk difüzyonu ile duyarlı bulunmuştur. *mecA* geni negatif olan 29 MSSA suşunun kromojenik agarda 17'si dirençli olarak değerlendirmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 05.09.2018

Kabul Tarihi : 30.01.2019

Anahtar Kelimeler

MRSA

Kromojenik besiyeri

MecA geni

Sefoksitin disk difüzyonu

To cite : Kaya E, Aral M, Orhan Z, Yalçinkaya KT, Uğurlu H 2019. Comparison of conventional PCR method with cefoxitin disc diffusion, automated system and isolation on Chromogenic MRSA medium methods for the detection of meticillin resistance in *Staphylococcus aureus* strains isolated from various clinical specimens. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 22(3): 451-455. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.457495

INTRODUCTION

Staphylococcus aureus is encountered as the cause of a wide range of diseases from mild skin infections to life-threatening conditions (Xu et al., 2016, Prosper et al., 2013, Feng et al., 2008). While it could be treated with penicillin previously, due to natural selection of penicillinase-producing strains, *S. aureus* isolates are 95% penicillin-resistant nowadays (Xu et al., 2016). Although penicillinase resistant beta lactam antibiotics have been developed in this period, methicillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) strains have been reported since 1960 (DeLeo et al., 2009). In *S. aureus*, the methicillin resistance is encoded by the *mecA* gene and causes PBP2a expression by a change in the penicillin-binding protein (PBP). Because of its very low affinity, it leads to resistance to this group of antibiotics and its derivatives (Roisin et al., 2008, Zhu et al., 2006). In recent years, reporting of the MRSA has become increasingly important problem (DeLeo et al., 2009).

While detection of the *mecA* gene by Polymerase Chain Reaction (PCR) for the diagnosis of MRSA infection is the best standard, most of the laboratories use phenotypic methods (cefoxitin disc diffusion, automatized systems). The identification of MRSA takes 48-96 hours by routine phenotypic methods (Kluytmans et al., 2007, Strulens et al., 2006, Paule et al., 2007). However, the faster identification of MRSA is crucial for faster infection control (Malhotra-Kumar et al., 2008). For this reason, various chromogenic media have been developed to identify MRSA strains recently (Perry et al., 2007, Uzun et al., 2013, Cesur et al., 2014, Özen et al., 2011). The basic mechanism of chromogenic media is based on the principle of chromogenic substrate being cut with specific enzymes of the target microorganism, making the chromogen insoluble and remaining in the bacterial wall and gaining original color (Uzun et al., 2013). The aim of using these media is to diagnose MRSA infection in one step and to start the treatment as soon as possible. The first developed chromogenic medium for MRSA identification is Chromagar™ MRSA (Chromagar microbiology, Paris, France) (Xu et al., 2016).

The aim of our study was to compare cefoxitin disk diffusion, Phoenix automated system and isolation on Chromogenic MRSA medium methods to *mecA* gene detection with PCR as reference test.

MATERIAL and METHODS

Forty-eight *Staphylococcus aureus* strains isolated from various clinical specimens delivered to the Medical Microbiology Laboratory of Kahramanmaraş Sütçü İmam University Medical Faculty at January-October 2014 were included in our study. The samples from which *S. aureus* strains were isolated are shown in Table 1.

Table 1. Samples from where *S. aureus* strains isolated.

Sample	MRSA*	MSSA**
Wound	10	17
Blood	5	4
Nose	2	2
Urine	1	4
Sputum	1	0
Throat	0	2
	19	29

* MRSA: Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*.

** MSSA: Methicillin-susceptible *Staphylococcus aureus*

Samples were inoculated onto sheep-blood agar and incubated at 37°C for 24 hours. In bacterial identification, gram-positive cocci in the form of bunch of grapes were accepted as *S. aureus* if they were additionally catalase and tube coagulase test-positive. Cefoxitin disk diffusion test, Phoenix automated system (Becton Dickinson, USA), Chromogenic MRSA (RTA Laboratories, Turkey) were used to determine methicillin resistance. Conventional PCR was performed for the detection of *mecA* resistance gene (Strommenger et al., 2003).

Cefoxitin disc diffusion test (30 µg, Beckton Dickinson, USA) was performed by Kirby-Bauer disc diffusion method in accordance with CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute) recommendation. Strains with an inhibition zone ≤21 mm were considered methicillin resistant and those with an inhibition zone >22 mm were considered susceptible to methicillin (CLSI, M100-S24).

The *mecA* gene was detected by conventional PCR method. In briefly, bacterial DNA was extracted with QIAamp DNA Mini Kit (Qiagen, Germany). A 532 base pair region of the *mecA* gene was amplified using primers *mecA1* and *mecA2* (Table 2). Samples were considered to be *mecA* gene-positive if an amplicon with appropriate base length was detected by gel electrophoresis (Strommenger et al., 2003).

Table 2. Primers used in the detection of *mecA* gene.

Target gene	Resistance phenotype	Primer Sequence (5' → 3')	Amplicon size (bp)	Reference
<i>mecA</i>	oxacillin, penicillin	<i>mecA1</i> : AAAATCGATGGTAAAGGTTGGC <i>mecA2</i> : AGTTCTGCAGTACCGGATTTGC	532	Strommenger et al., 2003.

All isolates were inoculated onto Chromogenic MRSA medium and incubated at 37°C in aerobic atmosphere. After 24 or 48 hours, isolates producing pink-red colony on the medium were accepted as MRSA in accordance with the manufacturer's recommendation. The isolates did not grow or form colorless colonies on Chromogenic MRSA medium were accepted as MSSA. ATCC 29213 for MRSA and ATCC 25923 for MSSA were used as standard strains.

Sensitivity, specificity, positive and negative predictive values of the tests used to determine methicillin resistance were calculated with the acceptance of PCR as reference test.

Table 3. Comparison of the methods with reference PCR method.

METHOD	RESULT			
	<i>mecA</i> -Positive		<i>mecA</i> -Negative	
	MRSA	MSSA	MRSA	MSSA
Cefoxitin disc diffusion	19	0	0	29
Phoenix automated system	19	0	0	29
Chromogenic MRSA (at 24th hour)	15	4	17	12
Chromogenic MRSA (at 48th hour)	15	4	12	17
Cefoxitin disc diffusion	MRSA	MSSA	MRSA	MSSA

Phoenix system. After 24-hour incubation of Chromogenic MRSA medium, 17 and 12 of the 29 MSSA strains were considered methicillin resistant and methicillin susceptible, respectively. On the contrary, after 48 hours of incubation 12 strains were resistant to methicillin and 17 strains were susceptible (Table 3).

Sensitivity, specificity, PPD (positive predictive value) and NPD (negative predictive value) of the Chromogenic MRSA medium after 24 hours of incubation were 78.9%, 41.3%, 46.8% and 75% respectively. Sensitivity, specificity, PPD and NPD were found as 78.9%, 58.6%, 55.5% and 80.9%

RESULTS

Of the 48 *S. aureus* strains, 19 were found to be positive for *mecA* by conventional PCR method. These 19 strains harboring *mecA* gene were also found to be methicillin-resistant by cefoxitin disc diffusion method and Phoenix automated system. After 24 hour-incubation in Chromogenic MRSA medium, 15 of 19 MRSA strains were found to have resistance to methicillin and the other four samples were evaluated as susceptible. The evaluation was the same after 48 hours of incubation (Table 3). The 29 MSSA strains in which *mecA* gene was not detected by PCR were also susceptible to cefoxitin by disc diffusion and automated

respectively after 48 hours incubation of the medium (Table 4).

DISCUSSION and CONCLUSION

MRSA is one of the major causes of morbidity and mortality in hospital and community-acquired infections (Von Eiff et al., 2008, Lodise et al., 2005). Therefore, rapid diagnosis of MRSA infection is of great importance for initiation of treatment in a short term and prevention of the spread of the disease (Malhotra-Kumar et al., 2008). Detection of the *mecA* gene by PCR in identification of MRSA is the gold standard method.

Table 4. Sensitivity, specificity, positive and negative predictive values of the methods compared to PCR.

Method	Sensitivity (%)	Specificity (%)	PPV* (%)	NPV** (%)
Cefoxitin disc diffusion	100	100	100	100
Phoenix automated system	100	100	100	100
Chromogenic MRSA (at 24th hour)	78.9	41.3	46.8	75
Chromogenic MRSA (at 48th hour)	78.9	58.6	55.5	80.9

*PPV: Positive predictive value.

**NPV: Negative predictive value.

Although PCR yields results in a short time, it is expensive and difficult to apply in every laboratory (Marlowe et al., 2011, Cesur et al., 2010). For this reason, accurate identification of MRSA diagnosis by conventional methods is of great importance.

In routine laboratories oxacillin disk diffusion test and automated systems are used according to CLSI criteria in diagnosing MRSA. As well as these

methods, cefoxitin disc diffusion test, agar dilution method and latex agglutination methods are also used because of heterogeneous resistance (Broekema et al., 2009).

Chromogenic media have been preferred because they are faster than conventional methods and appropriate to use statistically according to many articles in the literature (Xu et al., 2016, Malhotra-Kumar et al.,

2008, Sürücüoğlu et al., 2011, Denys et al., 2013). There are many studies that have investigated whether various chromogenic media are comparable and suitable for use (Strulens et al., Uzun et al., 2013, Cesur et al., 2014 Von Eiff et al., 2008, Denys et al., 2013).

In Van Hal and colleagues' study of swab samples from axilla, nose and groin, the susceptibilities and specificities of MRSA ID, MRSASelect and CHROMAGAR MRSA media at 24th hour were 71%, 64%, 63% and 98%, 95%, 99% respectively. At the end of the 48th hour, their sensitivities were 82%, 69%, 71% and specificities were 53%, 74%, 67% respectively. Prolongation of the incubation time to 48 hours resulted in increase in susceptibility but significant decrease in specificity. It was also found that chromogenic media yielded the most accurate results in nasal swabs in this study (van Hal et al., 2007).

In a study by Perry and colleagues with 747 swab samples taken from various body regions, the media of MRSA ID, CHROMagar MRSA and ORSAB were compared. Their sensitivities and specificities after 24 hours were 80%, 59%, 62% and 99.5%, 99.3%, 97.9%, respectively. Sensitivities and specificities at 48 hours were 89%, 72%, 78% and 85.6%, 92.1% and 93.1%, respectively. Extension of the incubation to 48 hours resulted in a significant increase in susceptibilities and a decrease in specificities. In addition, the MRSA ID medium was superior to the other two media in MRSA detection (Perry et al., 2007).

MRSA-ID, CHROMagar MRSA and MRSA-Select media were used in the study of Nahimana et al. Their sensitivities and specificities were found to be 51%, 59%, 65% and 100%, 99%, 100% respectively after 18 hours incubation. Sensitivities and specificities for 42-hour incubation were 82%, 75%, 80% and 98%, 97% and 98%, respectively (Nahimana et al., 2006).

In Kumar and his colleagues' study, the sensitivity and specificity of MRSA agar, ChromID, MRSASelect, CHROMagar and BBL-CHROMAGAR at 24-hour were 89.9%, 82.8%, 80.7%, 81.9%, 82.9% and 86.9%, 96.3%, 97.2%, 99.1%, 99.2%, respectively. The sensitivity and specificity at the end of 48 hours were 96.4%, 93.5%, 92.6%, 93.1%, 93.5% and 69.0%, 89.7%, 92.1%, 97.4%, 97.8% respectively (Malhotra-Kumar et al., 2008).

The sensitivity and specificity, PPD and NPD of CHROMagar MRSA medium were found to be 97.1%, 99.2%, 98.5% and 98.4%, respectively in the study conducted by Datta and colleagues with 130 *mecA* gene-negative and 70 *mecA* gene-positive *S. aureus* strains (Data et al., 2011).

Uzun et al. found the sensitivity, specificity, PPD and NPD of 60 *mecA* gene-positive and 38 *mecA* gene-

negative strains as 91.7%, 89.5%, 93.2% and 87.2% in CHROMagar MRSA medium. The values obtained after 48 hours were 96.7%, 81.6%, 89.2% and 93.9% (Uzun et al., 2013).

In a study with 45 MRSA and 130 MSSA isolates, Cesur and their colleagues found the sensitivity, specificity, PPD and NPD values of CHROMagar MRSA and ORSAB medium as 95.5%, 37.6%, 35.7%, 96.1% and 97.8%, 40%, 36.5%, 98.1%, respectively. It has been argued in this study that, although the specificity is low, due to its high sensitivity this medium maybe used for screening in laboratories where the intensity of work is high (Cesur et al., 2010).

In our study, the sensitivity of Chromogenic MRSA at the end of incubation for 24 hours and 48 hours was 78.9%, and no increase in sensitivity was detected with the extension of the incubation period. While the specificity was 41.3% at 24th hour, it was found to be 58.6% when the incubation period was extended to 48 hours.

Most studies revealed that the use of chromogenic media for MRSA identification can generally, provide acceptable diagnostic performance, although specificity and sensitivity of chromogenic media varies amongst suppliers. The performance of chromogenic media is influenced by several variables, including specimen type, incubation time, broth enrichment step, or investigator perception (Xu Z, et al., 2016).

As a result of our study, cefoxitin disk diffusion test and Pheonix automated system could be used in the laboratories where the PCR method is not available for the detection of MRSA. On the contrary, it can be concluded that the use of chromogenic medium for MRSA in routine would be ineffective because of its low sensitivity and specificity.

REFERENCES

- Broekema NM, Van TT, Monson TA, Marshall SA, Warshauer DM 2009. Comparison of cefoxitin and oxacillin disk diffusion methods for detection of *mecA*-mediated resistance in *Staphylococcus aureus* in a large-scale study. *J Clin Microbiol.* 47: 217-219.
- Cesur S, Altın N, Yapar Toros G, Koldaş K, Solgun G, Şencan İ 2014. Çeşitli Klinik Örneklerden İzole Edilen *Staphylococcus aureus* Suşlarında Metisilin Direncinin Belirlenmesinde Chrom-ID MRSA Besiyerinin Değerlendirilmesi. *Orta Doğu Tıp Dergisi.* 6(2): 80-85.
- Cesur S, Yıldız E, Irmak H, et al. 2010. Evaluation of oxacillin resistance screening agar and chromogenic MRSA agar media for the detection of methicillin resistance in *Staphylococcus aureus* clinical isolates. *Mikrobiyol Bul.* 44(2): 279-284.

- Clinical and Laboratory Standards Institute 2014. Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing. 24th Informational Supplement, M100-S24, Clinical and Laboratory Standards Institute, Wayne, PA 19087 USA.
- Data P, Gulati N, Singla N et al. 2011. Evaluation of various methods for the detection of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* strains and susceptibility patterns. *J Med Microbiol.* 60(Pt 11): 1613-1616.
- DeLeo FR, Chambers HF 2009. Reemergence of antibiotic-resistant *Staphylococcus aureus* in the genomics era. *J Clin Invest.* 119(9): 2464-2474.
- Denys GA, Renzi PB, Koch KM, Wissel CM 2013. Three-way comparison of BBL CHROMagar MRSA II, MRSA Select, and spectra MRSA for detection of methicillin resistant *Staphylococcus aureus* isolates in nasal surveillance cultures. *J Clin Microbiol.* 51(1): 202-205.
- Feng Y, Chen CJ, Su LH, Hu S, Yu J et al. 2008. Evolution and pathogenesis of *Staphylococcus aureus* lessons learned from genotyping and comparative genomics. *FEMS Microbiol Rev.* 32: 23-37.
- Kluytmans J 2007. Control of methicillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) and the value of rapid tests. *J Hosp Infect.* 65(S2): 100-104.
- Lodise TP, McKinnon PS 2005. Clinical and economic impact of methicillin resistance in patients with *Staphylococcus aureus* bacteremia. *Diagn. Microbiol. Infect. Dis.* 52: 113-122.
- Malhotra-Kumar, S, Haccuria K, Michiels M, Ieven M, Poyart C, Hryniewicz W, Goossens H 2008. Current trends in rapid diagnostics for methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and glycopeptide-resistant enterococcus species. *J. Clin. Microbiol.* 46: 1577-1587.
- Marlowe EM, Bankowski MJ 2011. Conventional and molecular methods for the detection of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *J Clin Microbiol.* 49: 53-56.
- Nahimana I, Francioli P, Blanc DC 2006. Evaluation of three chromogenic media (MRSA-ID, MRSA-Select and CHROMagar MRSA) and ORSAB for surveillance cultures of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Clin Microbiol Infect.* 12(12): 1168-1174.
- Özen NS, Dağlar D, Baysan BÖ, Yıldırım Ç, Yazısız H, Ögünç D, Öngüt G, Çolak D, Gültekin M 2011. Metisilin dirençli *Staphylococcus aureus* suşlarının saptanmasında MRSA ID kromojenik besiyerinin değerlendirilmesi. *ANKEM Derg.* 25(1): 31-34.
- Paule SM, Hacek DM, Kufner B et al. 2007. Performance of the BD GeneOhm methicillin resistant *Staphylococcus aureus* test before and during high-volume clinical use. *J Clin Microbiol.* 45(9): 2993-2998.
- Perry JD and Freydiere AM 2007. The application of chromogenic media in clinical microbiology. *J. Appl. Microbiol.* 103:2046-2055.
- Prosper M, Veras N, Azarian T, Rathore M, Nolan D et al. 2013. Molecular epidemiology of community associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in the genomic era: a cross-sectional study. *Sci Rep.* 3: 1-8.
- Roisin S, Nonhoff C, Denis O, Struelens M 2008. Evaluation of new Vitek 2 card and disk diffusion method for determining susceptibility of *Staphylococcus aureus* to oxacillin. *J Clin Microbiol.* 46: 2525-2528.
- Strommenger B, Kettlitz C, Werner G, Witte W. 2003. Multiplex PCR assay for simultaneous detection of nine clinically relevant antibiotic resistance genes in *Staphylococcus aureus*. *J Clin Microbiol.* 41(9): 4089-4094.
- Struelens MJ 2006. Rapid identification of methicillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) and patient management. *Clin Microbiol Infect.* 12 (suppl 9): 23-26.
- Sürücüoğlu S, Sakarya M, Gazi H, Ecemiş T, Kurutepe S 2011. Riskli hastalarda metisiline dirençli *Staphylococcus aureus* taşıyıcılığının belirlenmesinde hızlı tanı testlerinin değerlendirilmesi. *Türk Hij Den Biyol Derg.* 68(3): 115-121.
- Uzun B, Karataş Şener AG, Güngör S, Afşar İ, Yüksel Ergin Ö, Demirci M 2013. *Staphylococcus aureus* Suşlarındaki Metisilin Direncinin Belirlenmesinde Sefoksitin Disk Difüzyon Testi, Otomatize Sistem ve Kromojenik Besiyerinin Karşılaştırılması. *Mikrobiyol Bul.* 47(1): 11-18.
- Van Hal SJ, Stark D, Lockwood B, Marriott D, Harkness J 2007. Methicillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) detection: comparison of two molecular methods (IDI-MRSA PCR assay and GenoType MRSA Direct PCR assay) with three selective MRSA agars (MRSA ID, MRSASelect, and CHROMagar MRSA) for use with infection-control swabs. *J Clin Microbiol.* 45(8): 2486-2490.
- Von Eiff C, Maas D, Sander G, Friedrich AW, Peters G, Becker K 2008. Microbiological evaluation of a new growth-based approach for rapid detection of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *J Antimicrob Chemother.* 61(6): 1277-1280.
- Xu Z, Hou Y, Peters BM, Chen D, Li B, Li L, Shirliff ME 2016. Chromogenic media for MRSA diagnostics. *Molecular Biol Rep J.* 43(11): 1205-1212.
- Zhu LX, Zhang ZW, Wang C, Yang HW, Zhang Q, Cheng J 2006. Evaluation of the CLSI cefoxitin 30-microg disk-diffusion method for detecting methicillin resistance in staphylococci. *Clin Microbiol Infect.* 12(10): 1039-1042.

Öncül Afidikolin ve Nokodazol Muamelesinin Kanserli ve Ölümsüzleştirilmiş Mezotelyum Hücrelerinde Kapsaisin Sitotoksitesine Etkisi

Sabahattin CÖMERTPAY¹, Gizem CEYLAN²

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, 46100, Kahramanmaraş

¹ <https://orcid.org/0000-0002-2364-8171>, ² <https://orcid.org/0000-0002-9627-5492>

✉: sacomertpay@gmail.com

ÖZET

Malignant mezoteliyoma akciğer, kalp ve karın zarında gelişen bir kanser türüdür. Kapsaisin, Capsicum spp.cinsi bitkilerde üretilen ikincil bir metabolittir ve bazı kanser hücreleri üzerinde sitotoksik etkisi olduğu gösterilmiştir. Afidikolin ve nokodazol, hücreleri sırasıyla G1/S ve G2/M fazında tutar. Bu çalışmada, kanserli (H2452) ve ölümsüzleştirilmiş (AG07086) mezotelyum hücrelerinin kapsaisin sitotoksitesini, afidikolin ve nokodazol ön muamelesi ile, ya da bu muameleler olmaksızın, MTS tekniğiyle belirlenmiş ve kaspaz-3 mRNA seviyesindeki değişiklikler qRT-PCR metoduyla incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre; **i**) normal koşullarda, kanserli ve ölümsüzleştirilmiş mezotelyum hücrelerinde kapsaisin sitotoksitesini benzerdir ($p>0.05$), **ii**) afidikolin muamelesiyle kapsaisinin etkenliği azalmış ($p<0.05$) ancak kanser hücrelerinin kapsaisin duyarlılığı ölümsüz hücrelere kıyasla yükselmiştir ($p<0.05$), **iii**) nokodazol ön muamelesi ile, kanser hücrelerinde kapsaisinin sitotoksik etkisi düşüş göstermiş ($p<0.05$), ancak ölümsüzleştirilmiş hücreler için bu değişim istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ($p>0.05$), **iv**) yapılan tüm uygulamalarda kaspaz-3 mRNA miktarı kontrol grubuna denk çıkmıştır ($p>0.05$).

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 12.12.2018

Kabul Tarihi : 15.02.2019

Anahtar Kelimeler

Mezotelyoma
Kapsaisin
Afidikolin
Nokodazol
Sitotoksitesite

Effect of Nocodazole and Aphidicolin Pre-treatment on Capsaicin Cytotoxicity in Malignant and Immortalized Cells of Mesothelium

ABSTRACT

Malignant mesothelioma is a type of cancer, developing from the lung membrane, heart and stomach. Capsaicin is a secondary metabolite produced in Capsicum spp., which has been demonstrated to have cytotoxic effect on various cancer types. Aphidicolin and nocodazole are known to arrest cells in G1/S and G2/M, respectively. In this study, the cytotoxicity of capsaicin on cancerous (H2452) and immortalized (AG07086) cells of mesothelium, with or without primary exposure to aphidicolin or nocodazole, was determined through MTS method and the fluctuations in caspase-3 mRNA levels were investigated by qRT-PCR. Accordingly **i**) under regular conditions, capsaicin cytotoxicity on cancerous and immortalized cells of mesothelium was similar ($p>0.05$), **ii**) aphidicolin pre-exposure decreased the cytotoxicity of capsaicin on cancerous cells ($p<0.05$), yet it increased their sensitivity to capsaicin ($p<0.05$), **iii**) pre-exposure to nocodazole decreased the cytotoxicity on cancerous cells ($p<0.05$) whereas it did not affect it for the immortalized cells ($p>0.05$), **iv**) in all conditions studied, caspase-3 mRNA levels were analogous to the control ($p>0.05$).

Research Article

Article History

Received : 12.12.2018

Accepted : 15.02.2019

Keywords

Mesothelioma
Capsaicin
Aphidicolin
Nocodazole
Cytotoxicity

To Cite: Cömertpay S, Ceylan G 2019. Öncül Afidikolin ve Nokodazol Muamelesinin Kanserli ve Ölümsüzleştirilmiş Mezotelyum Hücrelerinde Kapsaisin Sitotoksitesine Etkisi. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 22(3): 456-465. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.496108

GİRİŞ

Mezoteliyoma; akciğer, kalp ve karın zarında gelişen, nadir görülen ancak oldukça öldürücü bir kanser

türüdür (Robinson ve ark., 2005). 2015'te yayınlanan 'Consensus Report of the 2015 Weinman International Conference on Mesothelioma'ya göre, bu kanser tipi

dünya genelinde her yıl tahmini 34000 ölüme neden olmaktadır (Carbone ve ark., 2016). Bu kanserin en önemli sebeplerinden biri eriyonite maruz kalmaktır. Eriyonit, asbeste benzeyen, volkanik küllerden oluşan tüflerin içerisinde bulunan lifli yapıdaki bir mineraldir (Emri ve ark., 2002). Bu kaya tüflerinin ülkemizde Kapadokya Bölgesi'nde ev yapımında kullanıldığı bilinmektedir. Öyle ki, bu yörelerde yapılan incelemeler, bazı iç mekanlarda, havada bulunan eriyonitin malignant mezoteliyomaya neden olacak denli yüksek derişimde olduğunu ortaya koymuştur (Carbone ve ark., 2011). Bu bölgede yer alan bazı köylerde mezoteliyomaya bağlı ölüm oranı %50 seviyelerine çıkmaktadır (Carbone ve ark., 2007). Bu kanser, günümüzde uygulanan klasik kanser tedavi yöntemleri kullanılarak henüz etkin bir şekilde tedavi edilememektedir (Hiddinga ve ark., 2015). Bu nedenle hem koruyucu hem de tedavi edici yeni yöntemlerin keşfedilmesi önem arz etmektedir.

Besinlerin içerdiği etken maddeler, kanseri önlemek ve/veya tedavi etmek için halihazırda var olan ilaçlara alternatif olarak kullanılabilir (Zhang ve ark., 2008). *Capsicum spp.* (biber) bitkilerinin özgün olarak ürettiği ikincil bir metabolit olan kapsaisin, böyle bir etken maddedir ve farklı kanser türleri üzerinde iyileştirici etkisi olduğu kanıtlanmıştır (Chow ve ark., 2007). Mori ve ark.'nın 2006'da yaptığı bir çalışmada kapsaisinin prostat kanser hücrelerini apoptoza yönlendirdiği gösterilmiştir (Mori ve ark., 2006). Bu çalışmaya göre; kapsaisin ile muamele edilen kanser hücreleri, hücre döngüsünün G1/S ya da G0 evresinde tutulmaktadır. Bu özel bir kontrol noktasıdır ve genetik anormallikler taşıyan hücreler burada tutularak bölünmenin gerçekleşmesi önlenir. Döngünün bu basamağında uzun süre hapsedilen hücre, sonrasında programlanmış hücre ölümü olan apoptoza yönlendirilir. Kapsaisinin bu tutulma sayesinde birçok kanser hücrelerinin bölünmesini engellediği ve hücreleri apoptoza yönlendirdiği gösterilmiştir (Vermeulen ve ark., 2003).

Mitoz ile çoğalan tüm ökaryotik hücrelerde olduğu gibi, vücudumuzdaki somatik hücreler de yaşamlarını bir döngü üzerinden tamamlarlar. Bu döngü; G1, S ve G2 isimleriyle adlandırılan interfaz ve bunu takip eden mitotik faz (M) olarak iki ana kısımda incelenebilir. İnterfaz evresindeki basamaklar arasında geçiş, siklin bağımlı kinazlar olarak isimlendirilen özel bir enzim grubunun işlevi ile gerçekleştirilmektedir. İnsan hücrelerinde bu geçişin sağlanabilmesi için sırasıyla Siklin bağımlı Kinaz -4, -2 ve -1 enzimleri elzemdir (Harashima ve ark., 2013). Bu enzimler, aktivasyon göstermek için siklinler adı verilen birtakım moleküllere bağlanmak zorundadırlar. Döngü boyunca siklin bağımlı kinazların seviyesi sabit kalırken, siklinlerin seviyesi değişkenlik gösterir (Swaffer ve ark., 2016). İnsan hücrelerinde G1'den M fazına giderken, kinazlara

sırasıyla D, E, A ve B siklinleri bağlanır (Roskoski Jr., 2018). Hücrede hangi siklin miktarının yüksek hangilerinin düşük olduğuna bakarak hücrenin içinde bulunduğu faz hakkında bilgi edinilebilir (Arooz ve ark., 2000).

Apoptoz, hücrenin kontrollü ölümü olarak tarif edilmekte ve yok edilmek istenen tümör hücrelerinde gerçekleşmesi en çok istenen ölüm türünü oluşturmaktadır (Lowe ve Lin, 2000). Apoptotik ölüm, diğer ölümlerin aksine hücre içi içeriğin korunmasını sağlamakta ve komşu hücrelerde herhangi bir strese neden olmamaktadır (Nikoletopoulou ve ark., 2013). Bu süreç içsel yolak, dışsal yolak ve perforin-granzim yolağı adı verilen üç ana yolak üzerinden işlemektedir (Igney ve Krammer, 2002; Martinvalet, ve ark., 2005). Adı geçen üç yolakta da kaspaz aktivasyonu kritik rol oynamaktadır. Sürecin içsel, dışsal ya da perforin/granzim yolağından başlamasına bağlı olarak aktive edilen ilk kaspazın farklı olabilmesine karşın, tüm yollar sonunda kaspaz-3 isimli merkezi bir molekülü aktifleştirirler (Elmore, 2007).

Bazı kimyasalların hücreleri hücre döngüsünün belirli fazlarında tutukladığı bilinmektedir. Afidikolin, *Cephalosporium aphidicola* mantarından üretilen (Sargent ve ark., 1996) ve DNA replikasyonunu inhibe ederek hücreleri G1/S fazında tuttuğu bilinen bir antibiyotiktir (Borel ve ark., 2002). Nokodazol ise tubuline karşı etki göstererek hücreleri G2/M hücre basamağında hapseden bir ajan olarak bilinir (Ho ve ark., 2001). Bu çalışmada, kapsaisinin hücreyi apoptoza yönlendirmeden önce döngünün belirli bir basamağında tuttuğu gözlemlerine dayanılarak, belirli bir basamakta durdurulmuş hücrelerde kapsaisin etkisinin nasıl olacağı anlaşılmasına çalışılmıştır. Bunun için kanserli ve ölümsüzleştirilmiş mezotelyum hücreleri afidikolin ve nokodazol uygulamalarıyla, sırasıyla G1/S ve G2/M basamaklarında tutulmuşlardır. Ön muamele varlığı ya da yokluğunda kapsaisin etkisinin nasıl değiştiği MTS protokolü ile değerlendirilirken, gözlenen ölümlerin apoptotik olup olmadığına ilişkin yorumda bulunabilmek için kaspaz-3 proteinini kodlayan mRNA'nın miktarı analiz edilmiştir.

