



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 **6** Yıl-Year: **2019**



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGISİ

Dergimiz aşağıdaki indeksler tarafından taranmaktadır (This journal is indexed and abstracted by)

- Emerging Sources Citation Index
- TUBİTAK-TR Dizin
- CAB Abstracts
- The International Plant Names Index
- DRJI (Directory of Research Journal Indexing)
- Google Scholar
- Scientific Indexing Services (SIS)
- International Directory of Agriculture, Food and The Environment
- CiteFactor
- Journal Index

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.

Dergimiz, herhangi bir başvuru veya yayımlama ücreti almamaktadır
The Journal doesn't have APC or any submission charges.

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 DERGISİ

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 AYAŞAN
Doğu Akdeniz TAE Müd. ADANA

Prof. Dr. Fikri BALTA
Ordu Üniv. ORDU

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

Prof.Dr. Rüştu HATİPOĞLU
Çukurova Üniversitesi, ADANA

Prof.Dr Stanislaw HURUK
Jan Kochanowski Univ. POLAND

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

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

- Bazı Ahududu Çeşitlerinin Yozgat Ekolojisinde Adaptasyon Yeteneklerinin Belirlenmesi**
Determination of Adaptation Capabilities of Some Raspberry Varieties in Yozgat Ecology
Gülden BALCI, Hakan KELES 823-829
- Investigation of the Effect of Honey Bee Pollination for Apple (*Malus sylvestris* (L.) Mill.) on Fruit Yield, Seed Number and Seed Germination Capacity**
Elma (*Malus sylvestris* (L.) Mill.) Polinasyonunda Bal Arısı Kullanımının Meyve Verimi, Tohum Sayısı ve Tohum Çimlenme Kapasitesi Üzerine Etkisinin Araştırılması
Fethi Ahmet ÖZDEMİR, Mehmet Ali KUTLU, Abdurrahman GÜL 830-836
- Karnabaharda (*Brassica oleraceae* L. var. botrytis) Tuz Stresinin Azaltılmasında Humik Asit Uygulamalarının Rolü**
The Role of Humic Acid Application in Reducing Detrimental Effects of Salt in Cauliflower (*Brassica Oleraceae* L. Var. Botrytis)
Ahmet TURHAN 837-842
- Impact of Cadmium and Lead Heavy Metal Stress on Plant Growth and Physiology of Rocket (*Eruca sativa* L.)**
Kadmiyum ve Kurşun Ağır Metal Stresinin Rokada (*Eruca sativa* L.) Bitki Büyümesi ve Fizyolojisi Üzerine Etkisi
Ertan YILDIRIM, Melek EKİNCİ, Metin TURAN, Güleray AGAR, Selda ÖRS, Atilla DURSUN, Raziye KUL, Tayfun BALCI 843-850
- Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Çeşitlerinde Bazı Tarımsal Özellikler Bakımından Korelasyon ve Path Analizi**
Path Coefficient and Correlation Analysis in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties for Some Agronomical Traits
Hüseyin GÜNGÖR, Ziya DUMLUPINAR 851-858
- Nohut Tarımında Ekim Sonrası Uygulanan Farklı Silindir Baskı Seviyelerinin Toprağın Fiziksel Özellikleri ve Bitki Çıkış Oranına Etkisi**
The Effect of Different Packing Levels Applied After Seeding in Chickpea Agriculture on Soil Physical Properties and Seed Emergence Ratio
Songül GÜRSOY, Zübeyir TÜRK 859-864
- Trakya Bölgesinde Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin İllere Göre Belirlenmesi**
Determining of Agricultural Mechanization Level in Thrace Region by Provinces
Derya İlkay ABDİKOĞLU 865-871
- Türkiye'de Üretilen Bahçe Traktörlerinde Denetim Elemanları Yerleşim Ergonomisinin Değerlendirilmesi**
Ergonomic Evaluation of The Control Layouts of Horticulture Type Tractors Manufactured in Turkey
Sarp Korkut SÜMER, Ali ÇAĞLAR 872-885
- Seralarda Isı Perdeleri Kullanımının Isı Tasarrufuna Etkisinin Belirlenmesi ve Ekonomik Açıdan Bir Değerlendirme**
Determination of the Effect of Thermal Screen Usage on Heat Saving in Greenhouses and an Evaluation from Economic Perspective
A. Nafi BAYTORUN, Adil AKYÜZ, Sait ÜSTÜN, Ali ÇAYLI 886-895