MATERYAL ve METOD

Hücre Kültürü

Ticari olarak American Type Cell Culture (ATCC) firmasından satın alınan malignant mezoteliyoma (H2452) hücreleri %10 FBS (Fetal Bovine Serum) içeren DMEM (Dubelco's Modification on Eagle's Medium) medium içinde, Coriell Enstitüsü'nden temin edilen ölümsüzleştirilmiş hücreler (katalog numarası; AG07086) ise %50 M199, %50-F12 içerisinde %10 FBS, %1 Penisilin+Streptomisin, 10 ng/mL EGF, %1 L-Glutamin, 0,4 µg/mL hidrokortizon içeren besiyerinde 37 °C'de %5 CO₂ basıncı altındaki inkübatörde kültür edilmiştir.

IC₅₀ Belirlenmesi

Kapsaisin hücreler üzerindeki IC₅₀ değeri, temeli tetrazolyum bileşiğinin canlı hücreler tarafından formazana dönüştürülmesine dayanan MTS (Metiltiazol Tetrazolyum Assay) kiti (Promega, ABD) kullanılarak belirlenmiştir. Ön muamelesi olan ya da olmayan hücreler 12 saat kapsaisin ile muamele edildikten sonra, IC₅₀ değeri, Helvacı ve Cömertpay (2018)'e göre ve metod üzerinde bazı değişiklikler yapılarak hesaplanmıştır. Hücreler 96 kuyucuklu plaklara her kuyucuğa 5000 hücre gelecek şekilde ekilmişlerdir. Hücrelerin yüzeye tutunması için bir gece beklenmiş, ardından 24 saatlik nokadozol veya afidikolin uygulaması başlatılmıştır. Ön muamelenin olmadığı deneylerde, böyle bir süreç olmadan bir sonraki basamağa geçilmiştir. Bu basamakta, hücre besiyerleri 200-800 µM arasında değişen kapsaisin içeren besiyeri ile değiştirilmiş ve hücreler 12 saat boyunca inkübe edilmiştir. Süre sonunda her bir kuyucuğa 10 µL metiltiazol tetrazolyum çözeltisi eklenmiş ve 4 saatlik inkübasyona bırakılmıştır. Deneyler, her bir derişim için dörder kuyucuk içerecek şekilde düzenlenmiş ve üç kez tekrar edilmiştir. Kuyucukların 490 nm'deki absorbanları ölçülerek elde edilen değerler ile GraphPad Prism kullanılarak IC₅₀ değerleri hesaplanmıştır.

Nokodazol ve Afidikolin Muamelesi

Hücreler için ön muamele, 2µg/mL Afidikolin veya 400 ng/mL Nokodazol içeren besiyeri içerisinde 24 saat bırakılmayı ifade etmektedir. Bunun için afidikolin (katalog no: A4487; Sigma, Almanya) ve nokodazol (katalog no: M1404; Sigma, Almanya) ürünleri kullanılarak ilgili derişimler hücrelerin normal besiyeri ortamına ilave edilmiştir.

Western Blotlama

Bu işlem Helvacı ve Cömertpay (2018)'e göre yapılmıştır. Hücre kültürü ortamından toplanan hücrelerden MPER tamponu (Kat. No: 78503; Thermo Scientific, ABD) ile protein izolasyonu gerçekleştirilmiştir. İzolasyondan sonra proteinler SDS jel üzerinde elektriksel ortamda göç ettirilerek büyüklüklerine göre ayrılmıştır. Ayrıştırılan proteinler PVDF membran üzerine aktarılmış ve bu membran Siklin E (Kat. No: ab133266; abcam, ABD) ve Siklin B (Kat. No: ab32053; abcam, ABD) birincil antikoru ile bütün gece +4°C'de inkübe edilmiştir. Birincil antikor ile muamele bitiminde membran yıkanmış ve ikincil antikor (Rabbit; Kat. No: ab97051; abcam, ABD) ile oda sıcaklığında 2 saat inkübasyon gerçekleştirilmiştir. En son adım ise proteinlerin görüntülenmesi aşamasıdır. ECL Substrat ile muamele sonunda meydana gelen ışımaya UVP EC3 Chemi HR 410 Imaging System görüntüleme cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Ölçülen ışımaya şiddetleri Siklin B ve Siklin E proteinlerin miktarı ile doğru

orantılıdır. Proteinlerin bağıl değişimlerinin doğru değerlendirilebilmesi için çalışılan her bir hücre grubunda yükleme kontrolü olarak GAPDH birincil antikoru (Kat. No: PA1-9046; Thermo Fisher, ABD) kullanılmıştır. Bu antikorla yapılan muamelede ikincil antikor olarak keçi (goat) antikoru kullanılmıştır (Kat. No: BA1060-0.5; BOSTER, ABD)

RT-PCR

Bu deneyler, Helvacı ve Cömertpay (2018)'e göre ve metod üzerinde bazı değişiklikler yaparak gerçekleştirilmiştir. Hücreler sayılıp cm² başına yaklaşık olarak 15000 hücre gelecek şekilde T75 (75 cm²) flaklara ekildikten sonra, uygulama öncesi, bir gece tutunmaları beklenmiştir. Sonrasında, hücrelere daha önceden belirlenmiş IC₅₀ değerinde kapsaisin 12 saat boyunca uygulanmıştır. Toplanan hücrelerden Vivantis Total RNA Kit ile RNA izolasyonu yapılmış, ardından Biolabs cDNA kiti kullanılarak cDNA'lar oluşturulmuştur. NCBI'dan alınan kaspaz-3 gen bölgesi üzerinden primerler dizayn edilmiştir (Çizelge 2.1). Referans olarak aynı yöntemle oluşturulan β-aktin primeri kullanılmıştır. SYBR Green içeren Bright Green Master Mix kullanılarak RT-PCR kurulmuştur. RT-PCR döngü parametreleri 95 °C 10 dk, 95 °C 15s, 55 °C 1dk olarak ayarlanmıştır. Her bir örnek için üç tekrarlı olarak elde edilen C_t değerleri karşılaştırılmalı 2^{-^{CT}} metodu ile hesaplanmıştır.

Çizelge1. RT-PCR analizinde kullanılan primerlerin isimleri ve baz dizimleri

Primerler	Baz Dizilimi
β-Aktin (ileri)	CCCTGGACTTCGAGCAAGAG
β-Aktin (geri)	GATCTTCATTGTGCTGGGTGC
Kaspaz-3 (ileri)	ATCACAGCAAAGGAGCAGT
Kaspaz-3 (geri)	AACCCCTGCTTAATCGTCAAT

İstatistiksel Analiz

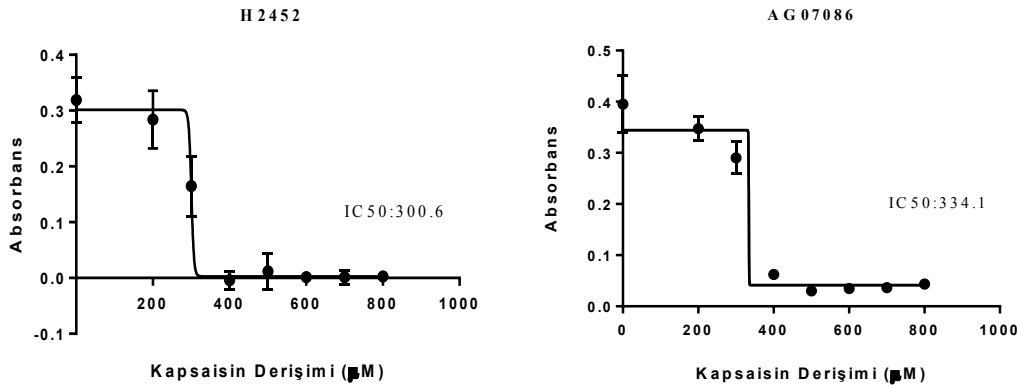
İstatistiksel analizler GraphPad Prism 6.0 (CA, ABD) yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Hücrelerin IC₅₀ değerlerinin birbirlerinden farkının anlaşılması için gruplar arasında iki yönlü ANOVA testi uygulanmış ve interaksiyon parametrelerinde p değeri 0.05'ten küçük çıkan gruplar için aradaki fark anlamlı kabul edilmiştir. Bağıl kaspaz-3 mRNA düzeylerinin belirlenmesinde kontrol grubu için hesaplanan ortalama değer 1.0 kabul edildikten sonra, etanol ve kapsaisin uygulanmış hücrelerin kaspaz-3 mRNA değerleri bulunmuştur. Etanol ve kapsaisin gruplarının, kontrol grubu ile farkı student t testi aracılığıyla değerlendirilmiştir. p değeri 0.05'ten düşük olan gruplar için farkın istatistiksel olarak anlamlı olacağı düşünülmüştür.

BULGULAR**Kapsaisin H2452 kanserli ve AG07086 ölümsüzleştirilmiş mezotelyum hücreleri üzerindeki sitotoksik etkisinin belirlenmesi**

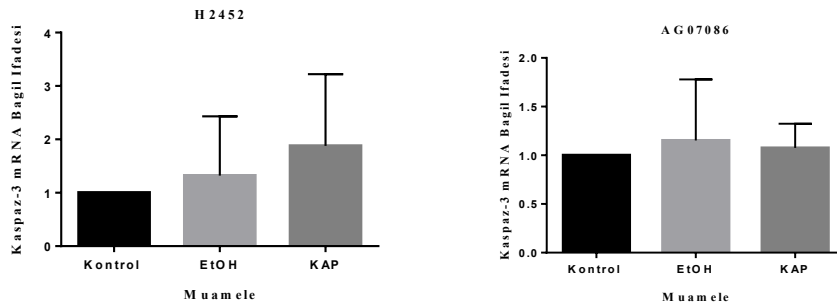
Kanserli ve ölümsüzleştirilmiş hücreler için IC₅₀ değerleri sırasıyla 300.6 ve 334.1 µM olarak hesaplanmıştır (Şekil 1). Hesaplanan değerler iki yönlü ANOVA testiyle analiz edildiğinde, bu iki değerlerin istatistiksel olarak anlamlı bir fark

göstermediği bulunmuştur (p>0.05).

Hücreler daha önceden belirlenen IC₅₀ derişiminde kapsaisin içeren (KAP) veya eşlenik miktarda etanol içeren (EtOH) ya da sade besiyerinde (Kontrol) 12 saat tutulmuş, süre sonunda toplanan hücrelerden izole edilen RNA'lar ile kaspaz-3 ve β-Aktin mRNA'ları için RT-PCR gerçekleştirilmiştir. Sonuçların istatistiksel analizlerinde hücre tipi ya da muameleler arasında anlamlı bir fark görülmemiştir (p>0.05) (Şekil 2).



Şekil 1. H2452ve AG07086 hücrelerinin kapsaisin ile 12 saat muamelesinin hücrelerin canlılığı üzerindeki etkisinin gözlenmesi



Şekil 2. H2452 ve AG07086 hücrelerine kapsaisin uygulamasının RT-PCR'da kaspaz-3'ün ekspresyon seviyesine etkisinin gözlemlenmesi

Afidikolin Muamelesine Bağlı Olarak Kapsaisinin Etki Gücünün Ve Özgüllüğünün Değerlendirilmesi

Hücreler afidikolin ile 24 saat muamele edildikten sonra hücreler toplanmış ve proteinler izole edilmiştir. Bu proteinlerle gerçekleştirilen Western Blot analizinde Siklin E miktarı, afidikolin muamelesi ile belirgin bir şekilde azalmıştır (Şekil 3).

Bant kuvvet oranlamasında Siklin E'nin GAPDH'e oranı nokodazol uygulaması yapılmamış hücre proteinleri için 1 olarak alınmış, nokodazol muamelesine bağlı değişim buna göre hesaplanmıştır. Bu oranlar kanserli (H2452) ve ölümsüzleştirilmiş (AG07086) hücrelerinde sırasıyla 0.18 ve 0.04 olarak hesaplanmıştır.

24 saatlik afidikolin uygulamasından sonra kanserli ve ölümsüzleştirilmiş hücrelerin IC₅₀ değerleri sırasıyla 420.6 ve 542.9 µM olarak hesaplanmıştır (Şekil 4). Bulunan IC₅₀ değerleri arasındaki fark

istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p< 0.05).

Afidikolin ile 24 saat ön muamelele ardından hücreler, daha önceden belirlenen IC₅₀ derişiminde kapsaisin içeren (KAP) veya eşlenik miktarda etanol içeren (EtOH) ya da sade besiyerinde (Kontrol) 12 saat tutulmuş, süre sonunda toplanan peletlerden izole edilen RNA'lar ile kaspaz-3 ve β-Aktin mRNA'ları için RT-PCR gerçekleştirilmiştir. Kontrol grubuna ait olan değer 1.00 olarak kabul edilmiş, diğer gruptaki değerler buna göre normalize edilmiştir. Sonuçların istatistiksel analizlerinde hücre tipi ya da muameleler arasında anlamlı bir fark görülmemiştir (p>0.05) (Şekil 5).

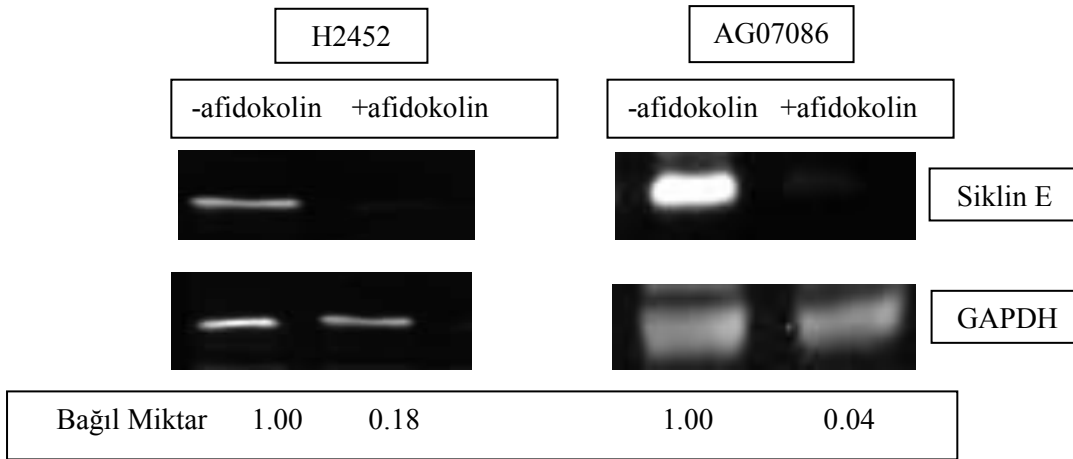
Kapsaisinin Nokodazol İle Muamele Görmüş Kanserli ve Ölümsüzleştirilmiş Mezotelyum Hücreleri Üzerindeki Sitotoksik Etkisinin Belirlenmesi

Hücreler nokodazol ile 24 saat muamele edildikten

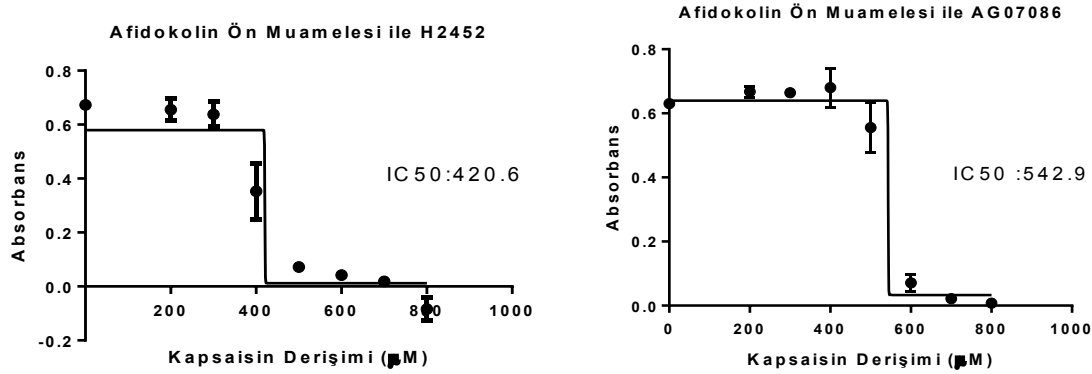
sonra hücreler toplanmış ve proteinler izole edilmiştir. Bu proteinlerle gerçekleştirilen Western Blot analizinde Siklin B miktarı, nokodazol muamelesi ile belirgin bir şekilde azalmıştır (Şekil 6). Bant kuvvet oranlamasında Siklin B'nin GAPDH'e oranı, nokodazol uygulaması yapılmamış hücre proteinleri için 1 olarak alınmış, nokodazol muamelesine bağlı değişim buna göre hesaplanmıştır. Bu oranlar kanserli (H2452) ve ölümsüzleştirilmiş (AG07086) hücrelerinde sırasıyla

0.37 ve 0.06 olarak hesaplanmıştır.

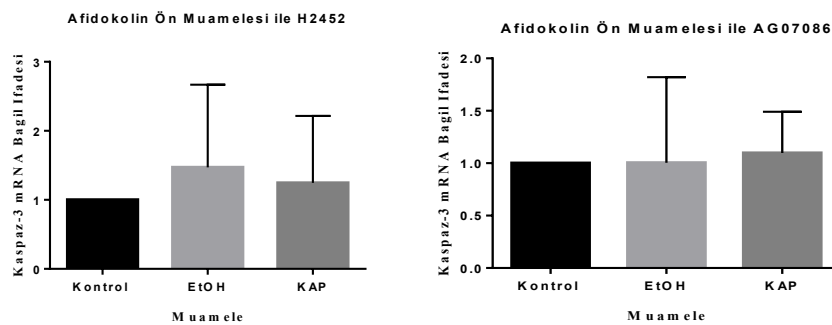
H2452 kanserli mezotelyum hücreleri ve AG07086 ölümsüzleştirilmiş hücreleri 4 tekrarlı biçimde 96'lı kuyucuğa eşit miktarda olacak şekilde ekilmiştir. 24 saat nokodazol içeren besiyeri ile muamelele ardından kapsaisinin artan derişimleri ile (200-800 μM) muamele edilmiştir. 12 saatlik muameleden sonra MTS ajanı eklenmiş ve 4 saat sonundaki renk derişimleri 490 nm'de okunmuştur..



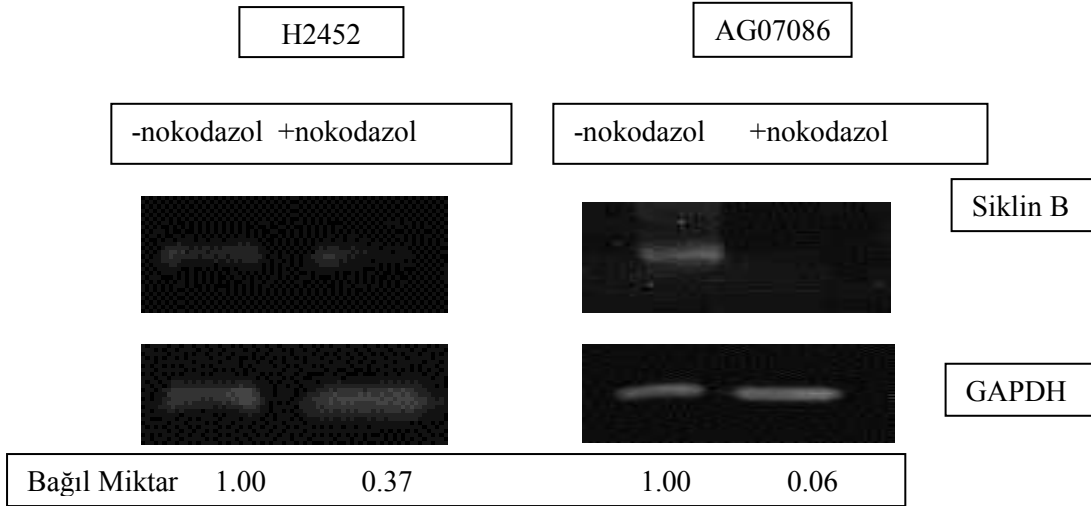
Şekil 3. Afidokolin muamelesinin H2452 ve AG07086 hücrelerinde Siklin E protein seviyesinde neden olduğu derişikliklerin Western Blot yöntemiyle tespit edilmesi (-afidokolin: afidokolin uygulaması yok, +afidokolin: afidokolin uygulaması var)



Şekil 4. H2452 ve AG07086 hücrelerinin 24 saat afidokolin ile muamelesinin ardından kapsaisin ile 12 saat muamele edilen hücrelerin canlılığı üzerindeki etkisinin gözlenmesi.



Şekil 5. H2452 ve AG07086 hücrelerine afidokolin uygulamasının ardından kapsaisin uygulamasının RT-PCR'da kaspaz-3'ün ekspresyon seviyesine etkisinin gözlemlenmesi.



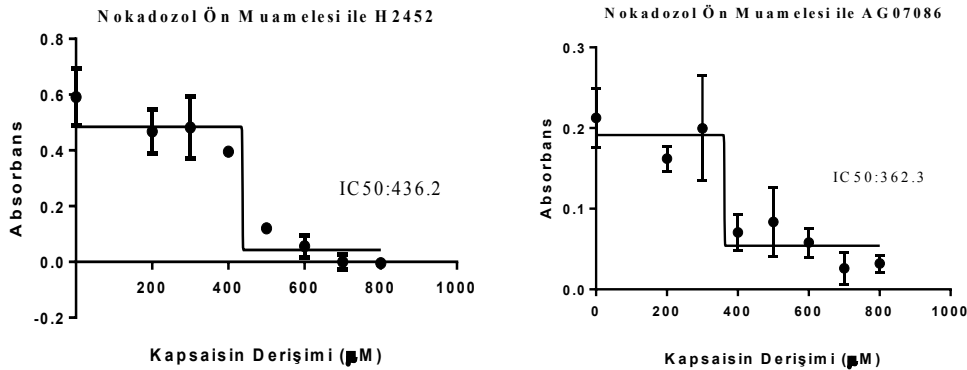
Şekil 6. Nokodazol muamelesinin H2452 ve AG07086 hücrelerinde Siklin B protein seviyesinde neden olduğu değişikliklerin Western Blot yöntemiyle tespit edilmesi (-nokodazol: nokodazol uygulaması yok, +nokodazol: nokodazol uygulaması var).

Bu absorbans değerleri ile GraphPad Prism kullanılarak IC₅₀ değerleri hesaplanmıştır. Bulunan IC₅₀ değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur ($p > 0.05$) (Şekil 7). Kansersiz (H2452) ve ölümsüzleştirilmiş (AG07086) hücreler için ortalama IC₅₀ değerleri sırasıyla 436,2 μ M ve 362,3 μ M hesaplanmıştır.

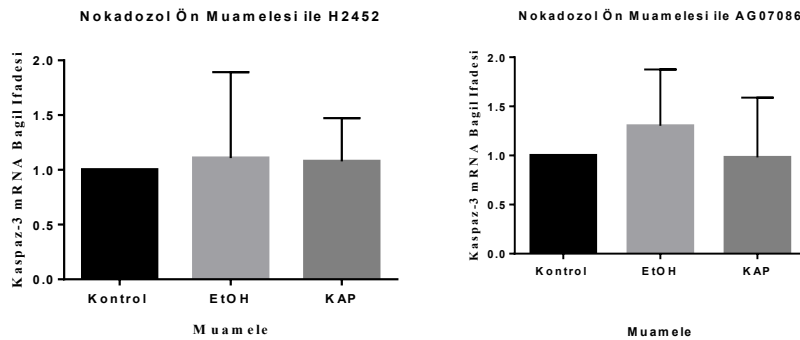
Hücreler nokodazol ile 24 saat muamele edildikten sonra hücreler toplanmış ve proteinler izole edilmiştir. Bu proteinlerle gerçekleştirilen Western Blot analizinde Siklin B miktarı, nokodazol muamelesi ile

belirgin bir şekilde azalmıştır (Şekil 7).

Nokodazol ile 24 saat ön muamelelemeden sonra hücreler, daha önceden belirlenen IC₅₀ derişiminde kapsaisin içeren (KAP) veya eşlenik miktarda etanol içeren (EtOH) ya da sade besiyerinde (Kontrol) 12 saat tutulmuş, süre sonunda toplanan hücrelerden izole edilen RNA'lar ile kaspaz-3 ve B- Aktin mRNA'ları için RT-PCR gerçekleştirilmiştir. Sonuçların istatistiksel analizlerinde hücre tipi ya da muameleler arasında anlamlı bir fark görülmemiştir ($p > 0.05$) (Şekil 8).



Şekil 7. AG07086 ve H2452 hücrelerinin 24 saat nokodazol ile muamelesinin ardından kapsaisin ile 12 saat muamelesinin hücrelerin hayatta kalabilirliğine etkisinin gözlenmesi.



Şekil 8. H2452 ve AG07086 hücrelerine nokodazol uygulamasının ardından kapsaisin uygulamasının RT-PCR'da kaspaz-3'ün ekspresyon seviyesine etkisinin gözlenmesi.

Kontrol grubuna ait olan değer 1.00 olarak kabul edilmiş, diğer gruplardaki değerler buna göre normalize edilmiştir. İki hücre tipinde de uygulamalar kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında anlamlı bir fark görülmemiştir ($p>0.05$).

TARTIŞMA ve SONUÇ

Kapsaisinin kanser hücre hatları üzerindeki etkileri son yıllarda çok sayıda araştırma ile incelenmiş (Cao ve ark., 2015), ancak mezotelyum hücrelerine etkisi üzerine çalışmalar sınırlı düzeyde kalmıştır.

Çalışmamız, ülkemizde özellikle Kapadokya Bölgesi'nde alışılmadık yüksek bir oranda görülen mezotelyoma kanserine (Emri, 2017) karşı, kapsaisinin sitotoksik etkilerinin incelemesi açısından önemli bir eksikliği kapatmaktadır. Burada sunulan araştırmada yalnızca kanserli hücre hattının değil, ek olarak aynı doku hücrelerinden geliştirilen ölümsüzleştirilmiş bir hücre hattının kullanılması yaklaşımımızın güçlü yanlarından biridir.

Böylesi bir yaklaşım, etkisi değerlendirilen maddenin yalnızca kanser hücreleri değil, sağlıklı hücreler üzerindeki olası etkisini de ortaya koyarak, maddenin terapötik potansiyelinin daha doğru değerlendirilmesine yardımcı olmaktadır.

Çalışmanın ilk adımı AG07086 ölümsüzleştirilmiş ve H2452 kanserli mezotelyum hücreleri için kapsaisinin sitotoksitesinin belirlenmesi olmuştur. Bunun için yaşayan hücrelerin mitokondrilerinde bulunan enzim aracılığıyla indirgenen ve formazan bileşiğini oluşturan, böylece değişen rengin 490 nm'deki absorbansına dayanan MTS protokolü kullanılmıştır (Helvacı ve Cömertpay, 2018). Bu metodla belirlenen IC_{50} değerimiz literatürdeki birçok çalışmadan farklıdır. Örneğin, kolon kanserinin iki ayrı hücre hattı olan HCT-116 ve Caco-2 için sırasıyla $66.77 \pm 10.78 \mu M$ and $163.70 \pm 9.32 \mu M$ değerleri ölçülmüşken, çocukluk lösemisinden iki ayrı hücre hattı için bu değerler (CEM / ADR 500 ile CCRF-CEM) $125.85 \pm 22.05 \mu M$ ve $67.55 \pm 6.29 \mu M$ olarak tespit edilmiştir (Li ve ark., 2018). Bir başka çalışmada osteosarkoma hücre hattı için IC_{50} değeri $165.7 \mu M$ (Jin ve ark., 2016) olarak belirlenmiştir. Laboratuvarında gerçekleştirilen ve sonuçları yakın zamanda yayımlanan bir çalışmada kondrosarkoma hücre hattı için bu değer $254 \mu M$ olarak bildirilmiştir (Helvacı ve Cömertpay, 2018). Literatürde verilen bu IC_{50} bilgileri kapsaisinin farklı hücre hatları üzerindeki etkilerini göstermektedir. Her ne kadar bizim çalışmış olduğumuz hücre hattı H2452'ye ait böylesi bir değer bulunmamışsa da, değerlerimizin hangi hücre hattı ya da hatlarına yakın durduğunu görmek için bu karşılaştırma önem arz etmektedir. Buna göre; H2452 hücrelerinin IC_{50} değeri diğer birçok kanser hücre hattından belirgin şekilde yüksek ancak kondrosarkoma hücrelerine yakındır. Mezotelyomanın da kondrosarkoma kadar agresif ve

terapiye karşı dirençli (Holmes ve Leddy, 2014) olduğu değerlendirildiğinde kanserli mezotelyum hücreleri için hesaplanan $300 \mu M$ IC_{50} değerleri şaşırtıcı bulunmamıştır. Öte yandan, ölümsüzleştirilmiş mezotelyum hücreleri için bu değer $334 \mu M$ olarak belirlenmiştir ki iki hücre tipi arasında yaklaşık %11'lik bir farka tekabül eder. Bu fark yapılan iki yönlü ANOVA sonucunda anlamsız bulunmuştur.

Kapsaisinin bazı kanser hücrelerini önce hücre döngüsünün belirli bir basamağında tuttuğu bunu takiben de apoptoza yönlendirdiği bazı çalışmalarla gösterilmiştir (Huang ve ark., 2009). Ancak, hücreleri yaşam döngüsünün belirli basamağında sabitlediği bilinen kimyasalların öncül uygulamasına bağlı olarak kapsaisin etki gücünün ve özgüllüğünün nasıl değiştiğine ilişkin araştırmalar oldukça sınırlı sayıdadır. Bu bakımdan çalışmamız özgün bir yaklaşım sunmaktadır. Sonuçlarımıza göre, kapsaisinin normal besiyeri koşullarında ölümsüzleştirilmiş ve kanserli mezotelyum hücreleri üzerine etkisi belirgin bir farklılık göstermemektedir. Bu bulgular, kapsaisin uygulamasının seçim kabiliyetinin olmadığını, aynı dokunun yavaş ve hızlı bölünen hücrelerine benzer kuvvetlerde etki ettiğini ortaya koymaktadır. Öte yandan, hücreleri G1/S basamağında tuttuğu bilinen afidikolin uygulaması, ölümsüzleştirilmiş ve kanserli hücreler arasında kapsaisin sitotoksitesini istatistiksel olarak anlamlı bir noktaya taşımıştır. Öyle ki, afidikolin ön muamelesi sonunda bulunan kapsaisin IC_{50} değerlerinin böyle bir ön muamele yapılmaksızın bulunan değerlerden yüksek olduğu bulunmuştur ($p<0.05$). Bu sonuç afidikolin muamelesinin kapsaisinin etki gücünü azaltmasına neden olurken özgüllüğünü arttırdığı şeklinde yorumlanmıştır. Buna göre; afidikolin muamelesi görmüş hücreler üzerine uygun derişimde kapsaisin uygulandığında yalnızca kanserli hücrelerin ölmesi sağlanacak, ancak transformasyona uğramamış hücreler aynı derişimde kapsaisinden bu denli etkileyenmeyeceklerdir. Böylesi bir ayırım, dolaşım sistemine verilecek ilacın tümör hücrelerini seçimli olarak öldürebileceği ihtimalini ortaya çıkardığı için kapsaisinin terapötik potansiyelini yükseltebilir.

Literatürde afidikolin uygulamasının mezotelyoma hücrelerine olan etkisi yahut bu kimyasalın kapsaisinle etkileşimine ilişkin verilere ulaşılamamıştır. Buna rağmen, yapılan gözlemler ile paralellik kurulabilecek yayınlar mevcuttur. Örneğin, Sargent ve ark. (1996), araştırmaları sonunda over tümör hücrelerinde afidikolin uygulamasının platinyuma karşı duyarlılığı arttırdığı sonucunu ortaya koyarken, Starczewska ve ark. (2016) afidikolinin lösemi hücrelerinde purin analoglarına karşı duyarlılığı arttığını duyurmuştur. Bu açıdan bakıldığında bizim gözlemlerimiz bu bulgulara zıtlık göstermektedir. Çünkü, bizim deneylerimizde

afidikolin uygulamasına bağlı olarak hem kanserli hem de ölümsüzleştirilmiş hücrelerin IC₅₀ seviyelerinin anlamlı bir şekilde yükseldiği gözlenmiştir. Yine de bu gözlem, belirli bir kimyasalın kanserli dokunun türü yanında hücre hattının elde edildiği bireye bağlı olarak farklı tepkiler yaratabileceği bilgisi göz önünde bulundurulduğunda şaşırtıcı bir sonuç değildir (Wilding ve Bodmer, 2014).

Nokodazol uygulaması ise kanserli hücrelerde kapsaisin sitotoksitesini belirgin bir şekilde düşürmüş ancak ölümsüzleştirilmiş hücrelerde bir değişikliğe neden olmamıştır. Buna bağlı olarak, kapsaisin transforme olmamış hücreleri olanlara kıyasla daha kolay öldürebilen bir ajan haline gelmiştir ki, ilgili etken maddenin terapötik kullanım maksadına taban tabana zıtlık göstermektedir. Nokodazol ile ilgili yapılan diğer çalışmalarda, nokodazolun mikrotübül oluşumunu engellediği ve proteinlerin tam olarak işlenmemesine neden olduğu gösterilmiştir (Haltiwanger ve Philipsberg, 1997). Bu veriler, nokodazol uygulanmış kanser hücrelerinde öldürücü etkenlere hassaslığın arttıracağını düşündürmüştür. Bizim gözlemlerimiz, nokodazol uygulanmış kanser hücrelerinde IC₅₀ değerinin ön muameleye maruz kalmamış hücrelere kıyasla anlamlı bir şekilde arttığı, ölümsüzleştirilmiş hücrelerde ise değişmediği şeklinde olmuştur. Bu gözlemler, ölümsüzleştirilmiş hücrelerin bölünme hızının kanserli hücrelerden çok daha az olduğu ve nokodazolun ana etkisinin hücre bölünmesi üzerinde olduğu düşünüldüğünde çok şaşırtıcı olmamıştır.

Realtime PCR ile yapılan kantitatif mRNA ölçümlerimiz, kaspaz-3 mRNA seviyesinin çalışılan hiçbir koşulda, kapsaisin uygulamasına bağlı olarak değişmediğini ortaya koymuştur. Bu durum kapsaisin uygulamasına bağlı olarak gözlenen ölümün kaspazlardan bağımsız olabileceği ihtimalini kuvvetlendirmektedir. Ancak, bu çalışma sonunda ortaya çıkan sonuçların kesinliğinin arttırılabilmesi için aktif kaspaz protein miktarlarının ölçülmesi ve/veya hücre ölüm tiplerini ayırt etmeye yarayan deneysel metodların uygulanması şarttır. Bu noktada kaspaz-3 ile ilgili sonuçlarımızla, ancak apoptotik olmayan bir ölümün apoptotik ölümden daha olası olduğu bir sitotoksitesiteyle karşı karşıya olduğumuzu söyleyebiliriz. Kapsaisinin birçok farklı kanser hücre hattı hücrelerini apoptotik yoldan öldürdüğü bildirilmiş olsa da (Clark ve Lee, 2016), elimizdeki gibi bir gözlem de olağandışı değildir; nitekim, apoptoz dışı bir metotla kanser hücrelerini elimine ettiği bilinen birçok doğal ürün bulunmaktadır (Ye ve ark., 2018).

Bu çalışmada iki türlü siklin seviyesi, sırasıyla Siklin E ve Siklin B, uygulanan öncül muamelenin etkinliğini kanıtlamak amacıyla kullanılmıştır. Siklin E G1 den S fazına geçişte rol alan önemli bir protein iken (Teixeira ve Reed, 2017) Siklin B G2 fazından M fazına geçişte düzenleyici rol oynamaktadır (Sanchez ve Dynlacht,

2005). Yaptığımız afidikolin ön uygulamasında Siklin E seviyesi belirgin bir şekilde azalırken nokodazol uygulaması sonrasında ise Siklin B seviyesinde anlamlı bir düşüş gözlenmiştir. Bu gözlemler, hücrelerin sırasıyla G1 ve G2 basamaklarında tutulduğu şeklinde yorumlanmıştır. Halbuki, herhangi bir siklinin seviyesindeki azalma kendi başına hücrenin belirli bir basamakta sabitlendiği bilgisini kesin olarak veremez. Çünkü hücre döngüsü siklinleri, yalnızca ihtiyaç duyuldukları fazlarda üretilir ve bu fazın aşımı sürecinde degrades edilirler (Truman ve ark., 2005). Örneğin siklin E, S fazının sonlarında, G2 fazında ve M fazında bulunmaz. Dolayısıyla siklin E seviyesinin azaldığı bir hücre grubu, G1 fazının başlarında tutulmuş olabileceği gibi G2 fazında ya da M fazında da olabilir (Hochegger ve ark., 2008). Yine de, kullanılan tutuklayıcı moleküllerin hücreleri belirli bir basamakta tuttuğu daha önceki çalışmalarla ortaya konulmuş olduğundan (Poxleitner ve ark., 2008) ilgili siklin seviyelerindeki azalmanın yeterli bir onaylayıcı veri sunduğu düşünülmüştür.

Genel bir bakışla, sonuçlarımızın kapsaisinin yan uygulamalarla birlikte mezotelyoma kanseri üzerinde terapötik potansiyelinin değerlendirilmesi konusunda önemli bir eksiği kapattığı düşünülmektedir. Ancak, yapılan araştırmanın yalnızca bir mezotelyoma hücre hattı ve bir ölümsüzleştirilmiş mezotelyoma hücre hattı üzerinde gerçekleştirilmiş olması, bulunan sonuçların mezotelyoma hücrelerine genellemesini zorlaştırmaktadır. Öte yandan, hiçbir genetik müdahaleye uğramamış insan birincil mezotelyoma hücrelerinin karşılaştırmaya dahil edilmemesi de kanserli/sağlıklı şekilde yapılan yorumların gücünü kısmen azaltmaktadır. Kapsaisinin ve denenen ön uygulamaların mezotelyoma kanseri üzerinde tedavi potansiyellerinin daha doğru bir şekilde değerlendirilebilmesi için farklı etnik köken, cinsiyet ve yaştaki bireylerden alınmış tümör ve sağlıklı doku hücreleriyle gerçekleştirilecek *in vitro* çalışmalar ve bunları takip eden *in vivo* çalışmalar yapılması yüksek önem arz etmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından desteklenen 214 S 183 Nolu Proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

- Arooz T, Yam CH, Siu WY, Lau A, Li KKW, Poon RYC 2000. On the Concentrations of Cyclins and Cyclin-Dependent Kinases in Extracts of Cultured Human Cells. *Biochemistry*, 39(31): 9494-9501.
- Borel F, Lacroix FB, Margolis RL 2002. Prolonged Arrest of Mammalian Cells at the G1/S Boundary Results in Permanent S Phase Stasis. *Journal of Cell Science* 115: 2829-2838.
- Cao S, Chen H, Xiang S, Hong J, Weng L, Zhu H, Liu

- Q 2015. Anti-Cancer Effects and Mechanisms of Capsaicin in Chili Peppers. *American Journal of Plant Sciences*, 06(19): 3075-3081.
- Carbone M, Emri S, Dogan AU, Steele I, Tuncer M, Pass HI, Baris YI 2007. A Mesothelioma Epidemic in Cappadocia: Scientific Developments and Unexpected Social Outcomes. *Nat Rev Cancer*, 7(2): 147-154.
- Carbone M, Kanodia S, Chao A, Miller A, Wali A, Weissman D, Adjei A, Baumann F, Boffetta P, Buck B, de Perrot M, Dogan AU, Gavett S, Gualtieri A, Hassan R, Hesdorffer M, Hirsch FR, Larson D, Mao W, Masten S, Pass HI, Peto J, Pira E, Steele I, Tsao A, Woodard GA, Yang H, Malik S 2016. Consensus Report of the 2015 Weinman International Conference on Mesothelioma. *J Thorac Oncol*, 11(8): 1246-1262.
- Carbone M, Baris YI, Bertino P, Brass B, Comertpay S, Dogan A.U, Gaudino G, Jube S, Kanodia S, Partridge CR, Pass HI, Rivera ZS, Steele I, Tuncer M, Way S, Yang H, Aubrey M 2011. Erionite Exposure in North Dakota and Turkish Villages with Mesothelioma. *PNAS*, 108(33): 13618–13623.
- Chow J, Norng M, Zhang J, Chai J 2007. TRPV6 Mediates Capsaicin-Induced Apoptosis in Gastric Cancer Cells—Mechanisms Behind A Possible New “Hot” Cancer Treatment. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Cell Research*, 1773(4): 565-576.
- Clark R, Lee SH 2016. Anticancer Properties of Capsaicin Against Human Cancer. *Anticancer Research*, 36: 837-844.
- Elmore S 2007. Apoptosis: A Review of Programmed Cell Death. *Toxicol Pathol*, 35(4): 495-516.
- Emri SA 2017. The Cappadocia Mesothelioma Epidemic: Its Influence in Turkey and Abroad. *Ann Transl Med*, 5(11):239.
- Emri S, Demir A, Dogan M, Akay H, Bozkurt B, Carbone M, Baris I 2002. Lung Diseases Due to Environmental Exposures to Erionite and Asbestos in Turkey. *Toxicology Letters*, 127(1–3): 251-257.
- Haltiwanger RS, Philipsberg GA 1997. Mitotic Arrest with Nocodazole Induces Selective Changes in the Level of O-Linked N-Acetylglucosamine and Accumulation of Incompletely Processed N-Glycans on Proteins from HT29 Cells. *The journal of biological chemistry*, 272(13): 8752–8758.
- Harashima H, Dissmeyer N, Schnittger A 2013. Cell Cycle Control Across the Eukaryotic Kingdom. *Trends Cell Biol*, 23(7): 345-356.
- Helvacı N, Comertpay S 2018. *in vitro* Evaluation of The Effects of Capsaicin on Normal And Cancerous Cells of Human Cartilage. *Turk J Biol*, 42: 422-434.
- Hiddinga BI, Rolfo C, van Meerbeeck JP 2015. Mesothelioma Treatment: Are We on Target? A review. *J Adv Res*, 6(3): 319-330.
- Hochegger H, Takeda S, Hunt T 2008. Cyclin-Dependent Kinases and Cell-Cycle Transitions: Does One Fit All? *Molecular Cell Biology*, 9(11): 910-916.
- Ho YS, Duh JS, Jeng JH, Wang YJ, Liang YC, Lin CH, Tseng CJ, Yu CF, Chen RJ, Lin JK 2001. Griseofulvin Potentiates Antitumorogenesis Effects of Nocodazole Through Induction of Apoptosis and G2/M Cell Cycle Arrest in Human Colorectal Cancer Cells. *Int. J. Cancer* 91: 393–401.
- Holmes RE, Leddy LR 2014. Chondrosarcoma of Bone. *Cancer Treat Res*, 162: 117-130.
- Huang SP, Chen JC, Wu CC, Chen CT, Tang NY, Ho YT, Lo C, Lin JP, Chung JG, Lin JG 2009. Capsaicin-induced Apoptosis in Human Hepatoma HepG2 Cells. *Anticancer Research*, 29: 165-174.
- Igney FH, Krammer PH 2002. Death And Anti-Death: Tumour Resistance to Apoptosis. *Nat Rev Cancer*, 2(4): 277-288.
- Jin T, Wu H, Wang Y, Peng H 2016. Capsaicin Induces Immunogenic Cell Death in Human Osteosarcoma Cells. *Exp Ther Med*, 12(2): 765-770.
- Li H, Krstin S, Wang S, Wink M 2018. Capsaicin and Piperine Can Overcome Multidrug Resistance in Cancer Cells to Doxorubicin. *Molecules*, 23(3): 557.
- Lowe SW, Lin AW 2000. Apoptosis in Cancer. *Carcinogenesis*, 21: 485–495.
- Martinvalet D, Zhu P, Lieberman J 2005. Granzyme A Induces Caspase-Independent Mitochondrial Damage, A Required First Step For Apoptosis. *Immunity*, 22(3): 355-370.
- Mori A, Lehmann S, O’Kelly J, Kumagai T, Desmond JC, Pervan M, McBride WH, Kizaki M, Koeffler H P 2006. Capsaicin, a Component of Red Peppers, Inhibits the Growth of Androgen-Independent, p53 Mutant Prostate Cancer Cells. *Cancer Research*, 66(6): 3222-3229
- Nikoletopoulou V, Markaki M, Palikaras K, Tavernarakis N 2013. Crosstalk Between Apoptosis, Necrosis and Autophagy. *Biochim Biophys Acta*, 1833(12): 3448-3459.
- Poxleitner MK, Dawson SC, Cande WZ 2008. Cell Cycle Synchrony in *Giardia intestinalis* Cultures Achieved by Using Nocodazole and Aphidicolin. *Eukaryot Cell*, 7(4): 569-574.
- Robinson BWS, Musk AW, Lake RA 2005. Malignant Mesothelioma. *The Lancet*, 366(9483): 397-408.
- Roskoski JrR 2019. Cyclin-Dependent Protein Serine/Threonine Kinase Inhibitors As Anticancer Drugs. *Pharmacological Research*, 139:471-488.
- Sanchez I, Dynlacht BD 2005. New Insights into Cyclins, Cdks, and Cell Cycle Control. *Semin Cell Dev Biol*, 16(3): 311-321.
- Sargent JM, Elgie AW, Williamson CJ, Taylor CG 1996. Aphidicolin Markedly Increases the Platinum Sensitivity of Cells from Primary Ovarian Tumours. *British Journal of Cancer*, 74: 1730-1733.
- Starczewska E, Beyaert M, Michaux L, Vekemans MC, Saussoy P, Bol V, Echarri AA, Smal C, Neste EVD, Bontemps F 2016. Targeting DNA Repair with

- Aphidicolin Sensitizes Primary Chronic Lymphocytic Leukemia Cells to Purine Analogs. *Oncotarget*, 7(25):38367-38379.
- Swaffer MP, Jones AW, Flynn HR, Snijders AP, Nurse P 2016. CDK Substrate Phosphorylation and Ordering the Cell Cycle. *Cell*, 167(7): 1750-1761.
- Teixeira LK, Reed SI 2017. Cyclin E Deregulation and Genomic Instability. In: Masai H, Foiani M, Editors. *DNA Replication: From Old Principles to New Discoveries*. 1st ed. Singapore: Springer, pp. 527-547.
- Truman AW, Kitazono AA, Fitz Gerald JN, Kron SJ 2012. Cell Cycle: Regulation by Cyclins. In: eLS. John Wiley & Sons Ltd, Chichester. <http://www.els.net>. (Erişim tarihi:11.12.18).
- Vermeulen K, Bockstaele DRV, Berneman ZN 2003. The Cell Cycle: A Review of Regulation, Deregulation and Therapeutic Targets in Cancer. *Cell Prolif.*, 36: 131-149.
- Wilding JL, Bodmer WF 2014. Cancer Cell Lines For Drug Discovery and Development. *Cancer Res*, 74(9): 2377-2384.
- Ye J, Zhang R, Wu F, Zhai L, Wang K, Xiao M, Xie T, Sui X 2018. Non-Apoptotic Cell Death in Malignant Tumor Cells and Natural Compounds. *Cancer Lett*, 420: 210-227.
- Zhang R, Humphreys I, Sahu PR, Shi Y, Srivastava SK 2008. *in vitro* and *in vivo* Induction of Apoptosis by Capsaicin in Pancreatic Cancer Cells is Mediated Through ROS Generation and Mitochondrial Death Pathway. *Apoptosis*, 13(12):1465-1478.

PB15 Kodlu Pigmentler; Sentezi, Karakterizasyonu ve Endüstriyel Uygulamaları

Yusuf YILMAZ¹, Sibel BAYIL²

¹Gaziantep Üniversitesi Naci Topçuoğlu Meslek Yüksekokulu, ²Gaziantep Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu, Gaziantep

¹<https://orcid.org/0000-0003-4363-0427>, ²<https://orcid.org/0000-0003-0254-6915>

✉: ysfyilmaz60@gmail.com

ÖZET

Ftalosiyanimler (Pc'ler) yapısal olarak makro halkalı porfirin türevli bileşiklere benzemektedirler. Ftalosiyanimlerin genellikle farklı çözünürlük, renk şiddeti ve kararlılık açısından birbirinden ayrı en az iki kristal modifikasyonu bulunmaktadır. Renk şiddeti (pigment özelliği) en kuvvetli olan türevleri bakır, kobalt ve nikel ftalosiyanimlerdir. Pigment olarak ticari öneme sahip tek ftalosiyanim bakır ftalosiyanimlerdir. Bakır ftalosiyanimler (CuPc, PB15), sayılan bu üstün özellikleri nedeniyle, baskı mürekkepleri, tekstil, kâğıt, kauçuk ve plastiklerin renklendirilmesinde ve hatta inşaat ve endüstriyel boya üretiminde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, ülkemizde üretilmeyen ancak ithal edilip yaygın bir şekilde kullanılan ftalosiyanimin türevli, PB15:1 kodlu (bu kapsamda sentezlenen pigmente HNS 15:1 kodu verilmiştir) pigmentin sentezi, karakterizasyonu ve endüstriyel uygulama örnekleri yapılmıştır. Pigmentin sentezinde uygun başlangıç maddeleri yağ ısıtmalı bir reaktörde karıştırılmış ve ham ürün elde edilmiştir. Reaksiyondan elde edilen ham ürün yıkanmış, filtre edilmiş ve kurutulmuştur. Elde edilen pigment UV-vis., FTIR, MS gibi spektroskopik teknikler ve elementel analiz ile karakterize edilmiştir. Pigmentin endüstriyel uygunluk denemeleri masterbatch, suni deri ve pigment pasta sektörlerinde yapılmıştır.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 15.12.2018

Kabul Tarihi : 31.01.2019

Anahtar Kelimeler

Ftalosiyanimler

CuPc

Pigmentler

PB15:1

Ftalikanhidrit

PB15 Coded Pigments; Synthesis, Characterization and Industrial Applications

ABSTRACT

Phthalocyanines (Pcs) are structurally similar to macrocyclicporphyrin-derived compounds. Phthalocyanines generally have at least two crystal modifications that are distinct from each other in terms of solubility, color intensity and stability. The strongest derivatives in terms of color intensity (pigment property) are copper, cobalt and nickel phthalocyanines. The only phthalocyanine having commercial value as pigment is copper phthalocyanine. Copper phthalocyanines are also used in printing inks, textiles, paper, rubber and plastics, and even in the production of construction and industrial paint thanks to their outstanding properties. In this study, production, characterization and experimentation on industrial applications of the phthalocyanine-derived, PB15: 1 coded pigment (In this study, HNS 15: 1 code is given to the synthesized pigment) which is not produced but widely used in our country, have been successfully implemented. In the synthesis of the pigment, suitable starting materials were mixed in an oil-heated reactor and the crude product was obtained. The crude product from the reaction was washed, filtered and dried. The obtained pigment was characterized by spectroscopic techniques such as UV-vis., FTIR, MS, and elemental analysis. Industrial compatibility tests of pigment are made in the masterbatch, artificial leather and pigment pastry sectors.

Research Article

Article History

Received : 15.12.2018

Accepted : 31.01.2019

Keywords

Phthalocyanines

CuPc

Pigments

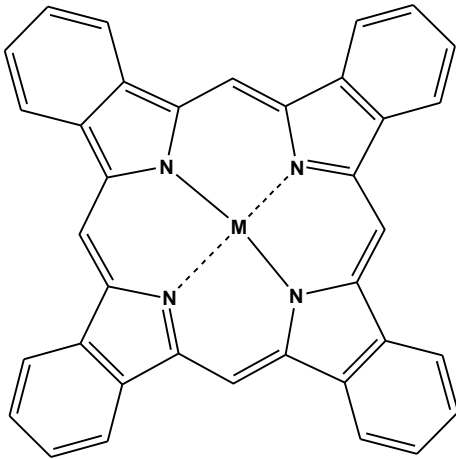
PB15:1

Phthalicanhydride

GİRİŞ

Ftalosiyanın (Pc) ismi Yunanca “naphtha = mineral yağı” ve “cyanine = koyu mavi” kelimelerinin bileşiminden oluşturulmuştur. Ftalosiyanın terimi, sarımsı yeşilden kırmızımsı maviye kadar değişen renk tonlarına sahip organik boyar madde sınıfını tanımlamak için ilk defa 1933 yılında R. P. Linstead tarafından kullanılmıştır. Ftalosiyanın ve metal komplekslerinin (MPc) yapıları, Linstead ve çalışma arkadaşları tarafından, 1930-1940 yılları arasında belirlenmiştir (Robertson, 1936, Yıldız ve ark., 2009). Ftalosiyanın periyodik tablodaki çoğu metal ile kompleks oluşturmakla beraber B, Si, Ge, ve As gibi yarı metaller ile de farklı koordinasyon sayılarına ve geometrik şekillere sahip kompleks meydana getirebilmektedir. Örneğin Cu, Ni veya Pt'in kare düzlem ftalosiyankomplekslerinin koordinasyon sayısı 4'tür. Diğer taraftan daha fazla koordinasyon sayısına sahip metaller ve ilave ligandlar (su, amonyak gibi) ile kare piramit, düzgün dört yüzlü veya sekiz yüzlü ftalosiyankompleksleri de mevcuttur (Durmuş ve Nyokong, 2007).

Ftalosiyanın yapısal olarak makro halkalı porfirin türevli bileşiklere benzemektedirler. Dört izoindolin biriminin kondenzasyonu ile oluşan ftalosiyanın yapısal olarak tetrabenzotetraazaporfirin olarak da isimlendirilmektedir. Ftalosiyanın doğal olarak oluşmamakla birlikte molekül şekli olarak hemoglobin, klorofil II ve B12 vitamini gibi doğal porfirin türevleri ile yüksek homoloji gösterirler (Şekil 1) (Chunyu ve ark., 2007).



Şekil 1. Metalli ftalosiyanınin molekül yapısı.

Ftalosiyanıninlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri merkezlerinde metal olup olmasına göre değişmektedir ve bu nedenle renkleri koyu maviden kirli yeşile ve hatta metalik bronzaya kadar çeşitlilik göstermektedir. Çoğu ftalosiyanıninlerin erime noktaları bulunmamaktadır ve ayrıca suda ve organik çözücülerde çözünürlükleri oldukça düşüktür.

Ftalosiyanıninlerin genellikle farklı çözünürlük, renk şiddeti ve kararlılık açısından birbirinden ayrı en az iki kristal modifikasyonu bulunmakla birlikte renk şiddeti (pigment özelliği) en kuvvetli olan türevleri bakır, kobalt ve nikel ftalosiyanıninlerdir (Bhoge ve ark., 2014).

Pigment olarak ticari öneme sahip tek ftalosiyanınin bakır ftalosiyanıninlerdir. Unsubstitüe bakır ftalosiyanıninler mavi pigment olarak kullanılırken halojenlenmiş olan bakır ftalosiyanıninler yeşil pigment olarak kullanılmaktadırlar. Ftalosiyanınin türevli pigmentlerin %90-95'ini boyada, baskı mürekkeplerinde ve plastikte kullanılan mavi ve yeşil renkler oluşturmaktadır (The British ColourMakers' Association, 1981). Dünya pigment pazarında toplam organik pigmentlerin %15'inden fazlasını bakır ftalosiyanıninler oluşturmaktadır (Aravindakshan, 2005). Ticari olarak üretilen bakır ftalosiyanınin türevli pigmentler ve bazı özellikleri ile kullanım alanları aşağıda özetlenmiştir (Çizelge 1). Ftalosiyanınin türevli pigmentler dünya genelinde bir çok üretici tarafından üretilmekle birlikte pazara başta Hindistan olmak üzere uzak doğu ülkeleri oldukça hakimdir (Lomax, 2005).

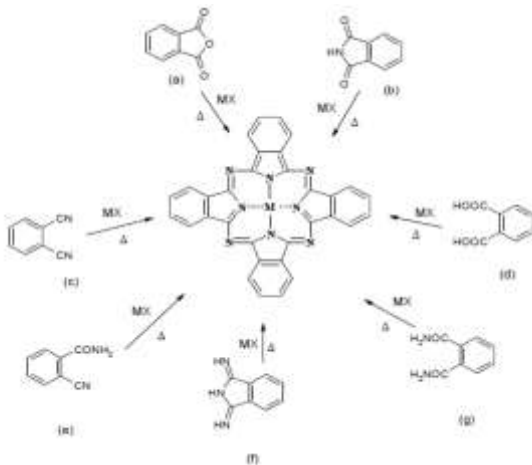
Uluslararası renk indeksi (CI) kodlarına göre dünya genelinde PB15:0 kodlu pigment 74 üretici tarafından, PB15:1 kodlu pigment 63 üretici tarafından, PB15:2 kodlu pigment 32 üretici tarafından, PB15:3 kodlu pigment 68 üretici tarafından, PB15:4 kodlu pigment 29 üretici tarafından, PB15:6 kodlu pigment 6 üretici tarafından, PB16 kodlu pigment 2 üretici tarafından, PB17 kodlu pigment 5 üretici tarafından, PB76 kodlu pigment 1 üretici tarafından, PG7 kodlu pigment 86 üretici tarafından ve PG36 kodlu pigment 20 üretici tarafından üretilmektedir. Öte yandan, PB15:5 kodlu pigmentin şuan üreticisi bulunmamaktadır (Lomax, 2005).

Ftalosiyanınin kompleksleri hemen hemen periyodik tablodaki tüm metaller ile sentezlenmektedir. Ftalosiyanıninler kompleks bir yapıya sahip gibi görünmekle birlikte uygun başlangıç maddelerinin varlığında tek basamaklı reaksiyonla elde edilmektedirler. Ftalosiyanınin sentezi reaksiyonu oldukça ekzotermik bir reaksiyondur örneğin ftalonitrilden sentezlenen bakır ftalosiyanınin reaksiyon entalpisi -829.9 kJ/mol'dür. Ftalosiyanıninler genellikle ftalik asit türevlerinin (Şekil 2. a-g) ve uygun metal tuzlarının varlığında sentezlenmektedirler (Wanser, 1985).

Bu çalışmada, ülkemizde üretilmeyen ancak ithal edilip yaygın bir şekilde kullanılan ftalosiyanınin türevli, PB15:1 kodlu (bu kapsamda sentezlenen pigmente HNS 15:1 kodu verilmiştir) pigmentin sentezi, karakterizasyonu ve endüstriyel uygulama örnekleri yapılmıştır.

Çizelge 1. Pigment olarak kullanılan Cu ftalosiyanın türevleri.

CI Adı	CI No	Renk	Tanımı	Başlıca Kullanım Yerleri
PB15:0	74160	Parlak mavi	Düşük stabilite ftalosiyanın	Cu Boya, baskı mürekkebi, kâğıt
PB15:1	74160:1	Parlak mavi	Stabil Cu ftalosiyanın	Boya, baskı mürekkebi, plastikler, kaplama
PB15:2	74160:2	Parlak mavi	Stabil α -Cu ftalosiyanın	Boya, baskı mürekkebi, plastikler, kaplama, tekstil
PB15:3	74160:3	Parlak turkuaz mavi	β - Cu ftalosiyanın	Boya, baskı mürekkebi, plastikler, tekstil
PB15:4	74160:4	Parlak mavi	Stabil β -Cu ftalosiyanın	Boya, baskı mürekkebi
PB15:6	74160:6	Parlak kırmızımsı mavi	ϵ -Cu ftalosiyanın	Baskı mürekkebi, plastikler
PB16	74100	Parlak yeşilimsi mavi	Metalsiz α -ftalosiyanın	Otomotiv boya ları, ahşap, yazı kalemleri
PB17	74180	Yeşilimsi mavi	Cu ftalosiyanınBa tuzu	Baskı mürekkepleri
PB76	742520	Turkuaz mavi	Kısmi klorlanmış ftalosiyanın	Cu Otomotiv boya ları
PG7	74260	Parlak yeşilimsi mavi	Klor ile do yurulmuş ftalosiyanın	Cu Boya, baskı mürekkebi, plastikler
PG36	74265	Sarımsı yeşil	Kloro, bromo ftalosiyanın	Cu Boya, baskı mürekkebi, plastikler



Şekil 2. Ftalosiyanın için genel sentez şeması.

Pigmentin sentezinde uygun başlangıç maddeleri yağ ısıtmalı bir reaktörde karıştırılmış ve ham ürün elde edilmiştir. Reaksiyondan elde edilen ham ürün yıkanmış, filtre edilmiş ve kurutulmuştur. Elde edilen pigment UV-vis., FTIR, MS gibi spektroskopik teknikler ve elementel analiz ile karakterize edilmiştir. Pigmentin endüstriyel uygunluk denemeleri masterbatch, suni deri ve pigment pasta sektörlerinde yapılmıştır.