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

- Pestisitlerin ve Odun Sirkesinin Bazı Mikrobiyal ve Fiziko-kimyasal Toprak Parametrelerine Etkilerinin Araştırılması**
Investigation of the Effects of Pesticides and Wood Vinegar on Some Microbial and Physico-chemical Soil Parameters 896-904
İbrahim KOÇ, Erdal Necip YARDIM
- Amanos Dağları'ndan Oppoid Oribatid Akarların (*Acari*, *Oribatida*, *Oppioidea*) Yeni Lokalite Kayıtları**
New Locality Records of Oppoid Oribatid Mites (*Acari*, *Oribatida*, *Oppioidea*) from the Amanos Mountains (Turkey) 905-915
Yasemin AY, Nusret AYYILDIZ
- Effects of *Beauveria bassiana* on Quantity of F1 Larvae and Larval Mortality of *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae)**
Beauveria bassiana'nın *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) F1 Larva Sayısına ve Larva Ölüm Oranına Etkisi 916-921
Mehmet Kubilay ER, Ebru ÇETİNPOLAT, CebraİL BARIŞ, Ali Arda IŞIKBER, Hasan TUNAZ
- Purification of Capsaicin and Molecular Biological Activity Evaluation**
Kapsaisin Saflaştırılması ve Moleküler Biyolojik Aktivite Değerlendirmesi 922-927
Sibel BAYIL OĞUZKAN, Halil İbrahim UĞRAŞ
- Chemical Content and Biological Activity Spectrum of *Nigella sativa* Seed Oil**
Çörek Otu Tohumu Yağının Kimyasal İçeriği ve Biyolojik Aktivite Spektrumu 928-934
Yusuf SICAK, Elif Ayşe ERDOĞAN ELİUZ
- The Effects of Oregano Oil (*Origanum onites* L.) on the Growth Performance and Some Blood Parameters of Holstein Friesian Calves**
Siyah Alaca Buzağlarda Kekik Yağının (*Origanum onites* L.) Buzağların Gelişim Performansı ve Bazı Kan Parametreleri Üzerine Etkisi 935-941
Muhammet Hanifi SELVİ, İbrahim TAPKI
- Effects of Saline Drinking Water on Growth Performance and Mortality Rate of Japanese Quails (*Coturnix coturnix Japonica*)**
Naser MAHERİ SİS, Ghadir KHALILPOUR, Abdolahad Shaddel TELİ 942-947
- Investigation of Some Biochemical Parameters in Sheep Naturally Infected with Cystic Echinococcosis**
Kist Hidatik ile Doğal Enfekte Koyunlarda Bazı Biyokimyasal Parametrelerin Araştırılması 948-952
Kıvanç İRAK, Özgür Yaşar ÇELİK, Burçak ASLAN ÇELİK, Memiş BOLACALI, Handan MERT, Nihat MERT
- Tathıs Istakozunun (*Pontastacus leptodactylus*) Çeltik (*Oryza sativa* L.) İle Birlikte Polikültür Yetiştiriciliğinde İdeal Stok Oranlarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma**
A Study on Determining the Ideal Stock Density of Freshwater Crayfish (*Pontastacus leptodactylus*) in Polyculture with Rice (*Oryza sativa* L.) 953-964
Selçuk BERBER, Semih KALE, Musa BULUT, Bahri İZCİ
- Determination of Co-infection in Diseased Seven khramulya (*Capoeta capoeta*)**
Hasta Siraz Balıklarında (*Capoeta capoeta*) Görülen Ko-Enfeksiyonun Tanımlanması 965-971
Tulay AKAYLI, Cigdem URKU, Erol Rustu BOZKURT

KISA NOT – SHORT COMMUNICATION

- An Investigation on the Determination of Diurnal and Ontogenetic Variations of Essential Oil Composition in *Sideritis trojana* Growing in Kazdağı (Edremit-Balıkesir)**
Kazdağları'nda (Edremit-Balıkesir) Yayılış Gösteren *Sideritis trojana* Türünün Uçucu Yağ Oranı ve Bileşenlerinin Diurnal ve Ontogenetik Varyasyonunun Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma 972-975
Cenk PAŞA, Selami SELVİ, Züleyha ÖZER, Turgut KILIÇ



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

HAKEMLER/Referees*

- Prof.Dr. Funda ERYILMAZ AÇIKGÖZ
Prof.Dr. İbrahim AKINCI
Prof. Dr. Sermin AKINCI
Prof. Dr. Süleyman AKHAN
Doç.Dr. Hüsnü AKTAŞ
Prof. Dr. Vahdettin ALTUNOK
Prof.Dr. Ebubekir ALTUNTAŞ
Doç.Dr. Şerife Evrim ARICI
Doç.Dr. Selçuk ARSLAN
Doç.Dr. Selçuk ARSLAN
Prof.Dr. Mahmut Murat ASLAN
Prof.Dr. Atılğan ATILGAN
Doç.Dr. Tugay AYAŞAN
Doç.Dr. Ali AYBEK
Doç.Dr. Ali AYBEK
Dr. Öğr.Üyesi Fatmagün AYDIN
Doç.Dr. Mehmet Fırat BARAN
Prof.Dr. Ayşegül BİLDİK
Dr.Öğr.Üyesi Sedat BOYACI
Doç.Dr. Uğur ÇAKILCIOĞLU
Prof.Dr. Hüseyin ÇELİK
Prof. Dr. Semra DEMİR
Prof.Dr. Khalid JAVED
Prof.Dr. İsmail KARACA
Dr. Öğr.Üyesi Volkan KARACAOĞLAN
Doç.Dr. Ülkü KARAMAN
Doç.Dr. Ömer KONUŞKAN
Prof.Dr. Yavuz Bülent KÖSE
Dr. Öğr.Üyesi Canan KUZUCU
Doç.Dr. Yavuz MAZLUM
Doç.Dr. Zehra T. MURATHAN
Prof.Dr. Ayten NAMLI
Prof.Dr. Nuh OCAK
Dr. Öğr. Üyesi Mikail ÖZCAN
Prof.Dr.Sakine ÖZPINAR
Dr.Öğr.Üyesi Sedat PER
Doç.Dr. Özgür SAĞLAM
Doç.Dr. Tamer SERMENLİ
Prof.Dr. Osman SEYYAR
Prof.Dr. Ahmet ŞAHİN
Dr. Öğr. Üyesi Kasım TAKIM
Prof.Dr. Aydın TOPÇU
Prof.Dr. Hasan TURKEZ
Prof.Dr. NURGUL F. TÜREMİŞ
Doç.Dr. Osman ÜÇÜNCÜ
Doç.Dr. Ayse Sahin YAGLIOGLU
Prof.Dr. Halit YETİŞİR
Prof. Dr. Ugur ZULKADİR
- Tekirdağ NKÜ Teknik Bil. MYO Tekirdağ
Akdeniz Üniv. Ziraat Fak. Tarım Mak. ve Teknolojileri Müh. Böl. Antalya
KSÜ Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl. Kahramanmaraş
Akdeniz Üniv. Su Ürünleri Fak. Su Ürünleri Yetiştiriciliği Böl. Antalya
Mardin Artuklu Üniv. Kızıltepe MYO Mardin
Selçuk Üniv. Veteriner Fak. Temel Bilimler Böl. Konya
Tokat Gaziosmanpaşa Üniv. Ziraat Fak. Biyosistem Müh. Böl. Tokat
Isparta Uygulamalı Bil. Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Isparta
Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Biyosistem Mühendisliği Böl. Bursa
Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Biyosistem Mühendisliği Böl. Bursa
KSÜ Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Kahramanmaraş
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniv. Ziraat Fak. Isparta
Osmaniye Korkut Ata Üniv. Kadirli Uygulamalı Bilimler YO Osmaniye
KSÜ Ziraat Fak. Biyosistem Mühendisliği Böl. Kahramanmaraş
KSÜ Ziraat Fak. Biyosistem Mühendisliği Böl. Kahramanmaraş
Çukurova Üniv. Yumurtalık MYO Su Ürünleri Böl. Adana
Siirt Üniv. Ziraat Fak. Biyosistem Mühendisliği Böl. Siirt
Aydın Adnan Menderes Üniv. Veteriner Fak. Temel Bilimleri Böl. Aydın
Kırşehir Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Biyosistem Müh. Böl. Kırşehir
Munzur Üniv. Tunceli MYO Kimya ve Kimyasal İşleme Tek. Böl. Tunceli
Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl. Samsun
Van Yüzüncü Yıl Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Van
University of Veterinary and Animal Sciences, Lahor-PAKİSTAN
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Isparta
Zonguldak Bülent Ecevit Üniv. Eczacılık Fak. Eczacılık Meslek Bil. Böl. Zonguldak
Ordu Üniv. Tıp Fak. Temel Tıp Bilimleri Böl. Ordu
Hatay Mustafa Kemal Üniv. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl. Hatay
Anadolu Üniv. Eczacılık Fak. Temel Eczacılık Bilimleri Böl. Eskişehir
ÇOMÜ Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl. Çanakkale
İskenderun Teknik Üniv. Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fak. İskenderun
Malatya Turgut Özal Üniv. Battalgazi MYO Malatya
Ankara Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Böl. Ankara
Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Samsun
KSÜ Ziraat Fak. Su Ürünleri Böl. Kahramanmaraş
ÇOMÜ Ziraat Fak. Tarım Makineleri ve Teknolojileri Müh. Böl. Çanakkale
Kayseri Erciyes Üniv. Mustafa Çıkrıkçıoğlu MYO Kayseri
Tekirdağ Namık Kemal Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Tekirdağ
Hatay Mustafa Kemal Üniv. Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl. Hatay
Niğde Ömer Halisdemir Üniv. Fen-Edebiyat Fak. Biyoloji Böl. Niğde
Kırşehir Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Kırşehir
Harran Üniv. Veteriner Fak. Temel Bilimler Böl. Şanlıurfa
Niğde Ömer Halisdemir Üniv. Fen-Edebiyat Fak. Biyoloji Böl. Niğde
Erzurum Teknik Üniv. Fen Fak. Moleküler Biyoloji ve Genetik Böl. Erzurum
Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl. Adana
Karadeniz Teknik Üniv. Maçka MYO Gıda İşleme Böl. Trabzon
Çankırı Karatekin Üniv. Fen Fak. Kimya Böl. Çankırı
Erciyes Üniv. Seyrani Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl. Kayseri
Konya Selçuk Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Konya

* Soyada göre sıralanmıştır.

Bazı Ahududu Çeşitlerinin Yozgat Ekolojisinde Adaptasyon Yeteneklerinin Belirlenmesi

Gülden BALCI¹, Hakan KELES²

^{1,2}Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 66200, Yozgat/Merkez

¹<https://orcid.org/0000-0001-7108-4887>, ²<https://orcid.org/0000-0002-8225-931X>

✉: hakan.keles@bozok.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma 2017-2018 yıllarında Heritage, Aksu Kırmızısı, Hollanda Boduru ve Ruby ahududu çeşitlerinin Yozgat ekolojik koşullarına adaptasyon yeteneklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Çeşitlerin performansları fenolojik gözlemler, bitkisel özellikler ve bazı meyve kalite kriterleri incelenerek değerlendirilmiştir. Sürgün başına verim bakımından Heritage çeşidi her iki yıl için en iyi sonuçları (177.85 – 337.34 g adet⁻¹) vermiştir. Ortalama meyve ağırlıkları bakımından denemenin ilk yılı istatistiki açıdan bir fark bulunamamış ancak ikinci yıl Ruby (2.32 g) ve Aksu Pembesi (2.21 g) aynı grupta yer alarak en yüksek ortalama meyve ağırlığına sahip çeşitler olmuşlardır. Suda çözünür kuru madde, titre edilebilir asitlik ve C vitamini bakımından öne çıkan çeşit Heritage olmuştur.

Denemenin iki yılında alınan sonuçlar değerlendirildiğinde istatistiki açıdan Aksu Pembesi çeşidinin vejetatif büyüme açısından bölgeye diğer çeşitlere göre daha hızlı uyum sağladığı belirlenmiştir. Verim ve kalite değerleri açısından ise Heritage çeşidinin diğer çeşitlere kıyasla istatistiki olarak en yüksek sonuçlara sahip çeşit olduğu belirlenmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 26.02.2019

Kabul Tarihi : 16.05.2019

Anahtar Kelimeler

Ahududu

Yozgat

Adaptasyon

Determination of Adaptation Capabilities of Some Raspberry Varieties in Yozgat Ecology

ABSTRACT

This study was conducted to determine the adaptation skills of Heritage, Aksu Pembesi, Hollanda Boduru and Ruby raspberry varieties in Yozgat ecological conditions between 2017-2018. The performances of the varieties were evaluated by examining phenological observations, plant characteristics and some fruit quality criteria. In terms of yield per shoot, Heritage gave the best results (177.85 – 337.34 g piece⁻¹) for both years. With regards to average fruit weight, in the first year of experiment, there was no significant difference, but in the second year, Ruby (2.32 g) and Aksu Pembesi (2.21 g) have the highest average fruit weight in the same group. When the two-year data of water-soluble dry matter, titratable acidity and vitamin C contents were evaluated together, Heritage was the prominent variety. When the results of two years of the experiment were evaluated, it was determined that Aksu Pembesi has a faster adaptation to the region than the other varieties in terms of vegetative growth. According to the yield and quality values, it is determined that Heritage has the highest results among the other varieties.