MATERYAL ve METOD

Kullanılan Materyaller

Bu çalışmada kullanılan ftalokanhidrit (PA) PETKİM'den, üre, bakır tuzları,

amonyumheptamolibdat, sodyum hidroksit (NaOH), hidroklorik asit, sülfürik asit ve dimetilsülfoksit (DMSO) Golgi Medikal'den, gliserin TAT Kimya'dan tedarik edilmiştir. Karşılaştırma için kullanılan ticari pigment (T₁₅:1) BestColor firmasından satın alınmıştır. Ayrıca makine-teçhizat kurulumları, TEKNOMAK firmasından hizmet alımı yolu ile, yapılmıştır.

Kullanılan Cihazlar

FTIR analizleri Perkin-Elmer Spectrum One FTIR spektrofotometresi ile, elementel analiz Thermo Flash EA 2000 CHNS cihazı ile, kütle analizi ise Bruker Autoflexmass spectrometer cihazı ile yapılmıştır. Erime noktası tayini de Stuart smp30 cihazı ile yapılmıştır.

Endüstriyel Denemeler

Gaziantep Organize Sanayi Bölgesinde faaliyet gösteren BestColor Masterbatch firmasında polietilen plaka, masterbatch, iplik ve ponpon numuneleri çektirilmiştir. Polietilen plakalar %40 pigment (T₁₅:1 veya HNS 15:1), % 60 polietilen (PE) ve % 10 wax'tan oluşmaktadır. Hazırlanan bu karışım firma laboratuvarında bulunan kalıba dökülmüş ve 180 °C'te ısıya maruz bırakılarak mavi PE plakalar hazırlanmıştır. Hazırlanan masterbatchler de ise yine plaka çekiminde kullanılan kimyasal ve oranlar alınmıştır. Hazırlanan bu karışım laboratuvar tipi ekstrüderden 180 °C'te geçirilmiş ve granüller halinde kesimi yapılmıştır. Elde edilen polimer taşıyıcılı bu konsantre boya (masterbatch) ile % 3'lük iplik ve

pompon hazırlanmıştır.

Diğer taraftan PERSU Suni deri firmasında suni deri numuneleri yaptırılmıştır. Suni deri çekiminde öncelikle % 30 pigment (T_15:1 veya HNS 15:1) ve % 70 dioktilteraftalat (DOTP) kullanılarak suni deriye rengini veren pasta hazırlanmıştır. Hazırlanan bu pastadan % 5 ve suni derinin hammaddesi olan polivinilklorür (PVC) polimerinden % 95'lik oranlarda alınarak karışım oluşturulmuştur. Bu karışım üretim hattından 250 °C'te geçirilerek suni deri filmleri oluşturulmuştur.

HNS 15:1 Pigmentinin Sentezi

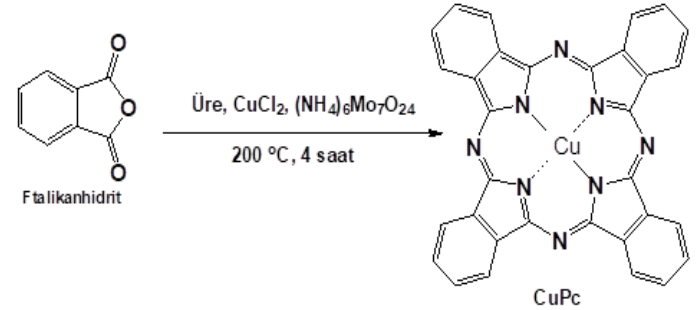
Ftalikanhidrit, üre, bakır tuzu belirli oranlarda (molce 4:6:1) karıştırılarak önceden içerisine gliserin (30 lt) eklenmiş pilot reaktöre aktarılmıştır. Karışım içerisindeki maddeler tamamen çözündükten sonra üzerine katalitik miktarda (toplam karışımın molce % 0,1'i kadar) amonyum heptamolibdat eklenmiştir. Reaksiyon iyi bir karıştırma ve ortalama 180 °C civarında 6 saat takip edilmiştir. Oda sıcaklığına kadar soğutulan ham ürün önce süzölmüş ve bol su ile yıkanmış ve daha sonra da kurutulmuştur. Ham ürün derişik sülfürik asitte çözülerek uygun bir çözücüde çöktürölmüş, filtrasyon, yıkama ve kurutma işleminde sonra karakterize edilmiştir. Verim %95, E.n > 300°C. UV-vis., λ_{max} (nm) (DMSO'da): 670. FTIR (cm⁻¹): 3010–3047 (Ar-H). MS (MALDI TOF): m/z: 576 [M]⁺. Elementel Analiz, C₃₂H₁₆CuN₈ için hesaplanan: %C, 66.72; %H, 2.80; %N, 19.45. Bulunan %C, 66.58; %H, 3.02; %N, 18.95.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Sentez ve Karakterizasyon

Ticari 15:1 (T_15:1) pigmentine alternatif olabilecek yerli üretim prototip mavi pigmentin (HNS 15:1) başlangıcı olan CuPc'nin sentez şeması aşağıda verilmiştir (Şekil 3). Ftalikanhidrit bileşiğinin, azot kaynağı olarak üre, metal kaynağı olarak CuCl₂ ve katalizör olarak ise amonyumheptamolibdat varlığında 200 °C'de 4 saat süren halka katılması reaksiyonundan HNS 15:1 pigmentinin başlangıç maddesi elde edilmiştir. Sentez sırasında, en yüksek verim ve en az safsızlık eldesi için, başlangıç hammaddelerinin oranları ve reaksiyon şartları optimize edilmiştir. Pigmentasyon işlemi için reaksiyon sonrası elde edilen ham ürünün önce saf su ile daha sonra sırası ile seyreltik NaOH ve HCl çözeltileri ile yıkanarak kurutulmuştur. Kuruyan ürün sülfürik asitte çözülmüş daha sonra suda çöktürölerek tekrar süzölmüş, kurutulmuş ve bu şekilde HNS 15:1 pigmenti elde edilmiştir. Sentez ve pigmentasyon şartlarının optimizasyonunda, daha önce yapılan çalışmalar (Sakamoto ve Ohno, 1997, Reddy ve Keshavayya, 2002) da referans alınmış ancak HNS 15:1 pigmentinin hazırlanmasındaki tüm

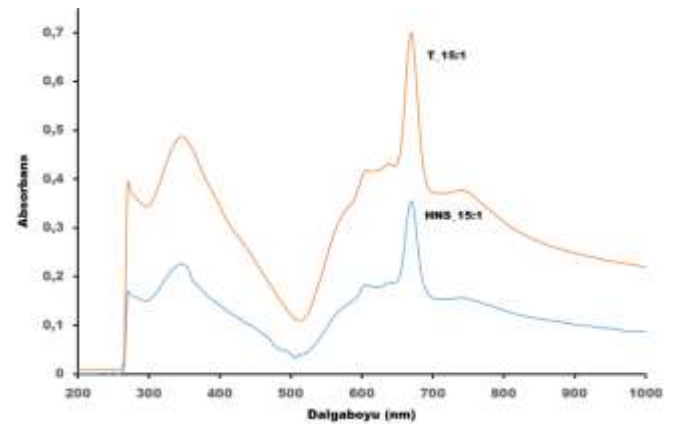
adımlar yeniden belirlenmiştir. Ftalosiyanınların sentezinde yüksek verim için genellikle inert ortam tercih edilmektedir (Durmuş ve Nyokong, 2007). Bu çalışmada inert gaz kullanılmamasına rağmen ftalikanhidrit bileşiğine bağlı fonksiyonel grup olmamasından dolayı HNS 15:1 pigmentinin başlangıç bileşiği CuPc %95 verimle elde edilmiştir.



Şekil 3. HNS 15:1 Pigmentinin başlangıcı olan CuPc molekülünün genel sentez şeması.

Pigmentasyon sonucu elde edilen HNS 15:1 pigmenti farklı spektroskopik yöntemler ve elementel analiz kullanılarak literatüre göre (Borker ve Salker, 2006, Ziaefar ve ark., 2011) karakterize edilmiştir. Karakterizasyonun her adımı ticari pigment (T_15:1) için de tekrarlanmış sonuçlar HNS 15:1 ile karşılaştırılmıştır.

Ftalosiyanınlar, UV spektrumlarında Q (660-700 nm aralığında) ve B (300-360 nm aralığında) bantları ile karakterize edilmektedir. Q bandı metali ftalosiyanınlarda tek bir pik olarak gözükmesine rağmen metalsiz ftalosiyanınlarda ikiye yarılmaktadır (Mack ve Kobayashi, 2011, Özdemir ve ark., 2016). Pigmentlere (T_15:1 ve HNS 15:1) ait, DMSO çözücüsü içerisinde ve 2,5 x 10⁻⁵ M konsantrasyonda alınan, UV spektrumları incelendiğinde karakteristik Q bantlarının 670 nm'de, B bantlarının ise 350 nm'de oldukları tespit edilmiştir (Şekil 4).

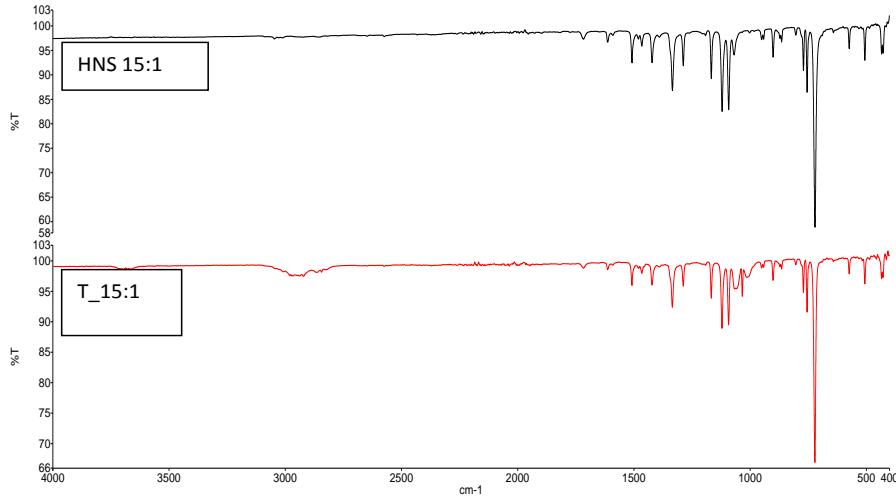


Şekil 4. T_15:1 ve HNS 15:1 pigmentlerinin 2,5 x 10⁻⁵ M konsantrasyondaki UV-vis. spektrumları. (Çözeltiler DMSO çözücüsü kullanılarak hazırlanmış ve spektrumda dalga boyuna karşılık absorbans ölçülmüştür.)

Spektrumdaki görülen omuz piklerinin ise pigmentlerin çözücü içerisindeki agregasyon davranışlarından kaynaklandığı öngörülmektedir (Ozer ve ark., 2006, Yılmaz ve ark. 2014).

T_15:1 ve HNS 15:1 pigmentleri için FTIR spektrumları da ATR tekniği ile ölçülmüş ve sonuçlar hem kendi için de hem de literatür (Reddy ve Keshavayya, 2002) ile karşılaştırılmıştır. Spektrumda özellikle orta infrared bölgedeki piklerin her iki numune için de hemen hemen aynı yerlerde oldukları

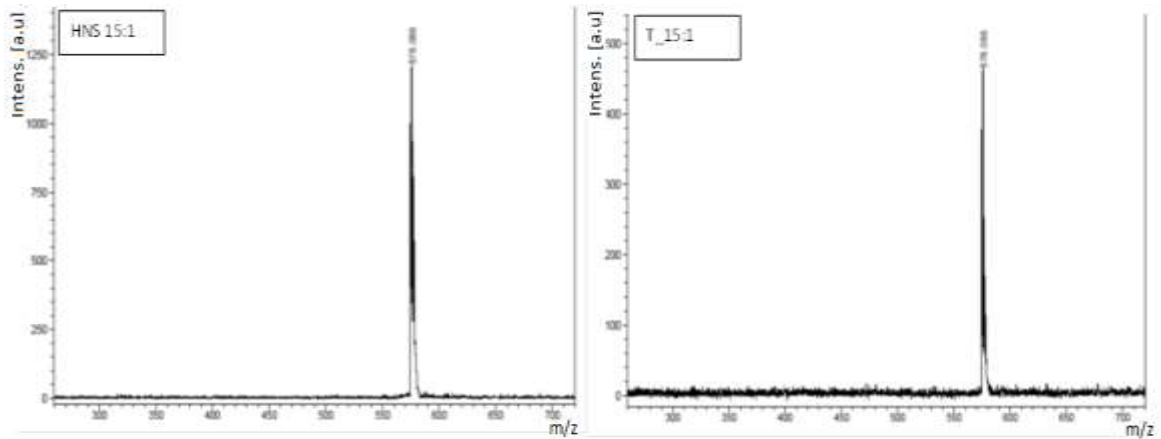
görülmüştür. Bileşiklere ait spektrum incelendiğinde fonksiyonel grup bölgesinde aromatik halkaya ait gerilme titreşim piklerinin 3010-3047 cm^{-1} aralığında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5). HNS 15:1 pigmentinin FTIR spektrumunun fonksiyonel grup bölgesi yapıda yalnızca aromatik hidrojenlerin olduğunu göstermektedir. Bu bölgedeki diğer piklerin ise her iki pigment için de reaksiyona girmemiş başlangıç hammaddelerine ve reaksiyonda oluşan yan ürünlere ait olduğu düşünülmektedir.



Şekil 5. T_15:1 ve HNS 15:1 pigmentlerinin ATR tekniği ile ölçülen FTIR spektrumları. FTIR spektrumlarında dalga sayısına karşılık % geçirgenlikler ölçülmüş ve her iki spektrum karşılaştırılmıştır.

Bakır metalinin paramanyetik özelliğinden (Yılmaz ve ark., 2015) dolayı pigmentlerin NMR spektrumları alınamamıştır. Bileşiklerin spektroskopik parçalanmaya uğramadan mol kütlelerinin belirlenmesinde MALDI TOF MS spektroskopisi kullanılmaktadır ve bu teknikte moleküllerin kütle / yük (m/z) oranlarına karşılık pik şiddetleri ölçülmektedir (Rapulenyane ve ark., 2012). Pigmentlerin MALDI TOF kütle spektrumlarına bakıldığında (Şekil 6) her iki numunenin de aynı mol kütlelerine sahip olduğu görülmüştür. Yalnızca T_15:1 pigmentinin analiz şartları ve kullanılan matrikse

bağlı olarak pik şiddeti HNS 15:1'e kıyasla daha düşük görülmüştür. HNS 15:1 pigmentinin teorik olarak hesaplanan mol kütleleri ile spektrumdan elde edilen değer uyum içerisinde olup bu durum bileşiğin başarılı bir şekilde sentezlendiğini göstermektedir. Ayrıca HNS 15:1 pigmentinin elementel analiz sonuçları da teorik olarak hesaplanan ile uyum içerisinde. Tüm bu karakterizasyon tekniklerinden alınan sonuçlar literatür (Lomax, 2005) ile karşılaştırıldığında HNS 15:1 pigmentinin başarılı bir şekilde hazırlandığı ve iyi bir şekilde saflaştırıldığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 6. HNS 15:1 ve T_15:1 pigmentlerinin 2,5-dihidroksibenzoik asit (DBH) matriksinde ölçülen, kütle/yük'e karşılık pik şiddetini içeren MALDI TOF MS spektrumları.

Endüstriyel Uygunluk Denemeleri

Bu çalışma kapsamında hazırlanan mavi pigment yukarıda da bahsedildiği gibi bir çok sektörde kullanılmaktadır (Ziaefar ve ark., 2011). Ticari prototip olarak hazırlanan HNS 15:1 kodlu pigmentin karakterizasyon sonuçları ticari pigmentin sonuçları ile aynı olduğundan HNS 15:1 pigmentinin endüstriyel uygunluğu da denenmiştir. Bu kapsamdaki denemeler yalnızca HNS 15:1 pigmentinin endüstriyel ortamda çalışıp çalışmadığı üzerine olmuştur. Öncelikle Gaziantep Organize Sanayi Bölgesinde faaliyet gösteren BestColor Masterbatch firmasında polietilen plaka, iplik ve ponpon numuneleri çektirilmiştir (Şekil 7a, b, c). Yine Gaziantep'te faaliyet gösteren PERSU

Suni deri firmasında suni deri numuneleri yaptırılmıştır (Şekil 7d). Denemeler ticari pigment ile aynı ortam ve şartlarda yapılmış olup HNS 15:1 pigmentinin endüstriyel ölçekteki makinalarda zorlanmadan çalıştığı tespit edilmiştir. Firmalarda yaptırılan numuneler ustalar tarafından yalnızca gözlem yolu ile boyama gücü, örtücülük ve apraj gibi konularda değerlendirilmiş ve prototip olan HNS 15:1 pigmentinin, makinalarda çalışma açısından bir sıkıntısının olmadığı ancak hazırlık aşamasında daha iyi kurutulması gerektiği şeklinde geri bildirimler alınmıştır. Bu çalışma kapsamında hazırlanan prototip HNS 15:1 pigmentinin diğer endüstriyel uygunluk denemeleri literatürde yapılan çalışmalara (Gregory, 2000) göre devam etmektedir.



Şekil 7. T_15:1 ve HNS 15:1 pigmentlerinin endüstriyel uygunluk denemeleri. Şekilde, a. polipropilen iplik, b. polietilen plaka, c. polipropilen ponpon ve d. polivinilklorür suni deri numunelerine ait resimlerdir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada dünyada 100 binlerce ton üretilen ve ülkemizde de ithal edilip yaygın bir şekilde kullanılan, ftalosiyanın türevli pigmentler tanıtılmış ve yine ftalosiyanın türevli, 15:1 kodlu, pigmentin sentezi karakterizasyonu ve endüstriyel uygunluk denemeleri yapılmıştır. Çalışmada hazırlanan pigmente HNS 15:1 kodu verilmiş olup hazırlanan bu prototip pigment çeşitli spektroskopik teknikler ve elementel analiz kullanılarak karakterize edilmiş, endüstriyel uygunluk denemeleri ise masterbatch ve suni deri sektörlerinde yaptırılmıştır. Bu çalışma kapsamında ticari prototipi üretilen HNS 15:1 kodlu pigmenti oluşturan moleküllerin sentezlerinin, reaksiyon ve pigmentasyon şartlarının, daha yüksek verim ve minimum safsızlık eldesi için geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca HNS 15:1 pigmentinin endüstriyel uygunluk denemeleri, mürekkep, inşaat ve sanayi tipi boyalar için pasta ve kauçuk sektörlerinde de, pigmentin kullanıldığı tüm alanlarda çalışıp çalışmadığı gibi kavramların belirlenmesi için de

yapılmalıdır. Yapılan tüm denemelerden elde edilen ürünlerde pigmentin malzeme üzerindeki ısı, ışık vb. gibi haslık değerleri ile birlikte örtücülük, renk şiddeti ve apraj gibi ölçümleri de bu alanda çalışan laboratuvarlarda test ettirilmelidir. Diğer taraftan ticari öneme sahip ftalosiyanın türevli 15:3 ve Green7 kodlu pigmentlerin Ar-Ge çalışmaları da yapılmalı ve elde edilen prototip ürünlerin endüstriyel açıdan uygunlukları denenmelidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK TEYDEB (Proje No: 2170243) tarafından desteklenmiş ve Gaziantep Teknopark'ta kurulu HNS Kimya Tekstil Danışmanlık San. ve Tic. Ltd. Şti.'nin katkıları ile tamamlanmıştır.

KAYNAKÇA

Aravindakshan A 2005. Copperphthalocyanines, Paint and Coatings Industry, 29: 686-692.
Bhoge YE, Deshpande TD, Patil VJ, Badgujar NP, Chaudhari RA, Kulkarni RD 2014. Synthesis of

- Copper Phthalocyanine Blue Pigment: Comparative Evaluations of Fusion, Solvent and Microwave Techniques, *International Journal of Applied Engineering Research*, 9: 1271-1278.
- Borker P, Salker AV 2006. Synthesis, characterization and photocatalytic studies of some metal phthalocyanines”, *Indian Journal of Chemical Technology*, 13: 341-346.
- Chunyu M, Guotong D, Yong C, Yu S, Cheng C, Jiang W, Chang Y, Wang X, Cong F, Yu H 2007. Synthesis and electrochemistry of a substituted phthalocyaninatozinc, *Dyes Pigments*, 72: 267-270.
- Durmuş M, Nyokong T 2007. Synthesis, photophysical and photochemical properties of aryloxy tetra-substituted gallium and indium phthalocyanine Derivatives, *Tetrahedron*, 63: 1385-1394.
- Gregory P 2000. Industrial applications of phthalocyanines, *J. Porphyrines and Phthalocyanines*, 4:432-437.
- Lomax SQ 2005. Phthalocyanine and quinacridone pigments: their history, properties and use, *Studies in Conservation*, 50: 19-29.
- Mack J, Kobayashi N 2011. Low Symmetry Phthalocyanines and Their Analogues, *Chem. Rev.*, 111: 281-321.
- Ozer M, Ozkaya AR, Bulut M, Bekaroglu O 2006. Synthesis characterization and some properties of novel bis pentafluorophenyl methoxyl substituted metal free and metallophthalocyanines, *Polyhedron*, 25: 3593-3602.
- Özdemir L, Yılmaz Y, Sönmez M, Akkurt M, Tahir MN 2016. Synthesis and Crystal Structure of a New Phthalonitrile and Its Phthalocyanines Bearing Diamagnetic Metals. *Synthesis and Reactivity in Inorganic, Metal-Organic, and Nano-Metal Chemistry*, 46: 110-117.
- Reddy KRV, Keshavayya J 2002. Synthesis of symmetrically substituted octabromophthalocyanine pigments and their characterization, *Dyes and Pigments*, 53: 187-194.
- Rapulenyane N, Antunes E, Masilela N, Nyokong T 2012. Synthesis and photophysicochemical properties of novel zinc phthalocyanines mono substituted with carboxyl containing functional groups, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 250: 18-24.
- Robertson JM 1936. Quantitative structure determination of the metal-free compound, *Journal of the Chemical Society*, 1: 1195-1209.
- Sakamoto K, Ohno E 1997. Synthesis and electron transfer property of phthalocyanine Derivatives, *Progress in Organic Coatings*, 31: 139-145.
- The British ColourMakers' Association 1981. Phthalocyanine pigments, *Polymers Paint Colour Journal*, 171: 252-255.
- Wanser CC 1985. Physical and chemical considerations on copper phthalocyanine, *Journal of Coatings Technology*, 57: 57-62.
- Yıldız SZ, Kucukislamoğlu M, Tuna M 2009. Synthesis and characterization of novel flavonoid-substituted phthalocyanines using naringenin, *Journal of Organometallic Chemistry*, 694: 4152-4161.
- Yılmaz Y, Erdoğan A, Şener MK 2014. Diphenylethoxy-substituted metal-free and metallophthalocyanines as potential photosensitizer for photodynamic therapy: synthesis and photophysical and photochemical properties, *Turk J Chem.*, 38: 1083-1093.
- Yılmaz Y, Zengin H, Sönmez M 2015. Synthesis and Photoluminescence Properties of Saccharide Conjugated Copper Phthalocyanine via Click Reaction, *Synthesis and Reactivity in Inorganic, Metal-Organic, and Nano-Metal Chemistry*, 45: 337-341.
- Ziaefar N, Arjomandirad F, Mehrabad JT, Shaaba B 2011. Analyzing and Synthesis of copper, cobalt, manganese and zinc phthalocyanines and a study on their pigments, *Archives of Applied Science Research*, 3: 542-547.



Selective Cytotoxic Effect of *Dorycnium pentaphyllum* Extract on Human Breast, Liver, and Lung Cancer Cells

Selim DEMİR¹, İbrahim TURAN², Sema MISİR³, Yüksel ALİYAZICIOĞLU⁴

¹Department of Nutrition and Dietetics, Faculty of Health Sciences, Karadeniz Technical University, 61080, Trabzon, ²Department of Genetic and Bioengineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Gumushane University, 29100, Gumushane, ³Department of Biochemistry, Faculty of Pharmacy, Sivas Cumhuriyet University, 58100, Sivas, ⁴Department of Medical Biochemistry, Faculty of Medicine, Karadeniz Technical University, 61080, Trabzon

¹<https://orcid.org/0000-0002-1863-6280>, ²<https://orcid.org/0000-0003-3400-5494>, ³<https://orcid.org/0000-0002-5919-3295>

⁴ <https://orcid.org/0000-0001-9474-4307>

✉: selim-demir@hotmail.com

ABSTRACT

Although some studies have evaluated the cytotoxic activity of different *Fabaceae* species, there has been only limited research into the cytotoxic effect of *Dorycnium pentaphyllum*. The purpose of this study was to determine the antioxidant properties and cytotoxic effect of *D. pentaphyllum* extract on various human cancer cells. The total phenolic content (TPC) of the extract was determined using colorimetric method. The cytotoxic effect of the extract on human lung (A549), liver (HepG2), and breast (MCF-7) cancer cells and a normal human fibroblast cells was assessed using the MTT assay. TPC value of extract was found as 140.3±1.1 mg gallic acid equivalent per g sample. Extract showed selective cytotoxicity on all studied cancer cells compared to normal fibroblast cells, and the IC₅₀ values of the extract in the cancer cells range from 100.4 to 298.5 µg/mL. This is the first study to reveal the cytotoxic effect of *D. pentaphyllum* extract on cancer cell lines. Phytomedical applications of *D. pentaphyllum* may represent promising approaches in the treatment of cancer.

Research Article

Article History

Received : 15.12.2018

Accepted : 04.02.2019

Keywords

Antioxidant activity

Cancer

Cytotoxicity

Dorycnium pentaphyllum

Fabaceae

Dorycnium pentaphyllum Ekstraktının İnsan Meme, Karaciğer ve Akciğer Kanseri Hücrelerindeki Seçici Sitotoksik Etkisi

ÖZET

Fabaceae ailesine mensup bitkilerin sitotoksik etkilerini konu alan bazı çalışmalar bulunmakla birlikte, *Dorycnium pentaphyllum*'un sitotoksik etkisi ile ilgili sınırlı araştırma bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, *D. pentaphyllum* ekstraktının antioksidan özelliklerinin ve çeşitli insan kanser hücreleri üzerindeki sitotoksik etkisini belirlenmesidir. Ekstraktın toplam fenolik içeriği kolorimetrik yöntem kullanılarak belirlendi. Ekstraktın insan akciğer (A549), karaciğer (HepG2) ve meme (MCF-7) kanser hücreleri ile normal insan fibroblast hücreleri üzerindeki sitotoksik etkisi MTT analizi kullanılarak değerlendirildi. Ekstraktın toplam fenolik içerik değeri g örnek başına 140.3±1.1 mg gallik asit eşdeğeri olarak bulundu. Ekstraktın çalışılan tüm kanser hücre serileri üzerinde normal fibroblast hücrelerine göre seçici sitotoksik etki gösterdiği belirlendi ve IC₅₀ değerleri 100.4-298.5 µg/mL arasında hesaplandı. Bu çalışma *D. pentaphyllum* ekstraktının kanser hücre serileri üzerindeki sitotoksik etkisini ortaya koyan ilk çalışmadır. *D. pentaphyllum*'un fitokimyasal uygulamaları kanser tedavisinde umut verici yaklaşımları temsil edebilir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 15.12.2018

Kabul Tarihi : 04.02.2019

Anahtar Kelimeler

Antioksidan aktivite

Dorycnium pentaphyllum

Fabaceae

Kanser

Sitotoksisite

INTRODUCTION

Cancer remains one of the main causes of worldwide deaths, and unfortunately, only reasonable progress has been made in reducing the morbidity and mortality of this disease (Bhanot et al., 2011). According to the International Agency for Research on Cancer, 14.1 million people have been diagnosed with cancer in 2012, and this number will be expected approximately 21.7 million in 2030 (Kim and Kim, 2018). The main form of cancer treatment, especially in cases of metastatic cancer, is chemotherapy involving systemic delivery of drugs to kill cancer cells. However, most of these drugs can be used at minimal levels because they cause serious side effects in patients. (Martin-Cordero et al., 2012). In particular, the low efficacy of chemotherapeutics used in the treatment of metastatic cancer requires the development of new generation agents (Martin-Cordero et al., 2012; Demir et al., 2017a). Despite the close interest of pharmaceutical companies in molecular modeling and combinatorial chemistry techniques, natural products continue to be an important source of new generation drug development. Natural products are not only used because of their therapeutic effects, they are also the main sources for the development of new active substances (Martin-Cordero et al., 2012). The natural products have been used in cancer treatment for many years and more than 60% of the currently used anti-cancer agents, such as vinca alkaloids, taxanes, camptothecin and its derivatives, are derived from natural sources (Bhanot et al., 2011; Demir et al., 2018a).

Members of *Fabaceae* family have been used for many years in traditional medicine to treat rheumatism, arthritis, inflammation, neoplasm, hemorrhoid, bronchitis, asthma, urinary tract infections, and liver diseases (Bremner et al., 2009; Lacerda et al., 2014; Kumar et al., 2017). It is reported that *Fabaceae* family has rich content of phenolic acids and flavonoids (Sobeh et al., 2016; Bencherchar et al., 2017). The genus *Dorycnium* belongs to the family *Fabaceae* (*Leguminosae*) and is widely distributed in Europe and Asia (Stefanović et al., 2015; Kocabas and Ilcim, 2016). The genus *Dorycnium* is represented by thirteen species on the earth. The seven species of them are naturally grown in Turkey (Kocabas and Ilcim, 2016). Plants of *Dorycnium* genus produce many biologically active compounds, some of which have been shown to carry as anti-inflammatory, antimicrobial, cytotoxic and antioxidant properties (Bremner et al., 2009; Usta et al., 2014; Stefanović et al., 2015).

Many studies have demonstrated the cytotoxic actions of various species of *Fabaceae* family. Jantova *et al.* (2001) demonstrated that the ethanolic extract of *Gymnocladus dioicus* has a cytotoxic effect on human cervix cancer (HeLa) cells in a concentration-

dependent manner, while Rathi *et al.* (2009) reported that chloroform extract of *Glycyrrhiza glabra* exhibits a cytotoxic effect on human breast cancer (MCF-7) cells. Recently, it is reported that aqueous, methanolic, and ethanolic extracts of *Dorycnium pentaphyllum* have cytotoxic effect against *Agrobacterium tumefaciens* with the potato disc method (Usta et al., 2014). However, to the best of our knowledge, there are no previous studies about the cytotoxic effect of *D. pentaphyllum* in human cancer cell lines. We therefore evaluated the antioxidant properties of *D. pentaphyllum* extract and its cytotoxic effect on human breast (MCF-7), lung (A549), and liver (HepG2) cancer cells and human normal foreskin fibroblast cells.