Research Article

Article History

Received : 26.02.2019

Accepted : 16.05.2019

Keywords

Raspberry

Yozgat

Adaptation

To Cite : Balcı G, Keles H 2019. Bazı Ahududu Çeşitlerinin Yozgat Ekolojisinde Adaptasyon Yeteneklerinin Belirlenmesi. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 22(6): 823-829. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.532643.

GİRİŞ

Türkiye’de son 30 yıl içerisinde önem kazanan üzümü meyveler iç ve dış ticarete sürekli talep gören ve yüksek fiyatlara alıcı bulabilen meyve türleridir (Onur, 2006). Çilek dışında kalan üzümü meyvelerin ticari anlamda yetiştiricilikleri elma, armut gibi kültür bitkileri ile kıyaslandığında oldukça yeni ve az

miktarlarda yapılan bir tarım koludur. Ancak üzümü meyveler grubuna giren birçok bitkinin yabancı formlarına Türkiye’ni değişik yörelerinde sıkça rastlanılmaktadır. Yabancı popülasyondaki zenginlik, bu bitki türüne ait kültür çeşitlerinin Türkiye’de yetiştirebileceğini göstermektedir (Eyduvan ve ark., 2006).

Üzüksü meyveler grubuna giren Ahududu (*Rubus idaeus* L.) gülgiller (*Rosaceae*) familyasından, yaz ve sonbahar mevsiminde kırmızı renkli ve tatlı meyveler veren bir bitki türüdür. Ayrıca fenoller, flavonlar, flavonoidler, vitaminler ve antioksidanlar bakımından da zengindir (Kähkönen ve ark., 1999; Halvorsen ve ark., 2001). Ahududular her yıl düzenli ürün vermeleri ve yetiştiriciliklerinin kolay olması, taze tüketiminin yanında reçel, marmelat, içecek, dondurulmuş gıda ve konserve üretimi gibi endüstriyel ürün olarak değerlendirilebilmesi ve küçük bahçe işletmelerinde taze olarak satış imkânlarının bulunması nedeniyle çok önemli bir yere sahiptirler (Pehlivan ve Güler, 2004).

Dünya ahududu üretimi 2016 yılında 795.249 ton olmuştur. Bu üretimde 164 602 ton ile Rusya ilk sırada yer alırken ABD (137.829 t) ve Polonya (129.063 t) Rusya'yı izlemektedir. (FAO, 2018). Türkiye'de ise toplam 4.989 t ahududu üretilmekte olup üretimin hemen tamamı Bursa ilinde yapılmaktadır (TÜİK, 2018a). Amerika ve Meksika gibi önemli ahududu üreticisi ülkelerin birim alandaki verimleri sırasıyla 1.572 kg da⁻¹ ve 1.814 kg da⁻¹ (FAO, 2018) iken Türkiye'de bu rakamların 843 kg da⁻¹ seviyelerinde kalmıştır. Bu durum ahududu yetiştiriciliğinin modern yetiştiricilik tekniklerinden uzak ve amatör olarak yapılması ile, kapama ahududu bahçelerinin olmamasından kaynaklanmaktadır (İpek ve ark., 2018). Farklı ekolojik koşullarda bitkiler farklı stres faktörlerine maruz kalmakta ve çeşitlerin performansları değişebilmektedir (Aras ve Eşitken 2018). Ahududu üretimi ve birim alandan elde edilen verimin artırılması için bölgelere uygun çeşitlerin belirlenmesi ve bu amaçla adaptasyon çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

Türkiye'nin tahıl ambarlarından birisi olan Yozgat ili tarım alanları bakımından da ülkenin 5. büyük tarım alanına sahiptir (TÜİK, 2018b). Daha çok tarla bitkileri ürünlerinin yetiştirildiği Yozgat ilinde bahçe bitkilerine ait türlerin yetiştiriciliği oldukça sınırlıdır. Yabani ve kültür formlarında birçok bahçe bitkisi türünün Yozgat ilinin geneline yayılmış halde bulunması da ilin bu konudaki potansiyelini göz önüne çıkarmaktadır (TÜİK, 2018a). Bu potansiyelin kullanılması ve birim alandan elde edilen gelirin yükseltilmesi amacıyla ekonomik değeri yüksek olan

ahududu yetiştiriciliğinin yaygınlaştırılması ve adaptasyon çalışmalarının yapılması önem arz etmektedir.

Bu sebeple üniversite Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi bünyesinde bulunan Gedikhasanlı Araştırma ve Uygulama Alanında dört farklı ahududu çeşidinin bölge ekolojik koşullarına adaptasyon yetenekleri belirlenmiştir.

MATERYAL ve METOT

Bitkisel Materyal

Araştırma; TUAM (Tarımsal Uygulama Araştırma Merkezi) kontrolünde bulunan Gedikhasanlı Uygulama ve Araştırma Alanındaki (1111 rakım, 39° 35' 07" kuzey ve 35° 09' 35" doğu) parsellerde yürütülmüştür. Denemede kullanılan 4 ahududu çeşidinin özellikleri aşağıda verilmiştir (Demirsoy ve ark., 2006).

Ruby: Bu çeşit yüksek verimli olup Haziran sonlarına doğru ilk hasat yapılmaktadır. Diken yapısı az ve meyvenin aroması iyidir. Yola dayanımı orta seviyededir.

Aksu Pembesi: Meyveleri iri, orta iri açık pembe renkli iyi aromalı, hafif yuvarlak konik şekilli yola dayanımı iyidir.

Heritage: Yüksek verimli, aroması ve tadı iyi olan bu çeşidin kış soğuklarına karşı direnci yüksektir. Bu çeşit yıllık sürgünlerinde de meyve oluşturup yılda 2 ürün vermektedir.

Hollanda Boduru: Orta verimli bir çeşittir. Heritage gibi bu çeşit de yıllık sürgünleri verimli bir çeşittir. Meyvenin raf ömrü uzun olup meyvesi taze tüketime ve şoklamaya uygundur.

Çalışma Alanına Ait Özellikler

Toprak Özellikleri

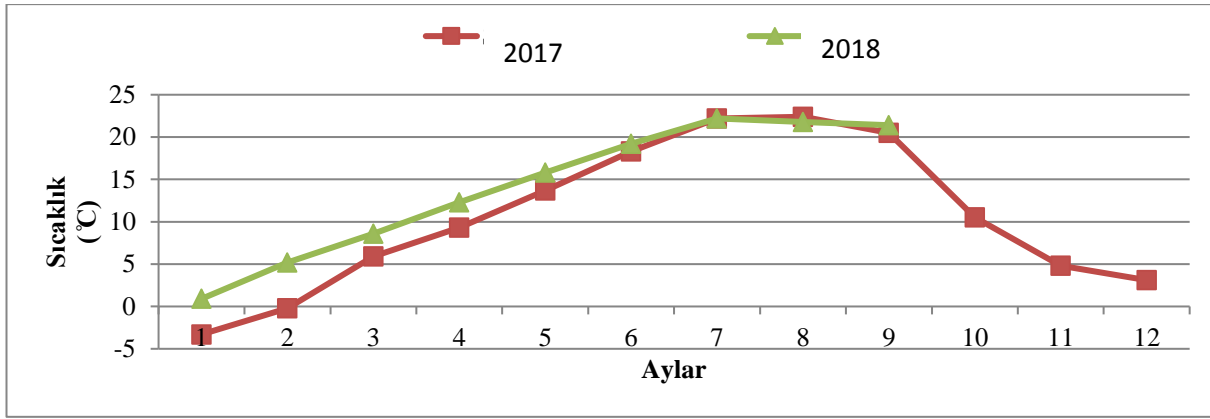
Denemenin yürütüldüğü bahçenin toprak özellikleri (Çizelge 1) Avanos Ziraat Odası Başkanlığına ait toprak analiz laboratuvarında belirlenmiştir.

İklim Özellikleri

Deneme boyunca tespit edilen ortalama aylık sıcaklık değerleri Şekil 1 de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Deneme alanının bazı toprak özellikleri

Analizin Adı	Birimi	Yöntem	Sonuç	Açıklama
Toprak Bünyesi	%	Saturasyon	55	Killi-tınlı
pH		Saturasyon	7.94	Orta Derecede Alkalin
%Toplam Tuz	%	Saturasyon	0.01	Tuzsuz
Kireç (CaCO ₃)	%	Kalsimetrik	5.4	Orta Kireçli
Organik Madde	%	Walkey-Black	1.44	Az
Fosfor (P ₂ O ₅)	Kg da ⁻¹	Olisen	1.78	Çok Az
Potasyum (K ₂ O)	Kg da ⁻¹	A.Asetat-AAS	61.15	Yeterli



Şekil 1. 2017-2018 yılları ait aylık ortalama sıcaklık değerleri

Deneme Deseni

Bu çalışma, tesadüf parselleri deneme desenine göre, 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 5 bitki olacak şekilde planlanmış olup, bitkiler 1.5m sıra üzeri ve 3m. sıra arası olacak şekilde 20 Haziran 2016 tarihinde dikilmişlerdir. Deneme alanına 60-40-40 cm'lik mesafelerle yerleştirilen 3 sıra telden oluşan destek sistemi 17.04.2017 tarihlerinde kurulmuştur. Sulama (damlama), ot alma, gübreleme, budama gibi işlemler düzenli olarak yapılmıştır. Deneme kurulmadan önce toprak sonbaharda sürülerek, yanmış ahır gübresi ile toprağa takviye yapılmıştır.

Çalışma Boyunca Yapılan Gözlemler, Ölçümler ve Analizler:

Fenolojik Analizler

Denemede gözlerin uyanması, dip sürgünü çıkış tarihi, ilk çiçeklenme (ilk çiçeğin görüldüğü tarih), tam çiçeklenme (%70'inin açtığı dönem), meyve tutumu (ilk meyvenin görüldüğü tarih) ve hasat tarihi (meyvelerin hasada geldiği ilk tarih) gibi fenolojik gözlemler tespit edilmiştir (Demirsoy, 2006; Eydurun ve ark., 2006).

Bitkisel Analizler

Bitki başına düşen sürgün sayısı (adet), sürgün uzunluğu (cm), dijital kumpas ile sürgün kalınlığı (mm) ve sürgün başına verim (g/sürgün) tespit edilmiştir (Demirsoy ve ark., 2006).

Verim ve Kalite Kriterleri

Sürgün Başına Verim (g/sürgün)

Her parselden elde edilen toplam ürün miktarının parseldeki sürgün sayısına bölünmesiyle hesap edilmiştir (Eroğlu vd., 2006; Demirsoy ve ark., 2006). Sadece meyve dallarında elde edilen ürün toplam verim olarak değerlendirilmiştir. Yıllık sürgünlerden elde edilen meyve verimi toplam verim olarak değerlendirilmemiştir.

Ortalama Meyve Ağırlığı (g)

10 adet meyvenin ağırlığı alınarak tespit edilmiştir. Veriler 3 tekerrürlü olarak belirlenmiş toplamda her

çeşit için 30' ar adet meyve kullanılmıştır (Göktaş ve ark., 2009).

Suda Çözünabilir Kuru Madde (%)

Hasadın başından sonuna kadar 3 kez her parselden alınacak olgun meyveden elde edilen meyve suyunda dijital refraktometre ile okunarak saptanmıştır (Kılıç ve ark., 1991; Eydurun ve ark., 2006).