MATERIALS and METHOD

Chemicals

All the chemicals used in the analysis of antioxidant activity were purchased from Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA). Chemicals and reagents were ACS grade or higher. All chemicals used in cell culture studies were supplied from Lonza (Verviers, Belgium) and Biological Industries (Kibbutz Beit Haemek, Israel).

Plant Extraction

Dorycnium pentaphyllum plant samples were collected from Sinop, Turkey. The flowers of the plant were dried at room temperature, converted to fine powder using a milling procedures. 1 g of the powdered sample was then mixed with 20 mL of dimethyl sulfoxide (DMSO). The mixture was incubated with continuous shaking at 150 rpm at 45°C for 24-h. The resulting supernatant was then filtered through filter paper and then passed through 0.2 µm filters (Aliyazicioglu et al., 2017). The resulting *D. pentaphyllum* extract was aliquoted for use in experiments and stored at -20°C.

Determination of Total Phenolic Content (TPC)

The TPC of the extract was determined spectrophotometrically using the Folin-Ciocalteu method (Slinkard and Singleton, 1977). Gallic acid was used as a standard, and the TPC value was calculated as mg gallic acid equivalent (GAE)/g sample.

Determination of Total Flavonoid Content (TFC)

The TFC of the extract was determined using the previously described colorimetric method (Moreno et al., 2000). Quercetin was used as standard, and the TFC value was calculated as mg quercetin equivalent (QE)/g sample.

Cell Culture

Human liver carcinoma (HepG2), breast carcinoma (MCF-7), lung carcinoma (A549), and normal foreskin fibroblast cells were purchased from the American

Type Culture Collection (Manassas, VA, USA). All cells were grown in Eagle's Minimum Essential Medium supplemented with 10% fetal bovine serum and 1% antibiotic solution with a 5% CO₂ supply at 37°C.

Cytotoxicity Experiments

MTT assay was used to determine the cytotoxic effects of *D. pentaphyllum* extract, and cisplatin (as a reference chemotherapeutic drug) on three cancer and one normal cell lines (Mosmann, 1983; Demir et al., 2016b). Briefly, cells were seeded into a flat-bottomed 96-well cell culture plates, and then treated with varying concentrations of *D. pentaphyllum* extract (0-500 µg/mL), and cisplatin (0-10 µg/mL) for 72-h. Next, 10 µL of MTT dye was added to each well. The crystals formed were dissolved with DMSO. Finally, absorbances were measured at 570 nm with a microplate spectrophotometer (Molecular Devices Versamax, California, USA), and the absorbance values obtained were used to determine cell viability. Dose-response curves were drawn using log-concentration versus cell viability values. IC₅₀ values were determined using these curves (Demir et al., 2017b). Selectivity index in all cancer cell lines were determined by the following formula using IC₅₀ values obtained for extract and cisplatin. (Demir et al., 2018b):

$$\text{Selectivity Index} = \text{Normal cells IC}_{50} / \text{Cancer cells IC}_{50}$$

Statistical Analysis

All experiments were repeated three times and the results were expressed as mean±standard deviation. The conformity of the data to the normal distribution was evaluated with the Kolmogorov-Smirnov test. ANOVA and post-hoc Tukey tests were used for statistical analysis of the data sets that fit the normal distribution. p<0.05 was considered as statistically significant.

RESULTS and DISCUSSION

Oxidative stress is a pathological condition resulting from the deterioration of balance between reactive oxygen species (ROS) formation and antioxidant defense system. Oxidative stress has been implicated in the etiology of many pathological conditions, such as cancer, diabetes, and cardiovascular diseases (Aliyazicioglu et al., 2011; Mentese et al., 2014; Yalcin et al., 2016). Antioxidant activity is therefore important for human health, and in recent years it has been argued that numerous biological activities are caused by antioxidant effects. It is also believed that, due to their antioxidant activities, phenolics in natural products may protect against chronic diseases associated with oxidative stress. The investigation of the antioxidant property of a tested natural product extract is therefore considered a starting point for

extensive studies. (Demir et al., 2016b; Aliyazicioglu et al., 2017; Ozkan et al., 2017). There are several *in vitro* analyzes to determine the antioxidant activity of natural product extracts and it is recommended to use at least two different methods. (Turan et al., 2017a). TPC and TFC methods are often used to determine *in vitro* antioxidant properties of natural product extracts because they are effective, fast, and inexpensive analyzes. (Demir et al., 2016b; Aliyazicioglu et al., 2017). We therefore determined the antioxidant properties of extract using TPC and TFC methods, and the results are shown in Table 1.

Table 1. Antioxidant properties of *D. pentaphyllum* extract (n=3)

Antioxidant Parameters	
Total Polyphenolic Content (mg GAE/g sample)	140.3±1.1
Total Flavonoid Content (mg QE/g sample)	18.9±0.1

Consistent with our results, Stefanović *et al.* (2015) reported that the TPC and TFC value of ethanolic extract of *Dorycnium herbaceum* are 75.77 mg GAE, and 110.07 mg rutin equivalent per g sample, respectively. In another study, the TPC and TFC value for methanolic extract of *Pterocarpus erinaceus*, a member of *Fabaceae* family, was reported as 814.7 mg tannic acid equivalent, and 10.3 mg QE per g sample, respectively (Noufou et al., 2016). Although our results are similar to some of previous studies, the differences may have been caused by plant species, extraction method, plant collection time and environmental factors.

Cancer is one of the leading causes of deaths worldwide and is characterized by certain distinctive features, including cell proliferation, differentiation, and absence of control of death (Noufou et al., 2016). The most common types of cancer in the world are lung, stomach, colon, liver and breast cancers (Chaddha et al., 2018). Although side effects and treatment costs represent two important challenges for affected patients, chemotherapy and surgery are the main treatments for cancer. These two factors lead approximately 80% of the population to use medicinal plants for basic health problems. Nowadays, there is an increasing interest in natural products, such as medicinal plants. Anticancer properties of medicinal plants are therefore further investigated (Zingue et al., 2016). *Dorycnium* species are the medicinal plants that have been used in traditional treatment for a long time. (Bremner et al., 2009; Lacerda et al., 2014; Kumar et al., 2017). There are several reports of biological activities including anti-inflammatory, antimicrobial, cytotoxic, and antioxidant properties and these beneficial activities being attributed to their polyphenolic compounds (Bremner et al., 2009; Usta et al., 2014; Stefanović et al., 2015). Although there are some studies reporting the cytotoxic effects of different

Dorycnium species in recent years (Jantova et al., 2001; Rathi et al., 2009), there are limited studies on the cytotoxic effect of *D. pentaphyllum* (Usta et al., 2014). Especially, it has been revealed that some natural product extracts can increase apoptosis in cancer cells without harming normal cells in recent years. It is therefore important to screen for the cytotoxic effects of natural product extracts or compounds isolated from natural products in cancer cells. (Demir et al., 2018b). Selectivity (no toxic effects on normal cells) and effectiveness (high efficacy against multiple cancers) are the desired two main properties from an effective anticancer agent (Turan et al., 2017b; Demir et al., 2016b). The cytotoxic effect of the *D. pentaphyllum* extract was therefore examined on three cancer and a normal cell line using the MTT

assay. The concentration-dependent effect of the extract on cell viability is shown in Figure 1.

The IC₅₀ values obtained from the growth curves are presented in Table 2. The IC₅₀ values of the extract in the cancer cells range from 100.4 to 298.5 µg/mL.

The selectivity index of the extract and cisplatin are shown in Table 3. The most selective cytotoxic effect of the extract was seen on HepG2 cells. The term selectivity index indicates how selectively the extract or drug molecule can eliminate cancer cells compared to normal cells (Demir et al., 2016a). The IC₅₀ values of the extract in cancer cells were higher than cisplatin, but the selectivity index of the extract on HepG2 cells was higher than cisplatin.

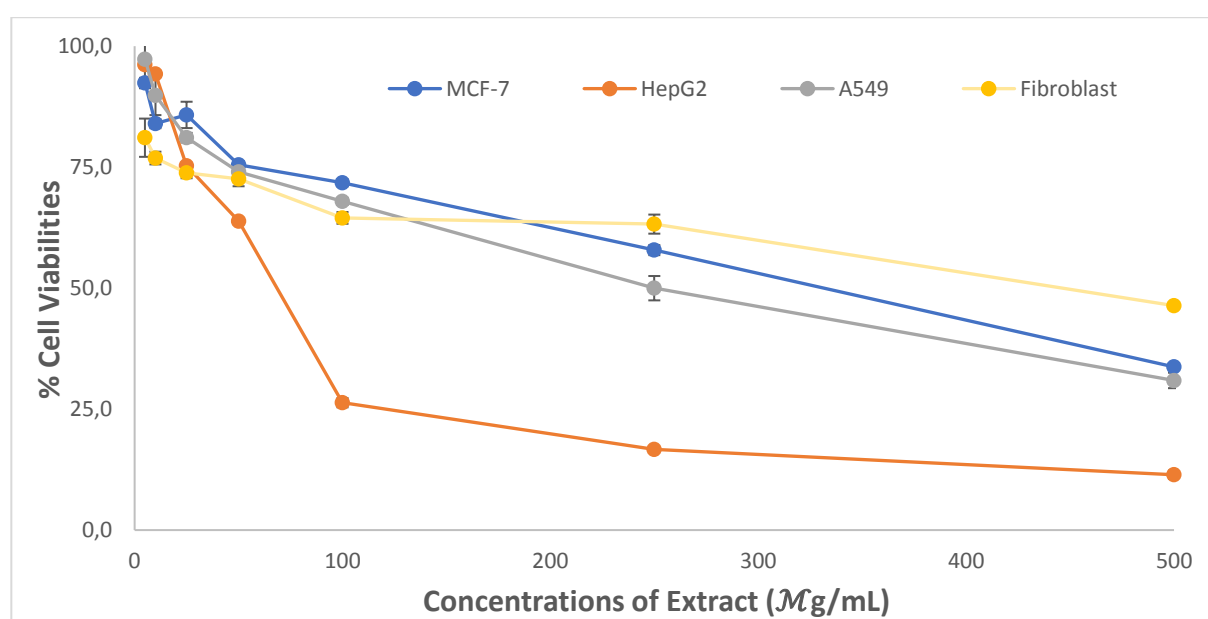


Figure 1. The anti-growth effect after the treatment with the extract for 72-h against human cancer and normal fibroblast cells using the MTT assay (n=3).

Table 2. Cytotoxic activity (IC₅₀, µg/mL) of *D. pentaphyllum* extract and cisplatin (n=3)

Cell Lines	Test Compounds	
	<i>D. pentaphyllum</i> extract	Cisplatin
A549	272.2±4.7	0.72±0.04
MCF-7	298.5±5.6	1.65±0.08
HepG2	100.4±1.9	2.47±0.11
Fibroblast	441.6±2.5	5.20±0.23

Table 3. Selectivity index of *D. pentaphyllum* extract and cisplatin

Cell Lines	Test Compounds	
	<i>D. pentaphyllum</i> extract	Cisplatin
A549	1.6	7.2
MCF-7	1.5	3.2
HepG2	4.4	2.1

Previous studies with *Fabaceae* species have shown that the ethanolic extract of *Ononis ramosissima* exhibits a cytotoxic action on HeLa cells (Bremner et al., 2009).

Lopes *et al.* (2011) demonstrated that alkaloidal fraction of methanolic extract of *Indigofera suffruticosa* shows a dose-dependent cytotoxic effect on murine lung (LP07) and breast (LM2) cancer cells, while Teyeb *et al.* (2012) investigated the cytotoxic effects of different extracts of *Astragalus gombiformis* Pomelon on A549 cells and they found that the most effective cytotoxic effect was in dichloromethane extract. Phani Kumar *et al.* (2014) demonstrated that aqueous extract of *Delonix elata* has a concentration-dependent cytotoxic effect in MCF-7 and HepG2 cells, while Hussein *et al.* (2016) reported that ethanolic extract of *Caesalpinia ferrea* Martius exhibits a cytotoxic effect on HepG2, MCF-7, colon (HCT-116),

larynx (Hep2), and prostate (PC-3) cancer cells. In recent years, it has been reported that not only effect of plant extracts from the *Fabaceae* family but also the cytotoxic effects of various other compounds isolated from different plants were found. Zhang *et al.* (2013) demonstrated that bergenin isolated from *Peltophorum pterocarpum* exhibits strong cytotoxic effect on melanoma cells, while it has no cytotoxic effect on HL-60, AZ521, A549, and SK-BR-3 cells, while Gbaweng *et al.* (2018) reported that excelsanone isolated from *Erythrina excelsa* has a dose-dependent cytotoxic effect on human prostate cancer (DU145) cells.

Phenolics are an important class of secondary herbal metabolites and are known to exhibit strong antioxidant properties (Turan *et al.*, 2015). Phenolics have been reported to exhibit antioxidant, anticancer, antimutagenic, anti-atherosclerotic, antimicrobial, and anti-inflammatory effects (Demir *et al.*, 2019). It is suggested that the anticancer effect of phenolics is due to their ability to modulate carcinogen metabolism and gene expression, and to arrest the cell cycle and induce apoptosis. (Demir *et al.*, 2017a). In previous studies, *Fabaceae* family have been shown to be rich in phenolics, such as gallic acid, fumaric acid, chlorogenic acid, 4-hydroxybenzoic acid, caffeic acid, cinnamic acid, *p*-coumaric acid, catechin derivatives, quercetin, hesperidin, taxifolin, naringenin, myricetin, resveratrol, apigenin, and galangin (Sobeh *et al.*, 2016; Bencherchar *et al.*, 2017). There have been numerous reports of the selective cytotoxic effects of these phenolics on different cancer cells (Ravishankar *et al.*, 2013; Anantharaju *et al.*, 2016). We therefore think that the selective cytotoxic effect of the extract on cancer cells may derive from its phenolic content.

CONCLUSION

This is the first study about the cytotoxic effect of *D. pentaphyllum* extract on human cancer cells. More extensive studies are needed to elucidate the cellular mechanisms underlying this cytotoxic effect of the extract.

Conflicts of Interest Statement

None of the authors had any financial or personal relationships with other individuals or organizations that might inappropriately influence their work during the submission process.

REFERENCES

- Aliyazicioglu R, Demir S, Badem M, Sener SO, Korkmaz N, Ayazoglu Demir E, Ozgen U, Alpay Karaoglu S, Aliyazicioglu Y, 2017. Antioxidant, antigenotoxic, antimicrobial activities and phytochemical analysis of *Dianthus carmelitarum*. *Rec Nat Prod*, 11(3): 270-284.
- Aliyazicioglu Y, Demir S, Turan I, Cakiroglu TN, Akalin I, Deger O, Bedir A, 2011. Preventive and protective effects of Turkish propolis on H₂O₂-induced DNA damage in foreskin fibroblast cell lines. *Acta Biol Hung*, 62(4): 388-396.
- Anantharaju PG, Gowda PC, Vimalambike MG, Madhunapantula SV, 2016. An overview on the role of dietary phenolics for the treatment of cancers. *Nutr J*, 15(1): 99.
- Bencherchar I, Demirtas I, Altun M, Gul F, Sarri D, Benayache F, Benayache S, Mekkiou R, 2017. HPLC analysis, anti-oxidant activity of *Genista ferox* and its antiproliferative effect in HeLa cell line. *Bangladesh J Pharmacol*, 12: 260-267.
- Bhanot A, Sharma R, Noolvi MN, 2011. Natural sources as potential anti-cancer agents: a review. *Int J Phytomed*, 3: 9-26.
- Bremner P, Rivera D, Calzado MA, Obón C, Inocencio C, Beckwith C, Fiebich BL, Muñoz E, Heinrich M, 2009. Assessing medicinal plants from South-Eastern Spain for potential anti-inflammatory effects targeting nuclear factor-Kappa B and other pro-inflammatory mediators. *J Ethnopharmacol*, 124(2): 295-305.
- Chaddha V, Jain PK, Dixit ND, Rathor H, Zama R, 2018. An importance of herbal medicines in treatment of cancer disease. *Int J Pharm Sci Rev Res*, 51(2): 80-82.
- Demir S, Aliyazicioglu Y, Turan I, Misir S, Mentese A, Yaman SO, Akbulut K, Kilinc K, Deger O, 2016a. Antiproliferative and proapoptotic activity of Turkish propolis on human lung cancer cell line. *Nutr Cancer*, 68(1): 165-172.
- Demir S, Turan I, Aliyazicioglu Y, 2016b. Selective cytotoxic effect of *Rhododendron luteum* extract on human colon and liver cancer cells. *J BUON*, 21(4): 883-888.
- Demir S, Turan I, Demir F, Ayazoglu Demir E, Aliyazicioglu Y, 2017a. Cytotoxic effect of *Laurocerasus officinalis* extract on human cancer cell lines. *Marmara Pharm J*, 21(1): 121-126.
- Demir S, Turan I, Aliyazicioglu Y, Kilinc K, Ozer Yaman S, Ayazoglu Demir E, Arslan A, Mentese A, Deger O, 2017b. *Morus rubra* extract induces cell cycle arrest and apoptosis in human colon cancer cells through endoplasmic reticulum stress and telomerase. *Nutr Cancer*, 69(1): 74-83.
- Demir S, Turan I, Aliyazicioglu R, OzerYaman S, Aliyazicioglu Y, 2018a. *Primula vulgaris* extract induces cell cycle arrest and apoptosis in human cervix cancer cells. *J Pharm Anal*, 8(5): 307-311.
- Demir S, Turan I, Aliyazicioglu Y, 2018b. Cytotoxic effect of *Rhododendron luteum* leaf extract on human cancer cell lines. *KSU J Agric Nat*, 21(6): 950-956.
- Demir S, Turan I, Aliyazicioglu Y, 2019. Antioxidant properties of *Primula vulgaris* flower extract and its cytotoxic effect on human cancer cell lines. *KSU J*

- Agric Nat*, 22(1): 78-84.
- Gbaweng AJY, Daïrou H, Zingué S, Emmanuel T, Tchinda AT, Frédéric M, Mbafor JT, 2018. Excelsanone, a new isoflavonoid from *Erythrina excelsa* (Fabaceae), with in vitro antioxidant and in vitro cytotoxic effects on prostate cancer cells lines. *Nat Prod Res*, 1-9/ doi: 10.1080/14786419.2018.1495639, In Press.
- Hussein SAM, El-Mesallamy AMD, Souleman AMA, Mousa MA, 2016. Cytotoxic activity of bioactive compound from *Caesalpinia ferrea* Martius, *Fabaceae*. *IJPPR*, 8(12): 2080-2084.
- Jantova S, Nagy M, Ruzeková L, Grancai D, 2001. Cytotoxic effects of plant extracts from the families Fabaceae, Oleaceae, Philadelphaceae, Rosaceae and Staphyleaceae. *Phytother Res*, 15(1): 22-25.
- Kim C, Kim B, 2018. Anti-cancer natural products and their bioactive compounds inducing ER stress-mediated apoptosis: A review. *Nutrients*, 10(8): 1021. doi: 10.3390/nu10081021.
- Kocabas YZ, Ilcim A, 2016. Anatomical features of *Dorycnium* Miller. (*Fabaceae*) species growing in Turkey. *Karaelmas Sci Eng J*, 6(1): 83-89.
- Kumar RS, Murugananthan G, Rajkapoor B, 2017. Anticarcinogenic potential of ethanol extract of *Indigofera cordifolia* Roth. (Fabales: Fabaceae) on diethylnitrosamine induced hepatocarcinogenesis in rats. *Braz J Biol Sci*, 4(7): 53-66.
- Lacerda LP, Malaquias G, Peron AP, 2014. Antiproliferative action of aqueous extracts of *Hymenaea stigonocarpa* Mart. (Fabaceae) on the cell cycle of *Allium cepa* L. *An Acad Brasil Cienc*, 86(3): 1147-1150.
- Lopes FC, Calvo TR, Colombo LL, Vilegas W, Carlos IZ, 2011. Immunostimulatory and cytotoxic activities of *Indigofera suffruticosa* (Fabaceae). *Nat Prod Res*, 25(19): 1796-1806.
- Martin-Cordero C, Leon-Gonzalez AJ, Calderon-Montano JM, Burgos-Moron E, Lopez-Lazaro M, 2012. Pro-oxidant natural products as anticancer agents. *Curr Drug Targets*, 13(8): 1006-1028.
- Mentese U, Dogan OV, Turan I, Usta S, Dogan E, Oztas Mentese S, Demir S, Ozer T, Aykan AC, Alver A, 2014. Oxidant-antioxidant balance during on-pump coronary artery bypass grafting. *Scientific World Journal*, Article ID 263058, doi: 10.1155/2014/263058.
- Moreno MI, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA, 2000. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J Ethnopharmacol*, 71(1-2): 109-114.
- Mosmann T, 1983. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity assays. *J Immunol Methods*, 65: 55-63.
- Noufou O, Sawadogo WR, Tibiri A, Lompo M, Dijoux MG, Diederich M, Guissou IP, 2016. Phenolic contents and in vitro pharmacological activities of methanolic extract of *Pterocarpus erinaceus* Poir. stem bark (Fabaceae). *BJPR*, 10(2): 1-7.
- Ozkan MT, Aliyazicioglu R, Demir S, Misir S, Turan I, Yildirmis S, Aliyazicioglu Y, 2017. Phenolic characterisation and antioxidant activity of *Primula vulgaris* and its antigenotoxic effect on fibroblast cells. *Jundishapur J Nat Pharm Prod*, 12(1): e40073, doi: 10.5812/jjnpp.40073.
- Phani Kumar K, Shyam Prasad K, Lakshmi Sudeepthi N, Ravi Chandra SRD, Abdul Rahaman S, Madan Ranjith P, 2014. In vitro cytotoxic activity of aqueous extract of *Delonix elata* (L.) gamble (Fabaceae) leaves on MCF-7 and HepG2 cell lines. *IJPT*, 2(2): 70-75.
- Rathi SG, Suthar M, Patel P, Bhaskar VH, Rajgor NB, 2009. In-vitro cytotoxic screening of *Glycyrrhiza glabra* L. (Fabaceae): a natural anticancer drug. *J Young Pharm*, 1(3): 239-243.
- Ravishankar D, Rajora AK, Greco F, Osborn HM, 2013. Flavonoids as prospective compounds for anti-cancer therapy. *Int J Biochem Cell Biol*, 45(12): 2821-2831.
- Slinkard K, Singleton VL, 1977. Total phenol analyses: automation and comparison with manual methods. *Am J Enol Viticult*, 28: 49-55.
- Sobeh M, El-Hawary E, Peixoto H, Labib RM, Handoussa H, Swilam N, El-Khatib AH, Sharapov F, Mohamed T, Krstin S, Linscheid MW, Singab AN, Wink M, Ayoub N, 2016. Identification of phenolic secondary metabolites from *Schotia brachypetala* Sond. (Fabaceae) and demonstration of their antioxidant activities in *Caenorhabditis elegans*. *Peer J*, 4: e2404, doi: 10.7717/peerj.2404.
- Stefanović OD, Tešić JD, Čomić LR, 2015. *Melilotus albus* and *Dorycnium herbaceum* extracts as source of phenolic compounds and their antimicrobial, antibiofilm, and antioxidant potentials. *J Food Drug Anal*, 23(3): 417-424.
- Teyeb H, Zanina N, Neffati M, Douki W, Najjar MF, 2012. Cytotoxic and antibacterial activities of leaf extracts of *Astragalus gombiformis* Pomel (Fabaceae) growing wild in Tunisia. *Turk J Biol*, 36: 53-58.
- Turan I, Deger O, Aliyazicioglu Y, Demir S, Kilinc K, Sumer A, 2015. Effects of Turkish propolis on expression of hOGG-1 and NEIL-1. *Turk J Med Sci*, 45(4): 804-811.
- Turan I, Demir S, Kilinc K, Arslan Burnaz N, Ozer Yaman S, Akbulut K, Mentese A, Aliyazicioglu Y, Deger O, 2017a. Antiproliferative and apoptotic effect of *Morus nigra* extract on human prostate cancer cells. *Saudi Phar J*, 25(2): 241-248.
- Turan I, Demir S, Kilinc K, Aliyazicioglu Y, Alver A, Misir S, Ozer Yaman S, Akbulut K, Mentese A, Deger O, 2017b. *Morus rubra* extract induces G₁ cell cycle arrest and apoptosis in human lung and prostate cancer cells. *IJPER*, 51(1): 51-58.

- Usta C, Yıldırım AB, Turker AU 2014. Antibacterial and antitumour activities of some plants grown in Turkey. *Biotechnol Biotechnol Equip*, 28(2): 306-315.
- Yalcin CO, Aliyazicioglu Y, Demir S, Turan I, Bahat Z, Misir S, Deger O, 2016. Evaluation of radioprotective effect of Turkish propolis on foreskin fibroblast cells. *J Cancer Res Ther*, 12(2): 990-994.
- Zhang J, Nishimoto Y, Tokuda H, Suzuki N, Yasukawa K, Kitdamrongtham W, Akazawa H, Manosroi A, Manosroi J, Akihisa T, 2013. Cancer chemopreventive effect of bergenin from *Peltophorum pterocarpum* wood. *Chem Biodivers*, 10(10): 1866-1875.
- Zingue S, Tchoumtchoua J, Ntsa DM, Sandjo LP, Cisilotto J, Nde CBM, Winter E, Awounfack CF, Ndinteh DT, Clyne C, Njamen D, Halabalaki M, Creczynski-Pasa TB, 2016. Estrogenic and cytotoxic potentials of compounds isolated from *Millettia macrophylla* Benth (Fabaceae): towards a better understanding of its underlying mechanisms. *BMC Complement Altern Med*, 16(1): 421.

Katı Faz Fermantasyon Tekniği ile *Bacillus circulans* ATCC 4516'dan Ekstrasellüler β -Galaktosidaz Üretimi

Besi SERİN¹, Nurullah AKCAN²

¹Dicle Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 21280, Diyarbakır, ²Siirt Üniversitesi, Sağlık Yüksekokulu, Siirt, TÜRKİYE.

¹<https://orcid.org/0000-0002-7659-3813>, ²<https://orcid.org/0000-0003-3960-9553>

✉: beserin@hotmail.com

ÖZET

Çoğu mikrobiyal enzim, derin fermantasyonu ile üretilmesine rağmen, katı faz fermantasyonu (KFF) ile tarımsal atıkların substrat olarak kullanılmasıyla enzimlerin üretimi daha ekonomik hale gelir. Enzim üretim sürecini KFF açısından kayda değer ölçüde ucuz hale getirmek için, maliyeti düşük substratların kullanımı büyük ilgi görmektedir. Bu çalışmada, KFF yönteminde substrat olarak pirinç kepeği kullanılarak *Bacillus circulans* ATCC 4516'dan β -galaktosidaz üretimi ve enzim üretimine etki eden bazı parametrelerin etkisi incelendi. İnkübasyon zamanı, inkübasyon sıcaklığı, inokülüm seviyesi, başlangıç pH'sını içeren belirli fermantasyon parametreleri ayrı ayrı incelendi. Maksimum miktarda β -galaktosidaz üretimi; %35 inokülüm oranı, pH 7.5, 37°C'de ve 48. saatte elde edildi. Ayrıca fermantasyon ortamına çeşitli karbon ve azot kaynakları eklenerek β -galaktosidaz üretimi üzerine etkisi incelendi. Elde edilen sonuçlara göre ortama eklenen karbon ve azot kaynakları enzim üretimini baskıladı. Son zamanlarda endüstriyel önemi olan enzimlerin daha ekonomik bir şekilde üretilmesine yönelik çalışmalara olan ilgi artmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre pirinç kepeği substrat olarak kullanılarak *Bacillus circulans* ATCC 4516'dan düşük maliyetle β -galaktosidaz enzimi üretilebilir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 27.12.2018

Kabul Tarihi : 22.02.2019

Anahtar Kelimeler

Bacillus circulans ATCC 4516

β -galaktosidaz

Katı faz fermantasyon

Optimizasyon

Solid State Fermentation for Production of Extracellular β -Galactosidase from *Bacillus circulans* ATCC 4516

ABSTRACT

Although most microbial enzymes are produced by submerged fermentation, the use of agricultural wastes as substrates in solid state fermentation (SSF) makes the production of enzymes more economical. The use of economic substrates is of great interest for making the enzyme production process significantly cheaper for SFF. The aim of this study was to investigate the effect of some parameters on the production of β -galactosidase from *Bacillus circulans* ATCC 4516 using rice bran as substrate in solid state fermentation (SFF) method. Certain fermentation parameters involving incubation time, incubation temperature, inoculum level and initial pH were studied separately. Maximal amount of β -galactosidase production was obtained at 35% inoculum level, at initial pH of 7.5, at 37°C over 48 h. In addition, various carbon and nitrogen sources were added to fermentation medium and the effect on β -galactosidase production was investigated. According to the results, carbon and nitrogen sources which added to the environment suppressed the enzyme production.

Research Article

Article History

Received : 27.12.2018

Accepted : 22.02.2019

Keywords

Bacillus circulans ATCC 4516

β -galactosidase

Solid state fermentation

Optimization

To Cite : Serin B, Akcan N 2019. Katı Faz Fermantasyon Tekniği ile *Bacillus circulans* ATCC 4516'dan Ekstrasellüler β -Galaktosidaz Üretimi. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 22(3): 480-486. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.503414.

GİRİŞ

Hidrolazlar, endüstriyel uygulama alanı gittikçe artan enzimler arasında yer almaktadır. Özellikle

laktozun galaktoz ve glukoza hidrolizini katalizleyen β -galaktosidaz veya β -D-galaktosid galaktohidrolaz (EC 3.2.1.23), özel bir öneme sahiptir (Manera ve

ark., 2008). Bu enzim, dünya nüfusunun %70'inden fazlasında görülen laktoz intoleransı olan insanların süt ve süt ürün türevlerinin tüketimi için kullanılmaktadır (Liua ve ark., 2017). Ayrıca, donmuş ve yoğunlaştırılmış süt ürünlerindeki laktoz kristalizasyonunun önlenmesi, süt endüstrisinde atık olarak meydana gelen ve önemli çevre kirliliği sorunlarına neden olan peynir altı suyu (Geiger ve ark., 2016) kaynaklı su kirliliğinin azaltılması ve laktozun tatlandırıcı özelliklerinin artırılması amacıyla kullanılmaktadır (Furlan ve ark., 2000). Transglükosilasyon aktivitesine sahip olmalarıyla bu enzimler çok umut verici prebiyotik ajanlar olan oligosakkaritlerin üretimi için de yaygın olarak kullanılmaktadır (Rycroft ve ark., 2001; Rhimi ve ark., 2010; Coulier ve ark., 2009).