Titre Edilebilir Asit (%)

Hasadın başından sonuna kadar farklı dönemlerde 3 kez her parselden alınacak olgun meyvelerin sıkılması ile elde edilen 5 ml meyve suyunda titrasyon asitliği yöntemi ile belirlenmiştir (Kılıç ve ark., 1991; Eroğlu ve ark., 2006).

C Vitamini İçeriği (mg 100ml-1)

Denemenin her iki yılında hasadın başından sonuna kadar 3 kez alınan meyve örnekleri spektrofotometrede okunarak C vitamini belirlenmiştir (Kılıç ve ark., 1991).

İstatistiksel Analizler

Araştırma süresince elde edilen tüm verilerin ortalamalarının hesaplanmasında ve grafiklerinin çizilmesinde "Microsoft EXCEL" programı kullanılmış, istatistikî analizler SPSS 20.0 (SAS Inc.) paket programında değerlendirilmiştir. İstatistiksel analiz sonucunda farklılık gösteren ortalamalar arasındaki farklılığın belirlenmesinde aynı paket programı kullanılarak Duncan çoklu karşılaştırma testi (Duncan Multiple Range Test) uygulanmıştır. Sonuçların, istatistiksel değerlendirilmesinde farklar arasındaki önemlilik düzeyi 0.05 olarak belirlenmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Fenolojik Gözlemler

Denemenin ilk yılında Ruby ilk çiçeklenen ahududu çeşidi olurken (23.05.2017) en geç çiçeklenen çeşit Hollanda Boduru (15.06.2017) olmuştur. Genel de çeşitlerin mayısın son haftası ve haziran ortasında çiçeklendiği görülmüştür. İlk hasada gelen çeşit Heritage (10.07.2017) olurken en geç hasat olgunluğuna gelen çeşit Hollanda Boduru (20.07.2017)

olmuştur (Çizelge 2). 2018 yılına bakıldığında da ilk çiçeklenen çeşit Ruby olurken (08.03.2018) en geç çiçeklenen çeşit Hollanda Boduru (28.05.2018) olmuştur (Çizelge2). Denemenin ikinci yılında hasat olgunluğuna gelen ilk çeşit Heritage olurken (13.06.2018) en geç hasat olgunluğuna Hollanda Boduru (07.07.2018) gelmiştir (Çizelge2). İkinci yılda bütün çeşitler yaklaşık 15-20 gün erken çiçeklenmiştir. Bunun nedeni 2018 yılı ortalama sıcaklık değerlerinin tüm ülkede olduğu gibi Yozgat ilinde de 2017 yılı değerlerine göre yüksek seyretmesi olarak açıklanabilir (Şekil 1). Demirsoy ve ark. (2006)'nın Samsun ekolojisinde yaptıkları ahududu adaptasyon çalışmasına göre, Yozgat koşullarında Heritage çeşidi aynı zamanlarda çiçeklenirken diğer çeşitlerin çiçeklenme tarihleri yaklaşık 1 ay daha geç gerçekleştiği saptanmıştır. Dolayısıyla Heritage dışında kalan diğer çeşitler Yozgat ekolojik koşullarında Samsun ekolojik koşullarına göre yaklaşık 1 ay daha geç hasada gelmiştir. Bu denemede çiçeklenme tarihi diğer çeşitlere göre daha geç olan Hollanda Boduru çeşidi, Türemiş ve ark. (2006)'nın Adana'da yaptıkları ahududu adaptasyon

çalışmasında en erken çiçeklenen çeşit olmuştur. Yine aynı çalışmada Mayıs ayının son haftasında hasada gelen Heritage çeşidi yapılan çalışmada Temmuz ayının son haftasında hasat olumuna gelmiştir. Ankara koşullarında yapılan ahududu adaptasyonu çalışmasında ise bu çalışmada kullanılan çeşitler Yozgat ekolojisi ile kıyaslandığında 15 gün erken çiçeklenmeye başlamış ve dolayısıyla 15 gün önce hasada gelmiştir (Eydural ve ark., 2006). Çalışmanın sonuçları yapılmış diğer adaptasyon çalışmaları ile benzerlik göstermekle birlikte Yozgat koşullarında çiçeklenme ve hasat tarihleri gibi fenolojik verilerin Adana, Samsun ve Ankara illerine göre daha geç olması ortalama sıcaklık verilerinin Yozgat ilinde diğer illere kıyasla daha düşük olmasından kaynaklandığını düşündürmektedir. Fenolojik gözlemler ekoloji ve çeşit gibi faktörlerden etkilenerek bölgelere göre farklılık gösterebilmektedir (Ağaoğlu ve ark., 1997). Türemiş ve ark. (2006) Adana koşullarında derim süresinin uzun, uyanma ve hasada gelme tarihlerinin ise erken olmasını iklim koşullarının sıcak olmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Çizelge 2. Yozgat koşullarında denemeye alınan ahududu çeşitlerinde 2017-2018 yıllarına ait bazı fenolojik gözlemler

ÇEŞİT	Gözlerin belirginleşmesi		Dip sürgün çıkışı		İlk çiçeklenme		Tam çiçeklenme		İlk Meyve tutumu		Hasat tarihi	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Ruby	18.04	11.04	18.04	10.04	23.05	08.05	30.05	26.05	28.05	17.05	12.07	17.06
Aksu Pembesi	18.04	18.04	18.04	15.04	25.05	11.05	01.06	19.05	30.05	18.05	15.07	26.06
Heritage	18.04	11.04	18.04	05.03	10.06	20.05	18.06	04.06	15.06	27.05	10.07	13.06
Hollanda Boduru	18.04	11.04	25.04	05.04	15.06	28.05	21.06	12.06	10.06	09.06	20.07	07.07

Bitkisel Özellikler

Bu çalışmada yıllar arasında bitkisel özellikler karşılaştırıldığında farklı sonuçlar görülebilmektedir (Çizelge 3).