β -Galaktosidaz, bitkiler, hayvanlar ve mikroorganizmalar gibi çeşitli kaynaklarda bulunmaktadır ve kaynaklarına göre özellikleri belirgin bir şekilde farklılık göstermektedir (Finocchiaro ve Olson, 1980; Mahoney, 1998). Bununla birlikte, laktozun hidrolizinde mikrobiyal kaynaklı enzimler kullanılmaktadır (Das ve ark., 2015). Bu yüzden, mikrobiyal kaynaklı β -galaktosidazlar büyük bir teknolojik ilgiye sahiptir. Mikroorganizmalar diğer kaynaklara göre kolay kullanım, kolay elde edilme, yüksek üretim verimi gibi bir dizi avantaj sunar. β -galaktosidaza duyulan ticari ilgiden dolayı, bu enzimin potansiyel kaynakları olan çok sayıda mikroorganizma değerlendirilmiştir (Panesar ve ark., 2006).

Bacillus circulans'den elde edilen β -galaktosidazın, oldukça fazla miktarda oligosakkarit ürettiği ve β -1-4 bağlantısının oluşumuna yönelik spesifik bir bölgesel seçicilik gösterdiği bilinmektedir (Vetere ve Paoletti, 1998). Bu enzim için artan endüstriyel talep, ticari ölçekte laktoz hidrolizini daha ekonomik olarak gerçekleştirmek için uygun maliyetli üretim yöntemleri gerektirir (Nor ve ark., 2001). β -galaktosidaz üretim maliyetinde azalma çok önemlidir. β -galaktosidaz üreten mikroorganizmaların kültürü için pirinç kabuğu, pirinç kepeği ve buğday kepeği gibi bol miktarda bulunan lignoselülozik mahsul artıklarının kullanımı bu amaca ulaşmak için bir fırsat sunmaktadır. β -galaktosidaz üretimi amacıyla, substratları değerlendirmede yüksek aktiviteye sahip olan ve seçilen mikroorganizma için optimize edilmiş fermantasyon koşullarını tanımlayan mikroorganizmaları seçmeye yönelik bazı araştırmalar yapılmıştır. (Manera ve ark., 2008; Domingues ve ark., 2004; Ramírez ve Rivas, 2003). Geleneksel derin fermantasyonda kullanılacak maksimum substrat konsantrasyonu sadece %2-10'dur. Substrat konsantrasyonunu %10'un üzerine çıkarmak için KFF en çekici alternatif olarak görülmektedir (Ng ve ark., 2010).

KFF katı matris içeren serbest halde suyun olmadığı ortamlarda yürütülen fermantasyon süreci olarak tanımlanmıştır. Bununla birlikte, substrat organizmanın büyümesini ve metabolizmasını desteklemek için yeterli neme sahip olmalıdır (Singhania ve ark., 2009; Pandey, 2003). Bir yandan düşük maliyetli tarımsal artıkların kullanılmasıyla KFF, sürecin daha ekonomik olarak uygulanabilirliğine katkıda bulunurken, diğer yandan kirliliğe neden olan atık sorununu çözmektedir (Singhania ve ark., 2009). KFF, endüstriyel-tarım atıklarının işlenmesinde sayısız fırsatlar sunmaktadır ve enzimlerin üretimi için muazzam bir potansiyele sahiptir (Kunamneni ve ark., 2005; Pandey, 2003). KFF, daha geleneksel olan, Sıvı Faz Fermantasyonuna (SmF) göre düşük üretim maliyeti, su ve enerji tasarrufu, daha az atık sorunu ve daha konsantre ürün elde edilmesiyle ürünün stabilitesini koruması gibi çeşitli avantajlara sahiptir (Pandey, 2003; Holker ve Lenz, 2005). Yapılan çalışmalarla umut verici laboratuvar ölçekli KFF süreçleri periyodik olarak rapor edilmiştir (Vasiljevic ve Jelen, 2001; Lazim ve ark., 2009; Ng ve ark., 2010; Chapla ve ark., 2010).

Bu çalışmada, KFF yönteminde substrat olarak tarımsal bir atık olan pirinç kepeği kullanılarak *B. circulans* ATCC 4516'dan β -galaktosidaz üretimi ve enzim üretimi üzerine etki eden inkübasyon süresi, inkübasyon sıcaklığı, pH, inokulum oranı, ortama eklenen azot ve karbon kaynakları gibi çevresel parametrelerin optimize edilmesi aynı zamanda düşük maliyetli uygun fermantasyon ortamının geliştirilmesi amaçlandı.

MATERYAL VE METOT

Mikroorganizma

Biyolojik materyal olarak MicroBioLogics Inc'den temin edilen ve β -galaktosidaz üretiminden sorumlu olan *B. circulans* ATCC 4516 kullanıldı. *B. circulans* ATCC 4516 nutrient katı besiyerinde 37°C'de 24 saat boyunca üremeye bırakıldı. Yeterince üreyen hücreler daha sonra bir öze yardımıyla Luria broth (LB) (%1 maya özütü, %0.5 pepton, %0.5 NaCl, (w v⁻¹), pH 7.0) sıvı besiyeri ortamına transfer edildi.

Substrat

Çalışmada katı substrat olarak kullanılan pirinç kepeği Diyarbakır/Türkiye'de ki yerel pazardan temin edildi. Çalışmada kullanılan pirinç kepeği öğütüldükten sonra farklı çaplardaki elekler (500-2000 μ m çaplı) yardımıyla elendi ve 90°C'de 3 saat kurutuldu.

Katı Faz Fermantasyon (KFF)

Kurutulmuş substrat besiyeri ortamında %30 (w v⁻¹) olacak şekilde 3.0 g ve 1500 μ m parça

büyükliğindeki pirinç kepeği kullanılarak 100 mL'lik erlenmayerlere aktarıldı, üzerlerine 10 mL çeşme suyu eklendi ve 121°C'de 15 dk otoklavlandı. 3.0 mL spor suspansiyonu (2×10^7 KOB mL⁻¹) ile inoküle edildi şişeler 150 rpm'de 37°C'de 144 saat çalkalanmaya bırakıldı. İnkübasyon süresi sonunda kültür ortamı steril gazlı bezle (500 µm gözenek çapında) süzülükten sonra 7.000 rpm'de 5 dk santrifüj edildikten sonra üst sıvı alınarak enzim aktivite deneylerinde kullanıldı (Baysal ve ark., 2003).

Enzim Aktivite Tayini

Enzim aktivite tayininde, 0.1 M fosfat tamponu (pH 6.8) ve 200 µL enzim çözeltisi içinde 500 µL 6 mM o-nitrofenil-D-galaktopiranozit (ONPG) ihtiva eden reaksiyon karışımı, 30 dk boyunca 37°C'de inkübe edildi. Reaksiyon, 0.5 µL 1 M Na₂CO₃ eklenerek sonlandırıldı ve ONPG'den salınan o-nitrofenol (ONP) konsantrasyonu 420 nm'de absorbans ölçülerek (UV VIS⁻¹ 1601 spektrofotometre) belirlendi. Bir ünite β-galaktosidaz aktivitesi (U), dakikada 1 nmol ONP açığa çıkaran enzim miktarı olarak tanımlandı (Vasiljevic ve Jelen, 2001). Tüm deneyler üç defa yapıldı ve ortalama standart sapma ile gösterildi.

Protein Miktar Tayini

Protein miktar tayini bovine serum albumin (BSA) standart olarak kullanılarak Lowry yöntemine göre belirlendi (Lowry ve ark., 1951).

KFF'de Bazı Parametrelerin B-Galaktosidaz Üretimi Üzerine Etkisi

KFF sırasında enzim üretimini etkileyen çeşitli süreç parametreleri optimize edildi. Strateji, her bir parametreyi diğerlerinden bağımsız olarak optimize etmek ve daha sonra tüm deneylerde optimal koşullar kullanmaktır. İnkübasyon zamanı (24, 48, 72, 96, 120 ve 144 saat), inkübasyon sıcaklığı (30, 37, 40, 45 ve 50°C), inokulum oranı (%5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 60 ve 80), ortamın başlangıç pH'sı (pH: 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5, 8.0, 8.5, 9.0, 9.5, 10.0) gibi parametrelerin etkisi incelendi. Ayrıca fermantasyon ortamına %1 oranında inorganik azot kaynakları (amonyum nitrat, sodyum nitrat, amonyum klorid ve amonyum sülfat), organik azot kaynakları (pepton, tripton, maya özütü, et özütü, üre ve kazein) ve karbon kaynakları (mannoz, ksiloz, sükroz, fruktoz, galaktoz, glukoz ve arabinoz) eklenerek β-galaktosidaz üretimi üzerine etkileri incelendi.

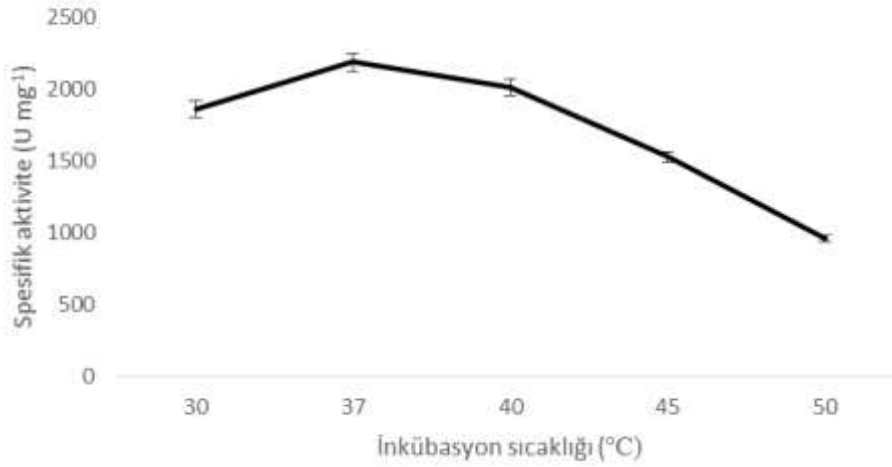
BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada β-galaktosidaz üretiminin maliyetini düşürmek amacıyla bir tarım atığı olan ve çevre kirliliğine neden olan düşük maliyetli pirinç kepeği kültür ortamı olarak seçildi. Substrat olarak pirinç

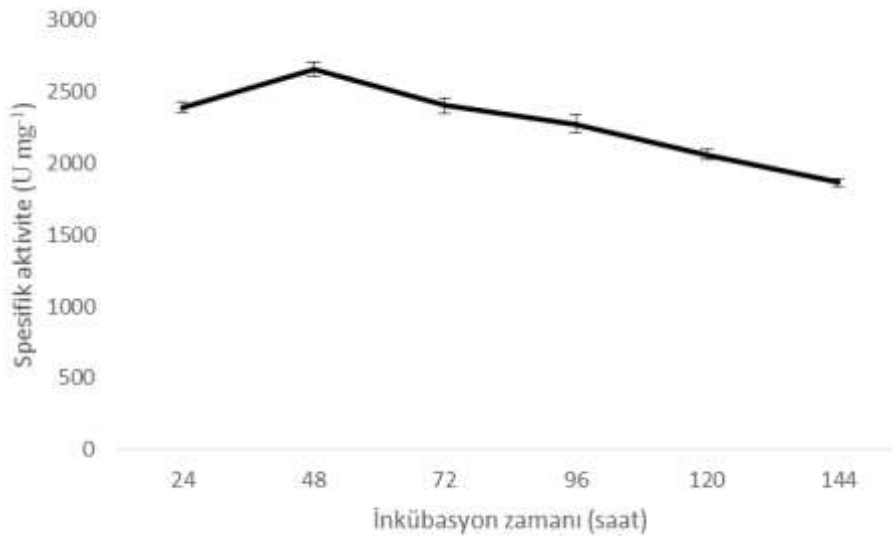
kepeği kullanılmasıyla yüksek oranda (3875.4±8.3) β-galaktosidaz üretimi elde edildi. Pirinç kepeği bileşimi yaklaşık %10 protein, %10 nem, %20 ham lif, %15 ham yağ ve %45 karbonhidrattır. (Amisshah ve ark., 2003). Pirinç kepeğinin karbonhidrat içeriğinin yüksek olması, muhtemelen bakterinin bu içeriği iyi bir şekilde metabolize etmesine, daha iyi üremesi için uygun ortam hazırlanmasına ve bu sayede ortamda enzim sekresyonunun artmasına neden olduğu söylenebilir. Pirinç kepeği, *T. reesei* ve *P. citrinum* YS40-5 tarafından selüloz ve beta glukosidaz üretimi için ideal bir substrat olarak kabul edilmiştir (Ng ve ark., 2010; Latifian ve ark., 2007).

Sıcaklık kontrolü, KFF'nin gerçekleştirilmesinde en önemli faktörlerden biridir ve dikkate alınmalıdır (Nizamuddin ve ark., 2008). Fermantasyon sırasında sıcaklığın enzim üretimi üzerindeki etkisi incelendiğinde, maksimum β-galaktosidaz üretimi (2188.3±61.0 U mg⁻¹) için optimum sıcaklık 37°C olarak tespit edildi (Şekil 1). Çalışmada kullanılan mikroorganizma mezofil özellikte olduğundan daha yüksek inkübasyon sıcaklıklarına gerek duyulmaması, enzim üretim maliyetini azaltmaktadır. Furlan ve ark. (2000) *K. marxianus*'tan maksimum β-galaktosidaz üretimi için optimum 35°C'lik bir sıcaklık gerektiğini belirtmişlerdir. β-galaktosidaz üretimi üzerine inkübasyon süresi etkisi Şekil 2'de verilmiştir. Pirinç kepeği kullanılarak fermantasyon işlemi gerçekleştiğinde 48 saatlik inkübasyon süresinde en fazla enzim üretimi (2658.4±45.0 U mg⁻¹) gerçekleşti. Optimum sürenin üzerindeki inkübasyon zamanlarında enzim üretiminde azalma tespit edildi. Fermantasyon sürecinde inkübasyon zamanının kısa olması enzim üretim maliyetini azaltan bir etmendir. Bu azalmanın nedeni fermantasyon işlemi sırasında ortam pH değerindeki değişimlere bağlı olarak enzim denatürasyonuna bağlı olabilir (Ahmed, 2008). Mukesh Kumar ve ark. (2012) *Bacillus* sp. MPTK121'den maksimum β-galaktosidaz üretimini 48. saatte elde etmişlerdir.

İnokulum oranı, enzim üretiminde önemli bir rol oynar ve bu nedenle bu parametrenin de uygun bir şekilde kontrol edilmesi gerekir. Fermantasyon işlemi sırasında enzim üretimi için optimum inokulum oranı (2580.3±19.3 U/mg) %35 olarak bulunmuştur (Şekil 3). İnokulum oranındaki artış genelde organizmanın büyüme ve büyüme ile ilişkili aktivitelerine belirli bir seviyeye kadar olumlu etki yapar. Ancak inokulum oranındaki daha fazla artış besin sınırlanmasından dolayı mikrobiyal aktivitede azalmaya neden olabilir. Düşük inokulum oranı, istenen ürünü elde etmek için fermantasyon işleminde daha uzun bir süre gerektirebilir (Kashyap ve ark., 2002). Çoğu mikroorganizma, hücre büyümesi ve enzim üretimi için hücre dışı pH'ya güçlü bağımlılık gösterir (Kumar ve Takaki, 1999).



Şekil 1. İnkübasyon sıcaklığının β -galaktosidaz üretimi üzerine etkisi



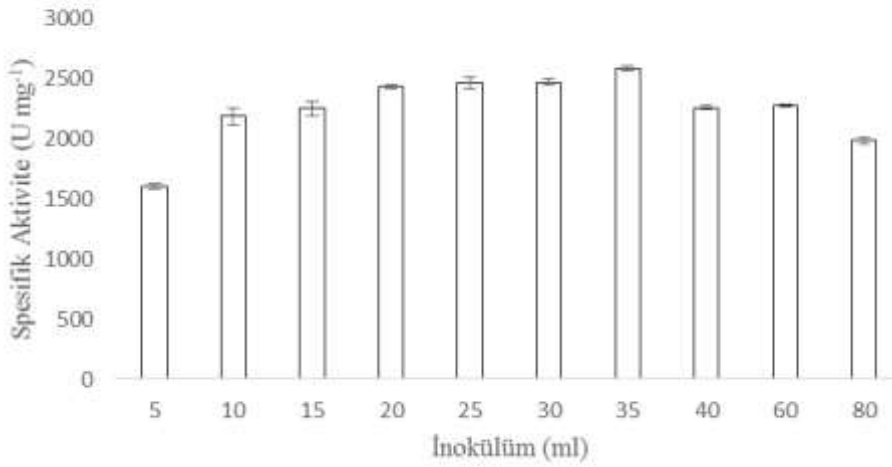
Şekil 2. İnkübasyon süresinin β -galaktosidaz üretimi üzerine etkisi

Elde ettiğimiz sonuçlar, pH değerinin asidik aralıktan nötral aralığa doğru yükselmesiyle β -galaktosidaz üretiminin arttığını ve pH 7.5'te maksimum üretimin (3137.2 ± 21 U mg⁻¹) olduğunu gösterdi. pH değerindeki artış *B. circulans* ATCC 4516'dan elde edilen β -galaktosidaz üretiminde azalmaya neden oldu (Şekil 4). β -galaktosidaz üretimi ortamın doğasından meydana gelen besinlerin çözünmesi ve transferinden kaynaklanan pH değişimlerine bağlı olarak etkilenebilir. Elde edilen sonuçlar enzim üretiminde ve *B. circulans* ATCC 4516'nın fermantasyon ortamında büyümesinde pH'nın hassas bir rol oynadığını gösterdi. Benzer bir şekilde, Hsu ve ark. (2005) *B. longum* CCRC 15708'den başlangıç pH 6.5'te maksimum β -galaktosidaz üretimi olduğunu bildirmişlerdir.

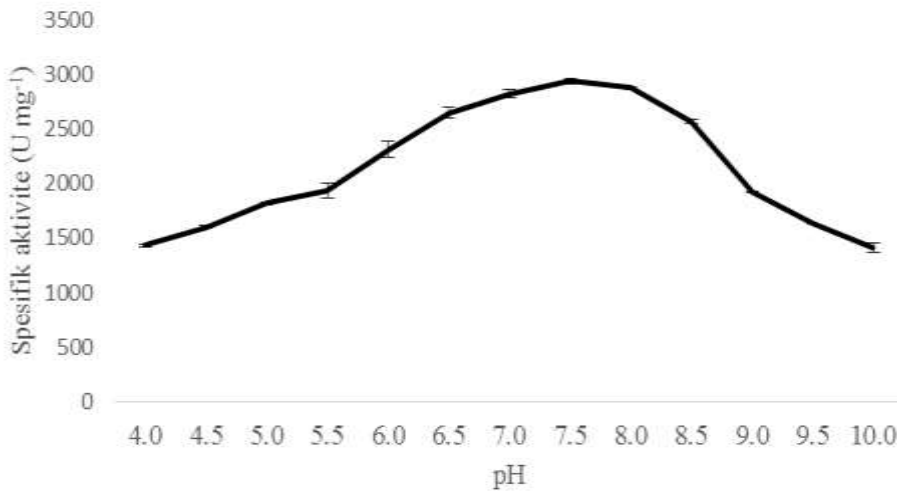
Otoklav sonrası, fermantasyon ortamının pH değeri değişebilir ancak genel olarak KFF işleminde kullanılan endüstriyel-tarım atıkları eşsiz bir tamponlama etkisine sahip olmalarıyla enzim üretimi için avantajlara sahiptirler (Murthy ve ark., 2009).

B. circulans ATCC 4516'dan β -galaktosidaz üretimi üzerine KFF ortamına %1 oranında eklenen karbon kaynaklarının etkisi incelendiğinde kolayca metabolize edilebilir şekerlerin enzim üretimini baskıladığı tespit edildi (Çizelge 1).

Benzer şekilde Konsoula ve Liakopoulou-Kyriakides (2007) *B. subtilis* tarafından β -galaktosidaz üretiminin, mikroorganizmanın kolayca metabolize edilebilir şekerlerin varlığında kültür edildiğinde baskılandığını rapor etmişlerdir.



Şekil 3. İnokülüm oranının β-galaktosidaz üretimi üzerine etkisi



Şekil 4. Başlangıç pH'nın β-galaktosidaz üretimi üzerine etkisi

Çizelge 1. Karbon kaynaklarının β-galaktosidaz üretimi üzerine etkisi

Karbon kaynağı (%1)	Spesifik aktivite (U mg ⁻¹)
Kontrol*	3875.4±8.3
Mannoz	779.3±26.0
Arabinoz	219.1±12.8
Sukroz	1508.3±13.0
Glukoz	49.7±15.7
Galaktoz	2228.2±12.1
Fruktoz	3071.6±14.9
Laktoz	777.1±13.8
Ksiloz	1060.7±15.6

*Kontrol olarak kullanılan örneğe herhangi bir karbon kaynağı eklenmedi (p < 0.05).

Buna karşın, Nizamuddin ve ark. (2008) pirinç kepeğinin substrat olarak kullanıldığı fermantasyon ortamına eklenen kolay metabolize edilebilen

karbonhidratların *A. oryzae*'dan β-galaktosidaz üretimini arttırdığını tespit etmişlerdir.

KFF ortamına %1 oranında eklenen inorganik ve organik azot kaynakları kontrol ile karşılaştırıldığında enzim veriminde önemli bir artışa neden olmadı (Çizelge 2). Bu çalışmada kullanılan pirinç kepeği iyi bir karbon kaynağı olmasının yanında aynı zamanda iyi bir azot kaynağı olarak hizmet etmekte ve böylece fermantasyon ortamına eklediğimiz kompleks azot kaynağındaki artış ile birlikte β-galaktosidaz üretimi olumsuz yönde etkilenmiş olabilir. Bu da enzim üretim maliyeti açısından önemlidir. Bunun yanında daha önce yapılan bir çalışmada, ortama eklenen farklı organik ve inorganik azot kaynaklarının β-galaktosidaz üretimini arttırdığı tespit edilmiştir (Nizamuddin ve ark. 2008).

Çizelge 2. Azot kaynaklarının β -galaktosidaz üretimi üzerine etkisi

Azot kaynağı (%1)	Spesifik aktivite (U mg ⁻¹)
Kontrol*	3875.4±8.3
Sodyum nitrat	1387.0±16.8
Amonyum sülfat	1756.4±10.0
Amonyum nitrat	1081.1±11.6
Amonyum klorür	2502.8±15.8
Et özütü	749.6±2.0
Tripton	582.0±10.4
Pepton	940.5±13.5
Maya özütü	1553.8±16.9
Üre	571.9±18.5
Kazein	702.3±15.4

*Kontrol olarak kullanılan örneğe herhangi bir azot kaynağı eklenmedi ($p < 0.05$).

SONUÇ

Substrat olarak pirinç kepeğinin KFF yönteminde kullanılması, *B. circulans* ATCC 4516'dan β -galaktosidaz üretimine önemli bir avantaj sağladığını göstermiştir. Enzim üretim parametreleri ve yöntemin ekonomik olması süreç teknolojisini ve nispi maliyetleri belirleyen temel niteliklerdir. β -galaktosidaz'ın fiyatı oldukça yüksektir. Bu sorun, substrat olarak çeşitli tarımsal atıkların kullanıldığı KFF yöntemi ile aşılabılır. Mevcut çalışmaya dayanarak, ucuz ve hali hazırda temin edilebilen tarımsal bir madde olan pirinç kepeğinin, yüksek verimde β -galaktosidaz elde etmek için uygun ve ekonomik bir fermantasyon ortamının geliştirilmesi ile ticari ve daha pahalı işlemlerin yerini alabileceği, elde edilen enzimin olası endüstriyel kullanımları için önemli avantajlar oluşturabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Ahmed SA, 2008. Optimization of production and extraction parameters of *Bacillus megaterium* levansucrase using solid-state fermentation. *Journal of Applied Sciences Research*, 4(10): 1199-1204.

Amissah JGN, Ellis WO, Oduro I, Manful JT, 2003. Nutrient composition of bran from new rice varieties under study in Ghana. *Food Control*, 14(1): 21-24.

Baysal Z, Uyar F, Aytakin Ç, 2003. Solid state fermentation for production of α -amylase by a thermotolerant *Bacillus subtilis* from hot-springwater. *Process Biochemistry*, 38(12): 1665-1668.

Chapla D, Divecha J, Madamwar D, Shah D, 2010. Utilization of agro-industrial waste for xylanase production by *Aspergillus foetidus* MTCC 4898 under solid state fermentation and its application in saccharification. *Biochemical Engineering Journal*, 49(3): 361-369.

Coulier L, Timmermans J, Bas R, Van Den Dool R, Haaksman I, Klarenbeek B, Slaghek T, Van

Dongen W, 2009. In-depth characterization of prebiotic galacto-oligosaccharides by a combination of analytical techniques. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 57(18): 8488-8495.

Domingues L, Oliveira C, Castro I, Lima N, Teixeira JA, 2004. Production of β -galactosidase from recombinant *Saccharomyces cerevisiae* grown on lactose. *Journal of Chemical Technology Biotechnology*, 79(8): 809-815.

Das B, Roy AP, Bhattacharjee S, Chakraborty S, Bhattacharjee C, 2015. Lactose hydrolysis by β -galactosidase enzyme: optimization using response surface methodology. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 121: 244-252.

Finocchiaro T, Olson NF, Richardson T, 1980. Use of immobilized lactase in milk systems. *Advanced in Biochemical Engineering*, 15: 71-88.

Furlan SA, Schneider ALS, Merkle R, Carvalho-Jonas MF, Jonas R, 2000. Formulation of a lactose-free, low-cost culture medium for the production of β -D-galactosidase by *Kluyveromyces marxianus*. *Biotechnology Letters*, 22(7): 589-593.

Geiger B, Nguyena HM, Weniga S, Nguyena HA, Lorenza C, Kittl R, Mathiesend G, Eijsink VGH, Haltricha D, Nguyena TH, 2016. From by-product to valuable components: Efficient enzymatic conversion of lactose in whey using β -galactosidase from *Streptococcus thermophilus*. *Biochemical Engineering Journal*, 116: 45-53

Holker U, Lenz J, 2005. Solid-state fermentation-are there any biotechnological advantages? *Current Opinion Microbiology*, 8(3): 301-306.

Hsu CA, Yu RC, Chou CC, 2005. Production of β -galactosidase by *Bifidobacteria* as influenced by various culture conditions. *Graduate International Journal of Food Microbiology*, 104(2): 197-206.

Kashyap P, Sabu A, Pandey A, Szakas G, Soccol CR, 2002. Extracellular L-glutaminase production by *Zygosaccharomyces rouxii* under solid state fermentation. *Process Biochemistry*, 38(3): 307-312.

Konsoula Z, Liakopoulou-Kyriakides M, 2007. Co-production of α -amylase and β -galactosidase by *Bacillus subtilis* in complex organic substrates. *Bioresource Technology*, 98(1): 150-157.

Kumar CG, Takaki H, 1999. Microbial alkaline proteases: from a bio-industrial point of view. *Biotechnology Advances*, 17(7): 561-594.

Kunamneni A, Permaul K, Singh S, 2005. Amylase production in solid state fermentation by the thermophilic fungus *Thermomyces lanuginosus*. *Journal of Bioscience Bioengineering*, 100(2): 168-171.

Latifian M, Hamidi-Esfahani Z, Barzegar M, 2007. Evaluation of culture conditions for cellulase production by two *Trichoderma reesei* mutants under solid-state fermentation conditions. *Bioresource Technology*, 98(18): 3634-3637.

- Lazim H, Mankai H, Slama N, Barkallah I, Limam F, 2009. Production and optimization of thermophilic alkaline protease in solid-state fermentation by *Streptomyces* sp. CN902. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 36(4): 531-537.
- Liua Y, Chenb Z, Jianga Z, Yanb Q, Yang S, 2017. Biochemical characterization of a novel β -galactosidase from *Paenibacillus barengoltzii* suitable for lactose hydrolysis and galactooligosaccharides synthesis. *International Journal of Biological Macromolecules* 104:1055-1063.
- Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ, 1951. Protein measurement with the folin-phenol reagents. *Journal of Biological Chemistry*, 48: 17-25.
- Manera OP, Ores JC, Ribeiro VA, Burkert CAV, Kalil SJ, 2008. Optimization of the culture medium for the production of β -galactosidase from *Kluyveromyces marxianus* CCT 7082. *Food Technology and Biotechnology*, 46(1): 66-72.
- Mahoney RR, 1998. Galactosyl-oligosaccharide formation during lactose hydrolysis: a review. *Food Chemistry*, 63(2): 147-154.
- Mukesh Kumar DJ, Sudha M, Devika S, Balakumaran MD, Ravi Kumar M, Kalachelvan PT, 2012. Production and Optimization of β -galactosidase by *Bacillus* Sp. MPTK 121, Isolated from Dairy Plant Soil. *Annals of Biological Research*, 3(4): 1712-1718.
- Murthy PS, Naidu MM, Srinivas P, 2009. Production of α -amylase under solid-state fermentation utilizing coffee waste. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 84(8): 1246-1249.
- Ng IS, Li CW, Chan SP, Chir JL, Chen PT, Tong CG, Yu SM, David Ho TH, 2010. High-level production of a thermoacidophilic β -glucosidase from *Penicillium citrinum* YS40-5 by solid-state fermentation with rice bran. *Bioresource Technology*, 101(4): 1310-1317.
- Nizamuddin S, Sridevi A, Narasimha G, 2008. Production of β -galactosidase by *Aspergillus oryzae* in solid-state fermentation. *African Journal of Biotechnology*, 7(8): 1096-1100.
- Nor ZM, Tamer MI, Mehrvar M, Scharer JM, Moo-Young M, Jervis EJ, 2001. Improvement of intracellular β -galactosidase production on fed-batch culture of *Kluyveromyces fragilis*. *Biotechnology Letters*, 23(11): 845-849.
- Pandey A, 2003. Solid-state fermentation. *Biochemical Engineering Journal*, 13 (2-3): 81-84.
- Panesar PS, Panesar R, Singh RS, Kennedy JF, Kumar H, 2006. Review Microbial production, immobilization and applications of β -D-galactosidase. *Journal of Chemical Technology Biotechnology*, 81(4): 530-543.
- Ramírez Matheus AO, Rivas N, 2003. Production and partial characterization of β -galactosidase from *Kluyveromyces lactis* grown in deproteinized whey. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 53(2): 194-201.
- Rycroft CE, Jones MR, Gibson GR, Rastall RA, 2001. A comparative in vitro evaluation of the fermentation properties of prebiotic oligosaccharides. *Journal of Applied Microbiology*, 91(5): 878-887.
- Rhimi M, Boisson A, Dejob M, Boudebouze S, Maguin E, Haser R, Aghajari N, 2010. Efficient bioconversion of lactose in milk and whey: immobilization and biochemical characterization of a β -galactosidase from the dairy *Streptococcus thermophilus* LMD9 strain. *Research in Microbiology*, 161(7): 515-525.
- Singhania RR, Patel AK, Soccol CR, Pandey A, 2009. A. Recent advances in solid state fermentation. *Biochemical Engineering Journal*, 44(1): 13-18
- Vasiljevic T, Jelen P, 2001. Production of β -galactosidase for lactose hydrolysis in milk and dairy products using thermophilic lactic acid bacteria. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2(2): 75-85.
- Vetere A, Paoletti S, 1998. Separation and characterization of three β -galactosidases from *Bacillus circulans*. *Biochimica et Biophysica Acta*, 2: 223-231.