2017 yılında çeşitler arasında bitki başına ortalama sürgün sayıları incelendiğinde en fazla sürgün veren çeşidin 10.25 adet ile Hollanda Boduru olduğu, en az sürgün veren çeşidin ise 2.58 adet ile Heritage çeşidi olduğu belirlenmiştir. 2018 yılında ise en fazla sürgün Ruby (19.33 adet) çeşidinden, en az sürgün 2017 yılında olduğu gibi Heritage çeşidinden (11.13 adet) alınmıştır. Yozgat ekolojisine yakın özellikler gösteren Ayaş (Ankara) ekolojik koşullarında, Eyduran ve ark., (2006)'nin yürütmüş oldukları denemede ilk sene en yüksek sürgün sayısı Hollanda Boduru çeşidinden (22.2 adet) en düşük sürgün sayısı Heritage çeşidinden (15.2 adet) ikinci sene ise en yüksek sürgün sayısı Ruby ve Aksu Pembesi çeşitlerinden (sırasıyla 20.8 ve 20.3 adet) elde edilirken en az sürgün sayısı Heritage çeşidinden (18.3 adet) elde edilmiş ve bu deneme benzer sonuçlar alındığı bildirilmiştir.

Sürgün uzunluğu bakımından denemenin iki yılında

da Aksu Pembesi en uzun sürgünlere (90.10 cm ve 98.12 cm) sahip olmuştur. Hollanda Boduru çeşidi ise iki yılda da en kısa sürgünlere sahip çeşit olmuştur. (60 cm ve 68.41 cm). Ruby çeşidi ise Aksu Pembesi'nden sonra en uzun sürgünlere sahip çeşit olmuştur. Ayaş (Ankara) ve Samsun ekolojik koşullarında yürütülen adaptasyon çalışmalarında sırasıyla Aksu Pembesi ve Ruby çeşitleri en uzun sürgünlere sahip çeşitler olmuşlardır (Demirsoy ve ark., 2006; Eyduran ve ark., 2006). Bu çalışmalarda en kısa sürgün uzunluğuna sahip çeşitler ise sırasıyla Heritage ve Hollanda Boduru olmuştur. Elde edilen bu sonuçlar Yozgat iline yakın Ankara ve Samsun illerinde yapılmış çalışmalar ile benzerlik göstermiştir.

Sürgün kalınlıkları ile ilgili sonuçlar incelendiğinde bu çalışmada her iki yılda da en iyi gelişim gösteren çeşitler Aksu Pembesi ve Ruby olmuştur. Eyduran ve ark. (2006)'ın Ankara ekolojik koşullarında yaptıkları çalışmada en kalın sürgünlere sahip çeşit Ruby olurken, Demirsoy ve ark. (2006)'nın Samsun koşullarında yaptıkları çalışmada Heritage en kalın sürgünlere sahip çeşit olmuştur. Her iki çalışmada da

en ince sürgünler Hollanda Boduru çeşidinden elde edilmiştir. Eroğlu ve Gerçekçioğlu (2006)' nun yaptıkları çalışmada da benzer sonuçlar alınmış, sürgün kalınlığı en düşük olan çeşidin Hollanda Boduru olduğu bildirilmiştir.

Ahududu çeşitlerinin 2017 yılı sürgün başına verimleri incelendiğinde Heritage 177.85 g ile sürgün başına verim bakımından en iyi sonuç veren çeşit olurken sürgün başına en düşük verim Aksu Pembesi ile Hollanda Boduru çeşitlerinden elde edilmiştir (Çizelge 3). 2018 yılında ise yine sürgün başına en yüksek verim Heritage çeşidinden (337.34 g) elde edilirken en

düşük verim Hollanda Boduru çeşidinden (98.29 g) elde edilmiştir. Demirsoy ve ark. (2006) Samsun'da yaptıkları ahududu adaptasyon çalışmasında en yüksek verimi Heritage çeşidinden alırken en düşük verimi Aksu Pembesi'nden elde edilmiştir. Adana koşullarında yürütülen ahududu adaptasyon çalışmasında sürgün başına verim bakımından en iyi sonucu Heritage çeşidi verirken verimi en düşük çeşit Ruby olarak belirlenmiştir (Türemiş ve ark., 2006). Ankara koşullarında yapılan adaptasyon çalışmasında ise sürgün başına en yüksek verim Aksu Pembesi'nden elde edilirken en düşük verim Ruby çeşidinden elde edilmiştir (Eyduvan ve ark., 2006).

Çizelge 3. Yozgat koşullarında denemeye alınan ahududu çeşitlerinde 2017-2018 yıllarına ait bazı bitkisel özellikler

ÇEŞİT	Sürgün sayısı bitki ⁻¹ (adet)		Sürgün uzunluğu (cm)		Sürgün Kalınlığı (mm)		Sürgün başına verim (g adet ⁻¹)	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Ruby	3.64c*	19.33a	90.00a	96.64b	8.10a	8.39a	123.18b	152.18b
Aksu Pembesi	4.53b	15.20b	90.10a	98.12a	8.12a	8.32a	115.72c	131.73c
Heritage	2.58d	11.13d	70.01b	79.38c	7.00b	6.99b	177.85a	337.34a
Hollanda Boduru	10.25a	13.13c	60.00c	68.41d	5.00c	5.62c	114.51c	98.29d

*Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık vardır

Çeşit özelliklerine de bağlı olmakla birlikte sürgün sayısı, boyu ve bitki verimi gibi bitkisel özellikler ekolojik koşullara göre değişkenlik gösterebilmektedir (Hall, 1990). Heritage ve Hollanda Boduru çeşitleri hem meyve dalları hem de yıllık sürgünleri verimli çeşitlerdir. Ancak yıllık sürgünlerden alınan verim sonbahar dönemine denk gelmektedir. Yozgat ekolojik koşullarında bu dönemde alınan verim ve meyve kalitesi istenilen düzeyde olmamaktadır. Bu sebeple bu çalışmada sadece meyve dallarından alınan verimler karşılaştırılmıştır. Özellikle bitki büyüme ve gelişiminde sıcaklık önemli etkenlerden birisidir (Porter ve Moot, 1998). Bitkisel özellikler konusunda elde edilen sonuçların yapılmış çalışmalar ile benzerlik göstermiş olması yanında var olan rakamsal farklılıklar bölgeler arasında mevcut ekolojik farklılıklardan meydana gelmiş olduğu öngörülmektedir.