Farklı Gelişme Dönemlerinde Hasat Edilen Saz Bitkisinin (*Phragmites Australis*) Yem Değerinin Belirlenmesi

Selma BÜYÜKKILIÇ BEYZİ¹ , Selim SIRAKAYA² 

¹Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Kayseri, ²Aksaray Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Aksaray

¹ <https://orcid.org/0000-0002-4622-0645>, ² <https://orcid.org/0000-0003-2733-1726>

✉: sbuyukkilic@erciyes.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma, saz bitkisinin (*Phragmites australis*) yem değerini belirlemek amacıyla düzenlenmiştir. Bu amaçla, bitki en uygun hasat zamanı tespiti için 3 farklı gelişim döneminde (Haziran ayı içinde 2 hafta aralıkla) hasat edilmiştir. Hasat sonrası bitki kurutulmuş ve öğütülerek kimyasal analizler ile besinsel özellikleri saptanmıştır. Saz bitkisinin hasat zamanı, kimyasal bileşim (kuru maddede) ve diğer besin değeri unsurlarını önemli derecede etkilemiştir ($P<0.05$). Saz bitkisinin hasat dönemlerine göre ham protein (HP), ham yağ, ham kül, nötr deterjan lif, asit deterjan lif ve asit deterjan lignin içerikleri sırasıyla; %10.63-17.30, %2.05-2.57, %7.65-8.75, %64.0-70.75, %33.26-37.14 ve %3.11-4.20 arasında değişmiştir. Saz bitkisinin metabolik enerji (ME) değeri 2.10-2.15 Mcal/kg KM, nispi yem değeri (NYD) ise 78.72-90.49 arasında bulunmuştur. Araştırma sonucu incelendiğinde saz bitkisinin HP, ME ve NYD değeri bakımından yonca gibi bazı kaba yemlere benzer özellik gösterdiği görülmektedir. Bitki bu özellikleri nedeniyle ruminant beslemede kullanılabilir bir kaba yem olduğu söylenebilir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 07.12.2018

Kabul Tarihi : 31.01.2019

Anahtar Kelimeler

Saz bitkisi (*Phragmites australis*)

Hasat dönemi

Nispi yem değeri

Determination of Feed Value of Common Reed (*Phragmites Australis*) in Different Sowing Periods

ABSTRACT

This study was conducted to determine the feed value of the common reed (*Phragmites australis*). For this purpose, the plant was harvested at 3 different developmental stages (2-week intervals in June) for optimal harvest time determination. After harvesting, the plant was dried and grounded, and then chemical analyzes and nutritional properties were determined. The harvest time were significantly affected the chemical composition (dry matter) and nutritional value of the common reed plant ($P < 0.05$). The common reed plant' crude protein (HP), crude oil, crude ash, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and acid detergent lignin contents were determined as 10.63-17.30%, 2.05-2.57%, 7.65-8.75%, 64.0-70.75%, 33.26-37.14% and 3.11-4.20%, respectively, in the different harvest periods. The metabolic energy (ME) value of the common reed plant was 2.10-2.15 mcal / kg DM and the relative feed value (NYD) was 78.72-90.49. As a result, the common reed plant sustained similar characteristics to some roughages such as alfalfa in terms of HP, ME and NYD. Due to these properties, this plant can be used in ruminant feeding as a roughage feed source.

Research Article

Article History

Received : 07.12.2018

Accepted : 31.01.2019

Keywords

Common reed (*Phragmites australis*)

Sowing periods

Relative feed value

To Cite : Büyükkılıç Beyzi S, Sırakaya S 2019. Farklı Gelişme Dönemlerinde Hasat Edilen Saz Bitkisinin (*Phragmites Australis*) Yem Değerinin Belirlenmesi. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 22(3): 487-491. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.493348.

GİRİŞ

Saz bitkisi (*Phragmites australis*) sulak alanlarda doğal olarak yetişmektedir. Saz bitkisi dünyada başta Amerika, Çin, Avusturya, Danimarka, Almanya, Hollanda, Polonya ve Macaristan olmak üzere hemen

her coğrafyasına dağılmıştır (Csurhes, 2009). Türkiye'de ise özellikle göl kenarlarında (Yay gölü, Mogan gölü, Çöl gölü, Eber gölü ve Uyuz gölü gibi) doğal olarak yetişmektedir (Anonim, 2017). Saz bitkisi dokusu gereği enerji (yakıt) bitkisi olarak

belirlenmiştir (Hidalgo ve Fernandez 2000). Sazlar farklı iklim koşullarında yetişebilen çeşitlere sahip olup, birçoğu çok yıllık ve C3 bitki grubunda yer aldıkları bildirilmektedir (Scragg, 2009). Saz bitkisi genelde güçlü sap yapısına sahip olup, bazı türleri çoklu dal şeklindedirler. Genelde bitki boyu, iklime ve çeşide bağlı olarak 3-9 m arasında boylanabilmekte, olgunlaşmış bitkilerde türe göre sapların içi boş ve çapı 2 cm'ye kadar çıkabilmektedir. Çoğalmasında tohum veya rizomla gerçekleşmektedir (Lewandowski ve ark., 2003; Scragg, 2009). Saz bitkisinin dünyada kültürü yapılmasına rağmen ülkemizde henüz kültürü yapılmamakta sulak alanlarda doğal olarak yetişmektedir (Anonim, 2017). Bitki genellikle yılda bir kez olmak üzere bitkinin toprak üstü aksamı biçilerek hasat edilmektedir. Saz bitkisi iklim, ekim şekli ve gübrelemeye bağlı olarak yılda ortalama 9-63 ton/hektar kuru madde verebildiği bildirilmektedir (Hidalgo ve Fernández, 2000; Lewandowski ve ark., 2003; Öztürk, 2012). Ayrıca düşük ham kül (%4.65) ve yüksek enerji içeriğine (18.87 MJ kg⁻¹) sahip olduğu bildirilmektedir (Williams ve ark. 2013). Bu nedenle bazı Avrupa ülkelerinde saz bitkisi biyo-yakıt olarak kullanılmaktadır. Ayrıca yüksek sellüloz içermesi nedeniyle kağıt sanayinde ham madde olarak değerlendirilmektedir (Lewandowski ve ark., 2003; Williams ve ark., 2007; Mack, 2008; Angelini ve ark., 2009; Kering ve ark., 2012). Türkiye'de ise saz bitkisi, genellikle çatı malzemesi veya bazı süs eşyalarının yapımında kullanılmakla birlikte, bataklık bölgelerde yaşayan mandalar ile koyunlar tarafından da kısmen tüketilmektedir. Geri kalan kısmı kurumak suretiyle değerlendirilmeden kalmaktadır. Kuruyan saz bitkisi yüksek bürüt enerji içeriğine sahip olması (Csurhes, 2009) nedeniyle zaman zaman yangınlara da sebebiyet verebilmektedirler. Yangın riskini azaltmak için bazı sazlık alanlar kontrollü olarak biçilerek imha edildikleri bildirilmektedir (Anonim 2017). Dolayısıyla yüksek yeşil ot verimine sahip bu bitkinin yeterince değerlendirilmediği ve hayvan beslemede kullanılabilmesi için bilimsel çalışmalara ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Yapılan bazı çalışmalar incelendiğinde, saz bitkisinin yem değeri ile ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmakla birlikte (Baran ve ark., 2002; El-Talty ve ark., 2015), saz bitkisinin başta enerji olmak üzere, hayvan beslemede yeterince değerlendirilmediği söylenebilir. Bu durum dikkate alınarak ülkemiz sulak alanlarında doğal olarak yetişen saz bitkisinin, besin madde bileşimi ve nispi yem değerinin belirlenmesi gerektiği düşünülmüş ve bu çalışma düzenlenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Yem Materyali

Yem materyalini Kayseri ili alanı içerisinde yaklaşık olarak 38.16 kuzey enlem, 35.06 doğu boylamı deniz seviyesinden yüksekliği yaklaşık 1115 m yükseklikte

yetişen saz bitkisi (*Phragmites australis*) oluşturmuştur. Bitki haziran ayı içinde 2 hafta aralıkları ile 3 farklı dönemde ve 10 değişik yerden hasat edilerek alınmıştır. Muamele grupları, hasat dönemlerine göre; haziran ayı başı, ortası ve sonu olarak sırasıyla H1, H2 ve H3 şeklinde oluşturulmuştur.

Kimyasal Analizler ve Hesaplamalar

Saz örnekleri hasat sonrası 65°C'de etüvde kurutulmuş ve kimyasal analiz için 1 mm partikül büyüklüğünde öğütülmüştür. Öğütülmüş saz bitkisinde kuru madde (KM), ham protein (HP), ham kül (HK), ham yağ (HY) ve nötr deterjan lif (NDF), asit deterjan lif (ADF), nötr deterjanda çözülmeyen ham protein (NDF-HP), ve asit deterjanda çözünmeyen ham protein (ADF-HP) analizleri AOAC (1990)'de belirtilen yöntemlere göre yapılmıştır. Nötr deterjan lif (NDF) ve asit deterjan lif (ADF) ve asit deterjan lignin (ADL) analizleri ise Van Soest ve ark., (1991)'a göre yapılmıştır. Fiber olmayan karbonhidrat (FOK), sindirilebilir kuru madde (SKM), kuru madde tüketimi (% canlı ağırlık) (KMT), nispi yem değeri (NYD), organik madde (OM), toplam sindirilebilir madde (TSM), metabolik enerji (ME), net enerji laktasyon (NEL), net enerji yaşama payı (NEYP), net enerji gelişim (NEG) parametreleri; bitkide yapılan kimyasal analizlere bağlı olarak NRC 2001'de belirtilen aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ FOK} = 100 - (\text{HP} + \text{HY} + \text{HK} + \text{NDF})$$

$$\% \text{ SKM} = 88.9 - (0.779 \times \% \text{ ADF})$$

$$\% \text{ KMT} = 120 / \% \text{ NDF}$$

$$\text{NYD} = \% \text{ SKM} \times \% \text{ KMT} \times 0.775$$

$$\text{Gerçek sindirilebilir FOK (tdFOK)} = 0.98 \times (100 - [(\text{NDF} - \text{NDF-HP}) + \text{HP} + \text{HY} + \text{HK}]) \times \text{PAF (düzeltme faktörü)}$$

$$\text{Gerçek sindirilebilir HP (tdHP)} = \text{HP} [-1.2 \times (\text{ADF-HP} / \text{HP})]$$

$$\text{Gerçek sindirilebilir FA (tdFA)} = \text{HY} - 1 \text{ (Not: eğer } \text{HY} < 1 \text{ ise } \text{tdFA} = 0)$$

$$\text{Gerçek sindirilebilir NDF (tdNDF)} = 0.75 \times (\text{NDFn} - \text{ADL}) \times [1 - (\text{ADL} / \text{NDFn}) 0.667]$$

$$\text{NDFn} = \text{NDF} - \text{NDF-HP}$$

$$\% \text{ TSM} = \text{tdFOK} + \text{tdHP} + (\text{tdFA} \times 2.25) + \text{tdNDF} - 7$$

$$\text{SE, Mcal/kg KM} = (\text{tdFOK} / 100) \times 4.2 + (\text{tdNDF} / 100) \times 4.2 + (\text{tdHP} / 100) \times 5.6 + (\text{FA} / 100) \times 9.4 - 0.3$$

$$\text{ME, Mcal/kg KM} = (1.01 \times \text{SE}) - 0.45$$

$$\text{NEL, Mcal/kg KM} = [0.703 \times \text{ME}] - 0.19$$

$$\text{NEYP, Mcal/kg KM} = 1.37 \times \text{ME} - 0.138 \times \text{ME}^2 + 0.0105 \times \text{ME}^3 - 1.12$$

$$\text{NEG, Mcal/kg KM} = 1.42 \times \text{ME} - 0.174 \times \text{ME}^2 + 0.0122 \times \text{ME}^3 - 1.65$$

İstatistik Analizler

Araştırmadan elde edilen veriler SPSS 17.00 (1998) paket programında one-way ANOVA'da analiz edilmiş,

ortalamalar arası farklılıkların belirlenmesinde ise Duncan çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Saz Bitkisinin Kimyasal Bileşimi

Araştırmada kullanılan saz bitkisinin kimyasal bileşimi saptanmış ve Çizelge 1’de verilmiştir. Bitkinin kuru madde içeriği % 36.76-51.72 arasında değişmiş ve en yüksek kuru madde en geç (H3) biçim döneminde elde edilmiştir. Saz bitkisi hızlı geliştiği için kuru madde oranı biçim dönemlerine göre önemli düzeyde değişmiş ve biçim zamanı ilerledikçe kuru madde oranı artmıştır (P<0.01). Yapılan diğer çalışmalarda saz silajı veya otunun %20-35 oranında kuru madde içerdiği belirlenmiştir (Asano ve ark., 2017; Asano ve ark., 2018; El-Talty ve ark., 2015). Bitkide kuru madde oranı bu çalışmada da belirlendiği üzere bitkinin gelişim dönemlerine göre değişmektedir. Saz bitkisinin ham yağ içeriği %2.05-2.57 arasında değişmiş ve H3 döneminde daha yüksek bulunmuştur (P<0.05). Altı farklı yonca türünde yapılan bir çalışmada yoncanın yağ içeriğinin 1.08-3.07 arasında değiştiği (Canbolat ve Karaman 2009) dolayısıyla saz bitkisinin yonca türlerine benzer yağ içeriğinin olduğu ayrıca yapılan başka bir çalışmada sazın yağ içeriği %1.8 olarak belirlenmiştir (Baran ve ark., 2002). Saz bitkisine ait kül içeriği %7.65-8.75 olarak belirlenmiş ve H1 ve H3 döneminde en yüksek değerler elde edilmiştir (P<0.05). Yapılan bir çalışmada saz bitkisinin ham kül oranı %6.7 olarak belirlenmiştir (Baran ve ark., 2002).

Bitkiye ait protein ve fraksiyonları değerlendirildiğinde, ADF’ye bağlı protein içeriği biçim zamanından etkilenmezken, NDF’ye bağlı protein oranı H1 ve H3 grubunda yüksek bulunmuştur (P<0.01). Ham protein oranı ise 10.63-17.30 arasında

değişmiş, bu oran erken biçim dönemlerinde yüksekken, son biçim döneminde azalmıştır (P<0.01). Yapılan bir çalışmada bitkide azot (N) düzeyi %12.06 olarak belirlenmiş (Baran ve ark., 2002), bu bitkiden elde edilen silajlarda protein oranı ise %15-20 düzeyinde değiştiği saptanmış (Asano ve ark., 2017, 2018) ve bu değişim farklı düzeyde ve zamanda yapılan azot gübresi uygulamasından kaynaklandığı belirtilmiştir (Asano ve ark., 2018). Yapılan çalışmalarda bu bitkinin iyi bir azot (N) ve protein kaynağı olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca benzer bir saz türü olan kargı sazında ise ham protein oranı %9.9 olarak bulunduğu bildirilmiştir (Kipriotis, 2013).

Kaba yemlerde yüksek oranda bulunan ADF, NDF ve ADL içerikleri ortalama olarak sırasıyla; %35.57, 67.75 ve 3.52 olarak bulunmuştur. Genel olarak değerlendirildiğinde sellülozun sindirilebilir fraksiyonları (ADF ve NDF) erken biçim döneminde (H1) daha yüksek olduğu, sindirilemeyen kısmın (ADL) ise bu biçim döneminde daha düşük olduğu gözlenmiştir (P<0.01). Bu çalışmada ham sellüloz oranı % 29.06-33.04 arasında değişmiştir. Kipriotis (2013) kargı sazında yapmış olduğu çalışmada NDF ve ADF içeriklerini sırasıyla; %65.6 ve %35.5 olarak saptamışlardır. Bitkinin ADL içeriğinin düşük olması kaba yem kaynağı olarak değerlendirilme imkânını artırmakla birlikte, biçim zamanının gecikmesi ligninleşme oranını artıracaktır (El-Talty ve ark., 2015). Yapılan bu çalışmada ADL içeriği bakımından en uygun biçim zamanının H1 olduğu söylenebilir.

Bitkinin Besin Madde İçerikleri

Araştırmada kullanılan saz bitkisinin nispi yem değeri, sindirilme derecesi ve enerji bileşimleri saptanmış ve Çizelge 2’de verilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda saz bitkisinde Çizelge 2’de verilen değerlere ilişkin bir veriye rastlanmamıştır.

Çizelge 1. Farklı gelişme dönemlerinde biçilen saz bitkisinin kimyasal içerikleri

Besin maddeleri	Birim	Hasat zamanı						ORT	OSH	P
		H1 ± SH	H2 ± SH	H3 ± SH	H1 ± SH	H2 ± SH	H3 ± SH			
KM	% yağ	36.76 ^c ± 0.14	39.36 ^b ± 0.20	51.79 ^a ± 0.46	42.63	2.32	<0.01			
HY	% KM	2.07 ^b ± 0.04	2.05 ^b ± 0.03	2.57 ^a ± 0.15	2.23	0.10	<0.05			
HK	% KM	8.75 ^a ± 0.14	7.65 ^b ± 0.08	8.49 ^a ± 0.28	8.29	0.19	<0.05			
Protein fraksiyonları										
HP	% KM	17.30 ^a ± 0.17	16.59 ^a ± 0.24	10.63 ^b ± 0.22	14.84	1.06	<0.01			
ADF-HP	% KM	1.10 ± 0.05	4.31 ± 2.13	1.18 ± 0.04	2.19	0.81	NS			
NDF-HP	% KM	8.19 ^a ± 0.11	6.30 ^b ± 0.12	8.21 ^a ± 0.12	7.57	0.32	<0.01			
Sellüloz fraksiyonları										
ADF	% KM	37.14 ^a ± 0.08	33.26 ^c ± 0.15	36.30 ^b ± 0.12	35.57	0.59	<0.01			
NDF	% KM	70.75 ^a ± 0.14	64.00 ^c ± 0.12	68.49 ^b ± 0.28	67.75	1.00	<0.01			
ADL	% KM	3.11 ^b ± 0.06	4.20 ^a ± 0.06	3.26 ^b ± 0.15	3.52	0.18	<0.01			

H1, H2, H3: hasat zamanı (1: haziran ayı başı, 2: haziran ayı ortası, 3: haziran ayı sonu); ^{a, b, c}: aynı satırda yer alan ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir; SH: standart hata; OSH: ortalamaların standart hatası; P: önem seviyesi; NS: P>0.05; KM: kuru madde; HP: ham protein; HY: ham yağ; HK: ham kül; ADF-HP: asit deterjanda çözünmeyen protein; NDF-HP: nötr deterjanda çözünmeyen protein; ADF: asit deterjan fiber; NDF: nötr deterjan fiber; ADL: asit deterjan lignin

Çizelge 2. Farklı gelişme dönemlerinde biçilen saz bitkisinin besin madde ve enerji içerikleri

Besin değerleri	Birim	Hasat zamanı			ORT	OSH	P
		H1 ± SH	H2 ± SH	H3 ± SH			
FOK	% KM	8.13 ^b ± 0.08	9.37 ^a ± 0.21	8.49 ^b ± 0.28	8.66	0.21	<0.05
SKM	% KM	59.43 ^c ± 0.25	62.40 ^a ± 0.23	60.40 ^b ± 0.23	60.74	0.45	<0.01
KMT	% KM	1.60 ± 0.05	1.69 ± 0.11	1.57 ± 0.10	1.62	0.05	NS
NYD	% KM	78.72 ^c ± 0.16	90.49 ^a ± 0.28	81.99 ^b ± 0.01	83.73	1.76	<0.01
OM	% KM	90.50 ^b ± 0.29	92.11 ^a ± 0.06	91.52 ^a ± 0.28	91.37	0.26	<0.01
Enerji değerleri							
TSM	% KM	58.33 ^b ± 0.19	59.35 ^a ± 0.20	59.19 ^a ± 0.11	58.96	0.18	<0.05
ME	Mkal/kg KM	2.13 ± 0.08	2.15 ± 0.08	2.10 ± 0.05	2.12	0.04	NS
NEL	Mkal/kg KM	1.35 ^{ab} ± 0.03	1.41 ^a ± 0.01	1.33 ^b ± 0.01	1.36	0.02	<0.05
NEYP	Mkal/kg KM	1.37 ^b ± 0.01	1.41 ^a ± 0.01	1.32 ^c ± 0.01	1.37	0.01	<0.01
NEG	Mkal/kg KM	0.81 ^b ± 0.00	0.83 ^a ± 0.01	0.77 ^c ± 0.01	0.80	0.01	<0.01

H1,2,3: hasat zamanı (1:haziran ayı başı, 2:haziran ayı ortası, 3: haziran ayı sonu); a, b, c: aynı satırda yer alan ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir; SH: standart hata; OSH: ortalamaların standart hatası; P: önem seviyesi; NS: p>0.05; FOK: fiber olmayan karbonhidrat; SKM: sindirilebilir kuru madde; KMT: kuru madde tüketimi (% canlı ağırlık); NYD: nispi yem değeri; OM: organik madde; TSM: toplam sindirilebilir madde; ME: metabolik enerji; NEL: net enerji laktasyon; NEYP: net enerji yaşama payı; NEG: net enerji gelişim

Bu nedenle tartışma yaygın kullanılan kaba yemler üzerinden yapılacaktır. Mevcut çalışmada saz bitkisinde selüloz oranının yüksekliğine bağlı olarak fiber olmayan karbonhidrat (FOK) içeriği % 8.13-9.37 arasında değişmiş ve en yüksek H2 biçim döneminde gözlenmiştir (P<0.05). Sindirilebilir kuru madde (SKM) oranları ise FOK içeriğine ve NDF oranının düşük olmasına bağlı olarak en yüksek H2 grubunda, %62.40 olarak belirlenmiştir. Bitkinin hayvan canlı ağırlığı temelindeki kuru madde tüketimleri (KMT) 1.57-1.69 arasında değişmekle birlikte, biçim zamanının etkisi önemsizdir (P>0.05). Bu bitkiye ait benzer bir veriye literatürde rastlanmamıştır. Bu nedenle yonca ile karşılaştırıldığında kuru madde tüketiminin daha düşük olduğu saptanmıştır (Canbolat ve Karaman, 2009). Bitkide selüloz fraksiyonları oranının artması kuru madde tüketiminde azalmaya neden olmaktadır (Van Soest, 1994), saz bitkisi yüksek ADF ve NDF içeriğine sahip olması ile kuru madde tüketimi düşük bulunmuştur. Bu çalışmada saz bitkisinin nispi yem değeri (NYD) 78.72-90.49 arasında değişmiş ve en yüksek H2 biçim döneminde elde edilmiştir (P<0.01). Bitkide hücre duvarı unsurları SKM içeriğine benzer şekilde NYD değerini de etkilemektedir. Yoncada tam çiçeklenme döneminde %100 olarak kabul edilen NYD değerine yakın sonuçlar bu çalışmada elde edilmiştir. Bu sonuçlar bazı baklagil kaba yemlerinde (bazı fiğ, üçgül ve yonca türleri) yapılan çalışma bulguları ile benzer bulunmuştur (Adesogan ve ark., 2006).

Farklı biçim zamanlarında elde edilen saz bitkisine ait enerji değerleri incelendiğinde toplam sindirilebilir madde (TSM) oranı en yüksek H2 ve H3 biçiminden elde edilmiş ve sırasıyla % 59.35, 59.19 olarak bulunmuştur (P<0.05). Bitkide metabolik enerji (ME) düzeyleri 2.10-2.15 Mcal/kg olarak bulunmuş olup

biçim zamanının etkisi önemsizdir (P>0.05). Bu değer MJ/kg olarak ortalama 8.89 olarak değiştirilebilir. Bu şekilde değerlendirildiğinde yapılan bir çalışmanın sonuçlarına göre, tüylü fiğ bitkisinden daha düşük, düğmeli yoncadan daha yüksek enerji değerine sahip olduğu söylenebilir (Canbolat ve Karaman, 2009). Yapılan bir çalışmada farklı bir saz türünde (kargı) enerji değeri 8.8 MJ/kg olarak bulunmuş ve bu değer mevcut çalışmada kullanılan saz bitkisinin enerji değerine oldukça yakın olduğu belirlenmiştir (Kipriotis, 2013). Bu çalışmada, benzer sonuçlar net enerji laktasyon (NEL), net enerji yaşama payı (NEYP) ve net enerji gelişim (NEG) için de elde edilmiş olmakla birlikte, bu değerler en yüksek H2 biçim zamanında elde edilmiştir (P<0.05).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada farklı biçim zamanında elde edilen saz bitkisinin (*Phragmites australis*) besleme değerleri ortaya konmuştur. Bu bitkide farklı biçim zamanının besin madde içeriklerini önemli derecede etkilediği saptanmıştır. Araştırma verileri değerlendirildiğinde, en yüksek besleme değerine H2 (haziran ayı ortası) biçim zamanında ulaşıldığı belirlenmiştir. İçerdiği yüksek enerji ve protein sebebiyle, gelişiminin erken evrelerinde silaj karışımlarında kullanılabilme potansiyeli olduğu düşünülen bir bitkidir. Ayrıca yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında farklı baklagil kuru otlarına (yonca) benzer besin madde içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Ancak ruminant yemi olarak değerlendirilebilmesi için *in vitro* veya *in vivo* denemelerinin de yapılmasına ihtiyaç vardır.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın yapılmasında katkıda bulunan Saray Tarım ve Hayvancılık A.Ş.'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- AOAC 1990. Association of Official Analytical Chemists. Official Method of Analysis. 15th.ed. Washington, DC. USA. pp. 66-88.
- Adesogan AT, Sollenberger LE, Moore JE 2006. Forage Quality. In: Florida forages handbook. (Ed. C.G. Chambliss and M. B. Adjei) University of Florida. Cooperative Extension Services.
- Angelini LG, Ceccarini L, Di Nasso NNO, Bonari E 2009. Comparison of *Arundo donax* L. and *Miscanthus x giganteus* in a long-term field experiment in Central Italy: Analysis of productive characteristics and energy balance. *Biomass and Bioenergy*, 33:635–643.
- Anonim 2017. Göller ve sulak alanlar eylem planı. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.
- Asano K, Ishikawa T, Ishida M 2017. Digestibility of common reed (*Phragmites communis* Trin.) silage as ruminant feed and effects of inclusion levels in the diet of breeding cows on feed intake, ruminal fermentation and blood metabolites. *Animal Science Journal*, 88(12): 1955-1962.
- Asano K, Ishikawa T, Araie A, Ishida M 2018. Improving quality of common reed (*Phragmites communis* Trin.) silage with additives. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31(11): 1747.
- Baran M, Váradyová Z, Kráčmár S, Hedvábny J 2002. The common reed (*Phragmites australis*) as a source of roughage in ruminant nutrition. *Acta Veterinaria Brno*, 71(4): 445-449.
- Canbolat Ö, Karaman Ş 2009. Bazı baklagil kaba yemlerinin in vitro gaz üretimi, organik madde sindirimi, nispi yem değeri ve metabolik enerji içeriklerinin karşılaştırılması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 15(2): 188-195.
- Csurhes S 2009. Weed risk assessment: Giant reed (*Arundo donax*). Biosecurity queensland, queensland primary industries and fisheries, department of employment, Economic Development and Innovation. https://www.aphis.usda.gov/plant_health/plant_pestinfo/weeds/downloads/wra/Arundo_donax_WRA.pdf. (Erişim tarihi: 14.06.2018).
- El-Talty YI, Abdel-Gwad MH, Mahmoud AEM 2015. Effect of common reed (*Phragmites australis*) silage on performance of growing lambs. *Asian Journal of Animal Science*, 9: 1-12.
- Hidalgo M, Fernandez J 2000. Biomass production of ten populations of Giant reed (*Arundo donax* L.) under the environmental conditions of Madrid (Spain). *Biomass for Energy and Industry: Proceeding book*.
- Kering MK, Butler TJ, Biermacher JT, Guretzky JA 2012. Biomass yield and nutrient removal rates of perennial grasses under nitrogen fertilization. *Bioenergy Research*, 5: 61–70.
- Kipriotis E 2013. Fibre Crops as a source for animal feeding. Ministry of Rural Development and Food, Greece. http://www.fibrafp7.net/portals/0/03_vafeiadakis&kipriotis.pdf. (Erişim tarihi: 14.06.2018).
- Lewandowski I, Scurlock JM, Lindvall E, Christou M 2003. The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass and bioenergy*, 25(4): 335-361.
- Mack RN 2008. Evaluating the credits and debits of a proposed biofuel species: Giant Reed (*Arundo donax*). *Weed Science*, 56: 883–888.
- Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 2001. Seventh Edition, Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition Committee on Animal Nutrition Board on Agriculture and Natural Resources National Research Council, National Academy Press, Washington D.C.
- Öztürk HH 2012. Enerji Bitkileri ve Biyoyakıt Üretimi, Hasad Yayıncılık Ltd. Şti., İstanbul.
- Scragg AH 2009. Biofuels: Production, Application and Development. Cambridge University Press, Cambridge, United Kindom.
- SPSS. 1998. Version 17.00 for Windows. SPSS Inc., Chicago, IL. USA.
- Van Soest PJ, Robertson JD, Lewis BA 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583–3597.
- Van Soest PJ 1996. Allometry and ecology of feeding behavior and digestive capacity in herbivores: a review. *Zoo Biology: Published in affiliation with the American Zoo and Aquarium Association*, 15: 455-479.
- Williams CMJ, Biswas TK, Glatz P, Kumar M 2007. Use of recycled water from intensive primary industries to grow crops within integrated biosystems. *Agricultural Science*, 21: 34–36.
- Williams CMJ, Biswas TK, Márton L, Czako M 2013. *Arundo donax*. Singh BP (ed), *Biofuels Crops: Production, Physiology and Genetics*. USA/Georgia, pp: 249-270.

Determination of the Species of Tephritidae family (Diptera) on Cherry Orchards in Adana Province and Surroundings in Turkey

Burcu ÖZBEK ÇATAL¹ , Asime Filiz ÇALIŞKAN KEÇE² , Mehmet Rifat ULUSOY³ 

¹Çukurova University, Pozantı Vocational School, Department of Plant and Animal Production, 01470, Pozantı, Adana,

^{2,3} Çukurova University, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, 01330, Balcalı, Adana

¹<https://orcid.org/0000-0003-0029-6190>, ²<https://orcid.org/0000-0002-9330-1958>, ³<https://orcid.org/0000-0001-6610-1398>

✉: bozbek@cu.edu.tr

ABSTRACT

This study was conducted to determine the species belonging to the Tephritidae (Diptera) family in the cherry cultivations in Adana province and surroundings. Samples were collected with periodic and non-periodical survey from host plants in cherry orchards during 2015-2018. In this study, nine species belonging to Tephritidae family were found. These species were; *Rhagoletis cerasi* (Linnaeus, 1758), *Ceratitidis capitata* (Wiedemann, 1824), *Rhagoletis batava* (Hering, 1958), *Carpomya schineri* (Loew, 1856), *Tephritis nigricauda* (Loew, 1856), *Tephritis fallax* (Loew, 1844), *Tephritis dioscurea* (Loew, 1856), *Tephritis hurvitzi* (Freidberg, 1981), *Tephritis divisa* (Rondani, 1871).

Short Communication

Article History

Received : 28.01.2018

Accepted : 28.02.2019

Keywords

Cherry
Tephritidae
Diptera
Adana
Turkey

Adana İli ve Çevresi Kiraz Bahçelerinde Tephritidae (Diptera) Familyası Türlerinin Belirlenmesi

ÖZET

Bu çalışma, Kiraz yetiştiriciliği yapılan Adana ili ve çevresinde Tephritidae (Diptera) familyasına bağlı türlerin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Örnekler 2015 – 2018 yılları boyunca kiraz bahçesinde bulunan tüm konukçu bitkilerden periyodik ve periyodik olmayan arazi çıkışları ile toplanmıştır. Çalışmada, Tephritidae familyasına ait dokuz tür tespit edilmiştir. Bu türler; *Rhagoletis cerasi* (Linnaeus, 1758), *Ceratitidis capitata* (Wiedemann, 1824), *Rhagoletis batava* (Hering, 1958), *Carpomya schineri* (Loew, 1856), *Tephritis nigricauda* (Loew, 1856), *Tephritis fallax* (Loew, 1844), *Tephritis dioscurea* (Loew, 1856), *Tephritis hurvitzi* (Freidberg, 1981) ve *Tephritis divisa* (Rondani, 1871)' dir.

Kısa Not

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 28.01.2018

Kabul Tarihi : 28.02.2019

Anahtar Kelimeler

Kiraz
Tephritidae
Diptera
Adana
Türkiye

To Cite : Özbek Çatal B, Çalışkan Keçe AS, Ulusoy MR 2019. Adana İli ve Çevresi Kiraz Bahçelerinde Tephritidae (Diptera) Familyası Türlerinin Belirlenmesi. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 22(3): 492-497. DOI: 10.18016/ksutarimdog.v22i44724.518676

INTRODUCTION

The fruit flies (Tephritidae) are one of the most economically important pests and largest families of Acalyptrate Diptera with approximately 500 genera, and about 4500 species, specifically, in tropics and subtropics. Most species are phytophagous. Some of them are harmful such as *Rhagoletis cerasi*, *Ceratitidis capitata* etc. (White and Elson-Harris, 1992). In Palaearctic Region, and especially in Europe, this family is represented by a few dozens of fruit-feeding species, including the medfly *C. capitata*, the cherry fruit fly *R. cerasi*, but the vast majority of Palearctic species, which belong to the subfamily Tephritinae, feed in flower heads and stems (often forming galls) on plants of the family Asteraceae (Korneyev, 2003). According to Norrbom et al. (1999) and Korneyev and Dirlbek (2000), *Tephritis* Latreille is the sixth largest

genus of Tephritidae with about 170 species, and the third largest genus of the subfamily of Tephritinae. The most of the species belonging to genus are Palearctic.

When economically evaluated, fruit flies damage the vegetables and fruits directly, causing quarantine areas under invasion, and having required such fruits to be exposed to quarantine treatment before exportation.

The identification of species belonging to the Tephritidae family, as in other insect groups, is made during the adult stage. The Tephritidae family in Adana has been published in some Diptera studies (Becker, 1913; Séguy, 1930, 1934, 1941, 1949, 1953). Various studies on the Diptera fauna in Turkey were also performed by Giray (1969, 1979), Hayat and

Özbek (1994), Civelek et al. (2000), Çıkman and Uygun (2003), Kütük and Özgür (2003), Civelek (2004), Kılıç (2004). Yaran and Kütük (2016) has been reported the number of fruit flies species as 160. In recent studies, the insect fauna of Turkey in cherry orchards has been investigated (Ulu et al., 1995; Özbek et al., 1996; Özder, 1999; Ulusoy et al., 1999). *R. cerasi* is a common and main pest in cherry. The aim of this study was to provide some data for Tephritidae fauna and also the fauna of cherry orchards in Turkey.

MATERIAL and METHODS

The samples were collected from cherry orchards in Adana province and its surroundings during 2015-2018. The adult flies of Tephritidae were collected by insect traps and nets. Traps were set on the trees in the orchards and checked once a week. The insect nets were swung randomly to the adult species seen on the host plants and the insects were collected. All samples were deposited in the Nedim Uygun Biological Control Laboratory in Plant Protection Department of Agriculture Faculty, Çukurova University, Adana, Turkey. The insects were identified by the authors and Associate Professor Dr. Murat Kütük (Gaziantep University, Gaziantep, Turkey).

RESULTS and DISCUSSION

In total, 9 species belonging to 4 genera in 3 subfamilies (Dacinae, Tephritinae and Trypetinae) were determined from Adana provinces. In this paper, the distribution and host plants species of all materials examined were presented and the species were listed in alphabetical order.

Rhagoletis cerasi (Linnaeus) (Figure 1a)

Material examined: Adana: Aladağ, Meydan, 11.V.2017, 2♀♀, Aladağ, Değirmencik, 07.VI.2018, 3♀♀, Aladağ, Yeniköy, 07.VI.2018, 1♀, Feke, 20.V.2017, 2♀♀, Karaisalı, Hacıkırı, 03.VI.2016, 2♀♀, Karaisalı, Kızıldağ, 01.VI.2018, 1♀, Pozantı, Alpu, 17.V.2016, 5♀♀, Pozantı, Alpu, 22.V.2017, 7♀♀, 2♂♂, Pozantı, Fındıklı, 04.VI.2017, 2♀♀, Pozantı, Ömerli, 02.VI.2017, 5♀♀, Saimbeyli, Merkez, 20.V.2017, 3♀♀, Saimbeyli, Merkez, 29.VI.2018, 2♀♀, Saimbeyli, Gürleşen, 29.VI.2018, ♀, Saimbeyli, Obruk, 29.VI.2018, 1♀, Tufanbeyli, 4.VII.2017, 1♀, Tufanbeyli, 29.VI.2018, 3♀♀; Mersin: Çamlıyayla, Fakılar, 16.VI.2016, 5♀♀, Tarsus, Kurtçukuru, 16.VI.2016, 3♀♀; Niğde: Ulukışla, Darboğaz, 27.V.2015, 3♀♀, 1♂, Ulukışla, Darboğaz, 08.VI.2016, 11♀♀, 3♂♂.

Host: *Prunus. avium* L., *P. mahaleb* L., *P. cerasus* L., *P. serotina* Ehrh (Rosaceae) and *Lonicera tatarica* L., *L. xylosteum* L. (Caprifoliaceae) (Hendel, 1927; Afshar, 1937; White and Elson-Harris, 1992; Merz, 1994; Ulusoy et al., 1999).

Distribution in the world: Canada, Europe, Georgia, Iran, Kazakhstan, Russia, Turkey (Afshar, 1937; Norrbom et al., 1999; Ulusoy et al., 1999; Mohamadzade Namin and Rasouljan, 2009; EPPO, 2017).

Remarks: *R. cerasi* is the most serious pest in cherry orchards in Turkey, causing fruit damage and yield losses. The adult flies emerge from the soil in May to June in Adana. Occurs on cherries and honeysuckles in Turkey. In this study, host of the species is *P. avium*. When the flies are uncontrolled, cherry trees can be infested 100%.

Ceratitidis capitata (Wiedemann) (Figure 1b)

Material examined: Adana: Aladağ, Meydan, 11.V.2017, 1♀, Aladağ, Değirmencik, 07.VI.2018, 2♀♀, Pozantı, Alpu, 20.VII.2016, 2♀♀, Pozantı, Alpu, 27.VI.2018, 25♀♀, 11♂♂, Saimbeyli, 20.V.2017, 1♀, Saimbeyli, Merkez, 29.VI.2018, 1♀, Saimbeyli, Obruk, 29.VI.2018, 1♀, Tufanbeyli, 04.VII.2017, 2♀♀, Tufanbeyli, 29.VI.2018, 1♀.

Hosts: Larvae on *P. avium*, *P. persica*, *Pyrus communis* L. and *Malus domestica* Borkh. (Rosaceae). More than 250 plant types.

Distribution in the world: Africa, Asia, Europe, Central America- Caribbean, South and North America, Spain, Oceania, Turkey (Enkerlin et al., 1989; Fimiani, 1989; Norrbom et al., 1999; EPPO, 2014).

Remarks: This pest began to be seen in traps at the beginning of July at the end of June within the study area (especially above altitudes of 1200 m) and it has been detected the fruit on the tree.

Rhagoletis batava (Hering) (Figure 1c)

Material examined: Adana: Pozantı, Alpu, 08.VI.2017, 2♀♀, Pozantı, Alpu, 04. VII.2017, 1♀, Pozantı, Alpu, 19.VII.2018, 4♀♀.

Hosts: *Hippophae rhamnoides* L., *Rhamnaceae* sp. (Richter, 1970; Baugnée, 2006) and *P. avium*.

Distribution in the world: Armenia, Belgium, Belarus, Finland, Estonia, Germany, Hungary, Italy, Kyrgyzstan, Latvia, Lithuania, Poland, Russian Federation (European division), Sweden, Switzerland, Spain, The Netherlands and Turkey. Non-European: North-Central Caucasus; Russian Federation and South Siberian mountains: Altai, Tuva (Pakyürek, 2006; Koçak and Kemal, 2013; EPPO, 2017; Stalažs and Balalaikins, 2017).

Remarks: *R. batava* is an economically important pest and aggressive of *H. rhamnoides* in Europe. But, It has been reported that these flies can develop also on several other trees and bushes in natural vegetation, i.e. *Cerasus mahaleb* and *Lonicera* spp., etc. (Anonymous, 2018).

***Carpomya schineri* (Loew)** (Figure 1d)

Material examined: Adana: Pozantı, Alpu, 14.VI.2016, 1♀, Pozantı, Alpu, 25.VII.2018, 1♀.

Hosts: *P. avium*, *Rosa beggerana* Schrenk, *R. canina* L., *R. damascena* Mill., *R. gallica* L., *R. pulverulenta* M.B., *Rosa kokanica* (Regel) Regel et Juz., *R. rubiginosa* L., *R. spinosissima* L., *R. rugosa* Thunb., *R. villosa* L., (Rosaceae) (Hendel, 1927; Kandybina, 1977; Freidberg and Kugler, 1989; Smith and Bush, 1999).

Distribution in the world: Austria, Bulgaria, Germany, Hungary, Italy, Northern Africa Spain, Slovakia, Switzerland, Spanish Mainland, Turkey, Ukraine

(White and Elson-Harris, 1992; Merz, 1994; Korneyev, 2003; Pakyürek, 2006; Koçak and Kemal, 2013).

Remarks: Yellow sticky traps with ammonia capsules (Trece-Pherocon® AM) traps set out to detect the cherry fruit fly (*R. cerasi*) on *P. avium*, single specimens of *C. schineri* were recorded. But the damage on *C. schineri* was not detected. It has been reported that *C. schineri* has damaged only rose berries (Papp, 1994; Surányi and Haltrich, 2006; Tuba, 2009). Studying and observations should be continued on cherries whether it does any damage.

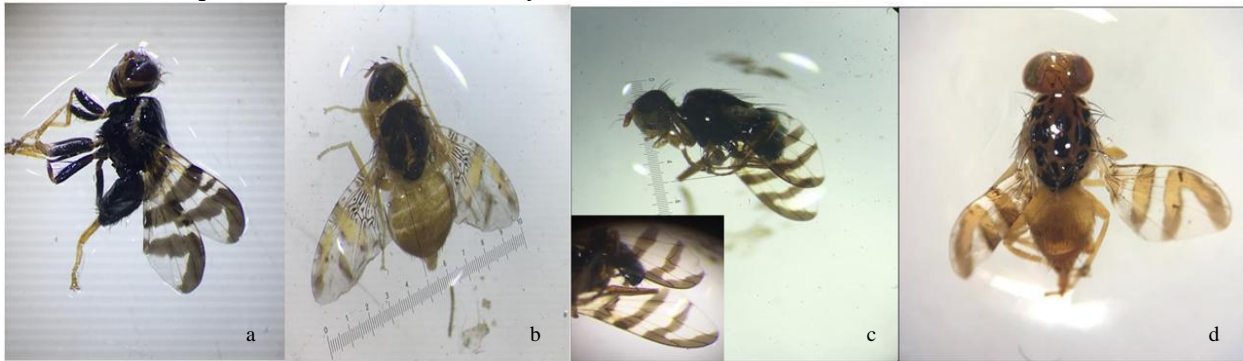


Figure 1. General view of adult fly: (a) *Rhagoletis cerasi*, (b) *Ceratitis capitata*, (c) *Rhagoletis batava*, (d) *Carpomya schineri* (Photos: BÖÇ).

***Tephritis nigricauda* (Loew)** (Figure 2a)

Material examined: Adana: Pozantı, Alpu, 31.V.2017, 3♀♀.

Hosts: *Achillea millefolium* L., *A. ptarmica* L., *Anthemis arvensis* L. (Asteraceae) (Merz, 1994).

Distribution in the world: Afghanistan, Austria, Estonia, Italy, Latvia, Lithuania, Moldova, Russia, Syria, Switzerland, Ukraine, and Turkey (Foote, 1984; Merz, 1994; Thompson, 1998; Kütük and Özgür, 2003).

Remarks: This species was first recorded from Turkey (Kütük and Özgür, 2003) and was described on Asteraceae. In the previous studies has not been recorded any damage on cherry trees. This species were collected on *P. avium* but the damage on *T. fallax* was not detected.

***Tephritis fallax* (Loew)** (Figure 2b)

Material examined: Adana: Pozantı, Alpu, 08.VI.2017, 1♀.

Host: *Leontodon hispidus* L. (Merz, 1994).

Distribution in the world: Estonia, Germany, Kazakhstan, Latvia, Lithuania, Poland, Russia, Romania, Sweden, Switzerland, Turkey, and Ukraine (Foote, 1984; Merz, 1994; Thompson, 1998; Özgür and Kütük, 2003).

Remarks: This species were collected on *P. avium* but was not detected any damage on *T. fallax*.

***Tephritis dioscorea* (Loew)** (Figure 2c)

Material examined: Adana: Pozantı, Alpu, 08.VI.2017, 1♀.

Hosts: *Artemisia absinthium* L., *A. crithmifolia* L., *A. millefolium*, *Chrysanthemum corymbosum* L. (Asteraceae) (Hendel, 1927; Merz, 1994; Kütük, 2005).

Distribution in the world: Armenia, Austria, Azerbaijan, Estonia, Far East, France, Germany, Georgia, Hungary, Kazakhstan, Latvia, Lithuania, Moldova, Russia, Sweden, Switzerland, Turkey and Ukraine (Hendel, 1927; Foote, 1984; Merz, 1994; Thompson, 1998; Kütük, 2005).

Remarks: This species was first recorded from Turkey by Kütük (2005). It has not been detected on cherry as pest, but it has been reported by researchers who indicated that the larvae of *T. dioscorea* damaged the flower heads of Asteraceae.

***Tephritis hurvitzii* (Freidberg)** (Figure 2d)

Material examined: Adana: Pozantı, Alpu, 08.VI.2017, 1♀.

Hosts: *Scorzonera syriaca* Boiss & Blanche and *Tragopogon longirostris* Bisch. (Freidberg and Kugler, 1989).

Distribution in the world: Europe, Iraq, Iran, Israel, Jordan, Lebanon, Middle Asia, Syria, and Turkey (Norrbom et al., 1999; Korneyev and Dirlbek, 2000; Kütük and Özgür, 2003; Özgür and Kütük, 2003;

Mohamadzade Namin et al., 2010).

Remarks: Most species of *Tephritis* sp. develop the flower heads of Asteraceae but this species in stems of Asteraceae cause the emergence of galls (Freidberg, 1984; Merz, 1994). It has not been observed any damage on cherry trees.

Tephritis divisa (Rondani) (Figure 2e)

Material examined: Adana: Pozantı, Alpu, 04.VII.2017, 2♀.

Hosts: *Picris echioides* L. (Asteraceae) (Merz, 1994; Kütük, 2005).

Distribution in the world France, Greece (Crete), Italy, Israel, Switzerland, Spain, and Turkey (Merz, 1994; Thompson, 1998; Kütük, 2005).

Remarks: This species was recorded from Turkey by Kütük (2005) on *P. echioides*. The larvae of *T. divisa* develops in flower head of *P. echioides*. It has not been detected on cherry.

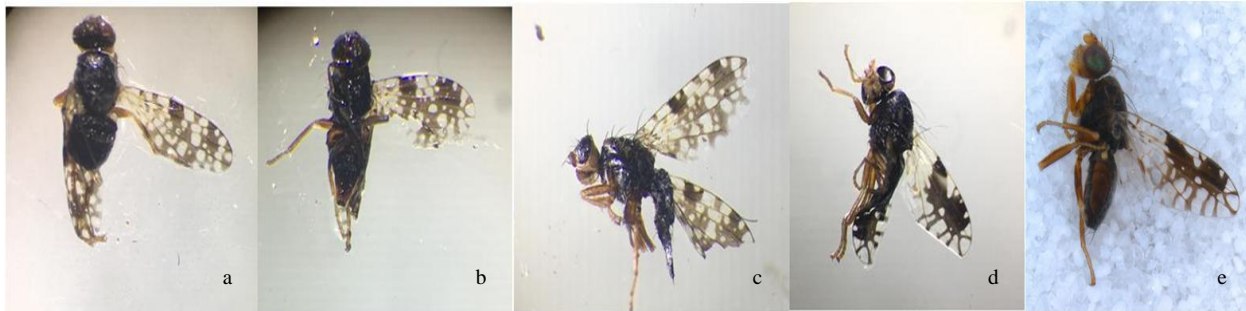


Figure 2. General view of adult fly: (a) *Tephritis nigricauda*, (b) *Tephritis fallax*, (c) *Tephritis dioscurea*, (d) *Tephritis hurvitzii* (Photos: BÖÇ), (e) *Tephritis divisa* (http://v3.boldsystems.org/index.php/Taxbrowser_Taxonpage?taxid=285046).

RESULTS

As a result of this study, nine species belonging to 4 genera (*Rhagoletis*, *Ceratitis*, *Carpomya* and *Tephritis*) have been determined. According to previous studies, *Tephritis* Latreille is common genus with 24 species in Turkey (Kütük, 2006, 2008; Kütük et al., 2012). The results of this study have showed similarities with previous studies and the biodiversity of Adana province and surroundings in Turkey. *R. batava* from these pests is aggressive, economically important pest and a serious threat of its dispersion. It can infest several other trees i.e. *Cerasus mahaleb*, *Lonicera* spp., etc apart from the main host plant (Anonymous, 2018). More studies need to be conducted in order to have better understanding of damage status of this pest on cherry.

ACKNOWLEDGMENTS

I would like to thank to Associate Prof. Dr. Murat Kütük (Gaziantep University, Faculty of Arts and Science, Department of Biology) for the diagnosis of fly species. This study was supported by Çukurova University as scientific research project; project number FBA-2016-6528.

REFERENCES

Afshar J 1937. Harmful insects of fruit trees in Iran. Journal of Agricultural Organization, 17: 1–11.
Anonymous 2018. Sea buckthorn fly- *Rhagoletis batava* Hering (<http://www.csalomontraps.com/4listbylatinname/pdffajonkentik/rhagoletisbatava2>

016.pdf) (accessed on: July, 2018).

- Bagnée JY 2006. Contribution à la connaissance des Tephritidae de Belgique (Diptera: Brachycera). Notes fauniques de Gembloux, 59: 63–113.
Becker T 1913. In Becker and Stein: Dipteren ause Marokko. Annuaire du Musée zoologique de l'Académie des sciences de St. Pétersbourg, 18: 64–76.
Civelek HS 2004. Two new records for the Turkish Agromyzidae (Diptera) fauna. Turkish Journal of Entomology, 28(1): 15-19.
Civelek HS, Deeming JC, Önder F 2000. Some new records for Turkish leafminers (Diptera: Agromyzidae) fauna from İzmir province. Turkish Journal of Entomology, 24(1): 17-26.
Çıkman E, Uygun N 2003. The determination of leafminers (Diptera: Agromyzidae) and their parasitoids in cultivated and non-cultivated areas in Şanlıurfa province, southern Turkey. Turkish Journal of Entomology, 27(4): 305-318.
Enkerlin E, Garcia L, Lopez F 1989. Mexico, Central and south America. In: Fruit Flies: Their biology, Natural Enemies and Control (Ed: A.S. Robinson; G. Hooper). Elsevier Science Publ., Amsterdam, Netherlands, 3: 83–90 pp.
EPPO 2014. PQR database. Paris, France: European and Mediterranean Plant Protection Organization. (<http://www.eppo.int/DATABASES/pqr/pqr.htm>) (accessed on: May 2018).
EPPO 2017. EPPO Global database (available online). Paris, France: EPPO. (<https://gd.eppo.int/>

- taxon/RHAGBA/distribution) (accessed on: May 2018).
- Fimiani P 1989. Mediterranean region. In: Fruit flies: their biology, natural enemies and control (Ed: Robinson AS, Hooper GH). Elsevier Science Publ, Amsterdam, Netherlands, 3: 39–50pp.
- Footo RH 1984. Family Tephritidae, In: Catalogue of Palaearctic Diptera (Ed: A. Soos and L. Papp). Budapest and Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 9: 66-149 pp.
- Fridberg A 1984. "Gall Tephritidae (Diptera), 129-167pp". In: Biology of Gall Insects (Ed: T.N. Ananthakrishnan), Oxford & IBH, New Delhi, 362 pp.
- Freidberg A, Kugler J 1989. Diptera: Tephritidae. Fauna Palaestina, Insecta, 4: 1–212.
- Giray H 1969. Ege bölgesinde yabancı otlarda bulunan Trypetidae (Diptera) türleri ile ilgili faunistik araştırmalar. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 6(1): 71–78.
- Giray H 1979. Türkiye Trypetidae (Diptera) faunasına ait ilk liste. Türkiye Bitki Koruma Dergisi, 3: 35–46.
- Hayat R, Özbek H 1994. New records of robber flies (Diptera: Asilidae) for Turkish fauna. Turkish Journal of Entomology, 18(4): 241-244.
- Hendel F 1927. Trypetidae. In: Die Fliegen der paläarktischen Region 5 (E. Lindner, ed.), Stuttgart: Schweizerbart, 5: 1-221pp.
- Kandybina MN 1977. Larvae of fruit-infesting fruit flies (Diptera, Tephritidae). Nauka, Leningrad, Nauka, Leningrad, 114: 1-210.
- Kılıç AY 2004. Bolu ili Tabanidae (Insecta: Diptera) faunası. Turkish Journal of Entomology, 28(1): 57-68.
- Koçak AÖ, Kemal M 2013. Tephritidae in Turkey: an evaluation of its status from various standpoints (Diptera). Centre for Entomological Studies Ankara (CESA), 84: 1–50.
- Korneyev VA, Dirlbek J 2000. The fruit flies (Diptera: Tephritidae) of Syria, Jordan and Iraq. Studia Dipterologica, 7(2): 463–482.
- Korneyev VA 2003. New and little-known Tephritidae (Diptera: Cyclorrhapha) from Europe. Vestnik Zoologii, 37(3): 3–12.
- Kütük M 2005. Two new records of Tephritis Latreille, 1804 (Diptera: Tephritidae) from Turkey. Turkish Journal of Zoology, 29: 167–170.
- Kütük M 2006. The fauna and systematics of the genus *Tephritis* Latreille, 1804 (Diptera: Tephritidae) with a key to the species of Tephritis in Turkey. Turkish Journal of Zoology, 30: 345–356.
- Kütük M 2008. A new species of Tephritis Latreille, (Diptera: Tephritidae) from Turkey. Belgian Journal of Zoology, 138: 132–134.
- Kütük M, Özgür AF 2003. Faunistical and systematical studies on the genus Tephritis Latreille, 1804 (Diptera: Tephritidae) in the South West of Turkey along with new records. Turkish Journal of Entomology, 27: 243–252.
- Kütük M, Bayrak N, Hayat R 2012. A new species of Tephritis Latreille (Diptera: Tephritidae) from Turkey. Turkish Journal of Zoology, 36: 475–480.
- Merz B 1994. Diptera: Tephritidae in insecta helvetica fauna. Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft, Geneve, 10: 1-198.
- Mohamadzade Namin S, Rasoulilian GR 2009. Fruit flies of the genus *Rhagoletis* Loew (Diptera: Tephritidae) of Iran and bordering countries, with the key to species. Vestnik Zoologii, 43 (1): 81–86.
- Mohamadzade Namin S, Nozari J, Najarpour A 2010. The fruit flies (Diptera: Tephritidae) in the fauna of Ardabil province, with new records for Iran. Ukrainska Entomofaunistyka, 1(3): 35–41.
- Norrbom AL, Carroll LE, Thompson FC, White IM, Freidberg A 1999. Systematic database of names. Fruit fly expert identification system and systematic information database, Backhuys Publishers, The Netherlands, Myia, 9: 65–251.
- Özbek H, Güçlü Ş, Hayat R 1996. Kuzeydoğu tarım bölgelerinde taş çekirdekli meyve ağaçlarında bulunan fitofag ve predatör böcek türleri. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 20: 267-282.
- Özder N 1999. "Tekirdağ ilinde kiraz bahçelerinde bulunan doğal düşmanlar ve bunlardan yumurta parazitoiti *Trichogramma cacoeciae* March. (Hym.: Trichogrammatidae)'nin yaprak büken türlerinde (Lep.: Tortricidae) doğal etkinliği üzerinde araştırmalar, 341-354s". Türkiye 4. Biyolojik Mücadele Kongresi, 26-29 Ocak 1999, Adana, 633 s.
- Özgür AF, Kütük M 2003. Adana ili meyve sinekleri (Tephritidae: Diptera) faunasının tespiti. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(2): 35–44.
- Pakyürek B 2006. Gazi Üniversitesi Zooloji Müzesindeki Tephritidae (Diptera) Familyası Örneklerinin Değerlendirilmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Ankara, 431 pp.
- Papp L 1994. Család: Fúrólegyek – Tephritidae (Trypetidae). In: Jermy T. and Balázs K., (eds.) A növényvédelmi állattan kékikönyve, 5: 94–117pp.
- Richter VA 1970. 62. Tephritidae (Trypetidae). Keys to the insects of the European part of the USSR. Opred Faune SSSR, 103: 132-172.
- Séguy E 1930. Contribution à l'étude des Diptères du Maroc. Mémoire de la Société des Sciences Naturelles et Physique du Maroc, 24: 1–206.
- Séguy E 1934. Contribution à la connaissance des insectes diptères du Maroc, Notes scientifiques. Terre et Vie, 4: 161–162.
- Séguy E 1941. Dipteres recueillis par M. Berland dans le Sud Marocain. Annales de la Société Entomologique de France, 110: 1–23.
- Séguy E 1949. Dipteres de Sud-Marocain (Vallée du

- Draa) recueillis par M L Berland en 1947. Revue française d'Entomologie, 16: 152–161.
- Séguy E 1953. Diptères du Maroc. Encyclopédie Entomologique (B) II. Diptera, 11: 77–92.
- Smith JJ, Bush GL 1999. “Phylogeny of the subtribe Carpomyina (Trypetinae), emphasizing relationships of the genus *Rhagoletis* 187–217pp”. In: Fruit flies (Tephritidae): Phylogeny and evolution of behavior (Ed: Aluja, M., Norrbom, A. L.). CRC Press, London, 984pp.
- Stalažs A, Balalaikins M 2017. Country checklist of *Rhagoletis* Loew (Diptera: Tephritidae) for Europe, with focus on *R. batava* and its recent range expansion. Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B, 71(3): 103-110.
- Surányi D, Haltrich A 2006. Insects Influencing the Production of Rose Hips. 52. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, 91 pp.
- Thompson F 1998. Fruit fly expert identification system and systematic information database. Myia, 9: 1–224.
- Tuba K 2009. Adatok három gyümölcsférfaj Vas megyei előfordulásához. Növényvédelem, 45: 491-495.
- Ulu O, Önuçar A, Zümreoğlu A, Uzun S, Erdügen TM, Aykaç K, Kılıç M, Çakır O, Ceylan S, Koçlu T 1995. Kiraz Bahçelerinde Entegre Mücadele Araştırma, Geliştirme ve Uygulama Projesi, BKA / U17, 1. Dilim sonuç raporu, 1-84 pp.
- Ulusoy MR, Vatansever G, Uygun N 1999. The cherry pests, their natural enemies and observations on some important species in Ulukışla (Niğde) and Pozantı (Adana) province of Turkey. Turkish Journal of Entomology, 23(2): 111-120.
- White IM, Elson-Harris MM 1992. Fruit Flies of Economic Significance: Their Identification and Bionomics. CAB International and ACIAR, London, 601pp.
- Yaran M, Kütük M 2016. Fruit flies (Diptera: Tephritidae) fauna in Nevşehir and Niğde provinces with a new record from Turkey. Turkish Journal of Zoology, 40(5): 785-800.