Pomolojik Özellikler

Denemede meyveler için önemli kalite kriterleri olan SÇKM, titre edilebilir asitlik, C vitamini değerleri ve çeşitlerin ortalama meyve ağırlıkları gibi bazı pomolojik özellikler incelenmiştir.

Büyük bir kısmı şekerlerden oluşan SÇKM, meyvelerin kalitelerini belirleyen önemli faktörlerden birisidir (Karaçalı, 1990; Cemeroğlu, 1992). Bu çalışmada incelenen çeşitlere ait SÇKM içerikleri Çizelge 4' de verilmiştir. En yüksek SÇKM içeriğine sahip çeşitler sırasıyla ilk yıl Aksu Pembesi (%15.70),

ikinci yıl ise Ruby (%14.90) olmuştur. Yapılmış çalışmalar incelendiğinde, Samsun ekolojik koşullarında Heritage çeşidi en yüksek SÇKM değerine (%10.8) sahip olurken (Demirsoy ve ark., 2006), Adana koşullarında Hollanda Boduru %7.4 ve Heritage çeşidinin %6 SÇKM değerine sahip olduğu belirlenmiştir (Türemiş ve ark., 2006). Ankara koşullarında yapılmış çalışmada 12 ahududu çeşidi kullanılmış bu çalışmada da yer alan çeşitler arasında olan Heritage çeşidi (%20.22) en yüksek SÇKM içeriğini vermiştir (Eyduvan ve ark., 2006). Yine Tokat ekolojik koşullarında yapılan bir çalışmada Heritage çeşidinin %10.06 SÇKM içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir (Eroğlu ve Gerçekçioğlu, 2006).

Kaliteyi belirleyen diğer bir faktör ise meyvelerin asit içerikleridir (Moretti ve ark., 1998; Koç ve ark., 2015). Çeşitlerin "Titre Edilebilir Asit" içerikleri Çizelge 4' de verilmiştir. Denemenin ilk yılında en yüksek titre edilebilir asit içeriğine sahip çeşit Aksu Pembesi (%1.54) olurken 2018 yılında en yüksek değere sahip çeşit Heritage (%2.74) olmuştur. Türemiş ve ark. (2006) yaptıkları çalışmalarında Adana koşullarında Hollanda Boduru' nun %1.58 ve Heritage çeşidinin % 0.96 asitlik değerine sahip olduklarını bildirmişlerdir. Vitamin C bitkilerde büyümeyi düzenleyici olarak görev yapmakla birlikte önemli bir antioksidan kaynağıdır (Garg ve ark., 1972). Ahududular iyi bir C Vitamini kaynağıdır. Taze ahududu meyvelerinin yaklaşık olarak 5-40 mg 100 g⁻¹ arasında C Vitamini içerdikleri belirtilmektedir (Skrovankova ve ark.,

2015). Vitamin içerikleri bakımından çilek ve böğürtlen meyveleriyle benzerlik göstermektedirler (De Ancos ve ark., 2000; Benvenuti ve ark., 2004). Bu çalışmada yıllar arasında farklar tespit edilmiş (Çizelge 4) ilk yıl verilerinde en yüksek C Vitamini içeriği Heritage çeşidinde ($65.23 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) belirlenirken denemenin ikinci yılında en yüksek C Vitamini içeriği önceki yıl en düşük içeriğe sahip olduğu belirlenen Aksu Pembesi çeşidinde ($57.28 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$) tespit edilmiştir. Ancos ve ark. (2000), yaptıkları bir çalışmada ahududu çeşitlerinin C Vitamini içeriğinin $22.10\text{-}31.20 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada belirlenen C Vitamini içeriklerinin literatüre nazaran biraz daha yüksek olmasının nedeninin ekolojinin farklılığı olduğunu düşünmekteyiz. Bitkiler stres koşulları altındayken toksik etki yapan radikallere karşı askorbik asit (C Vitamini), E Vitamini, glutatyon gibi antioksidan maddeleri kullanırlar ve bünyelerinde artırırılar (Çakmak ve Marschner, 1992). Karasal iklim koşullarına sahip Yozgat ilinde bitkiler soğuk stresine maruz kalabilmekte ve bu nedenle bünyelerinde bazı maddeleri daha fazla sentezleyebilmektedirler. Bu çalışmada 2017 verilerinin 2018 verilerine oranla daha yüksek çıkmış olması bu şekilde açıklanabilir.

Çeşitlerin sahip oldukları meyve ağırlıkları bitkilerin verim ve kalite kriterleri arasında bulunan ve adaptasyon çalışmalarında genellikle incelenen önemli özelliklerden birisidir (Eroğlu ve Gerçekçioğlu, 2006; Eyduran ve ark., 2006; Gökteş ve ark., 2009). Yapılan çalışmada çeşitlerin meyve ağırlıkları arasında ilk yıl verileri açısından istatistiki bir fark bulunamamıştır. Denemenin ikinci yılında sonuçlar arasında istatistiki farklar belirlenmiş aynı gruba giren Ruby ve Aksu Pembesi en yüksek ortalama meyve ağırlığına (2.32 g ve 2.21 g) sahip çeşitler olmuşlardır. Gökteş ve ark. (2009), Eğirdir yöresinde 12 farklı ahududu çeşidinin adaptasyon yeteneklerini belirlemişler ve bu çalışmada en yüksek ortalama meyve ağırlığını Tulameen çeşidinde (3.19 g) belirlemişlerdir. Bu çalışmada Ruby, Hollanda Boduru, Aksu Pembesi ve Heritage çeşitleri de incelenmiş iki yıl süren çalışmada ortalama meyve ağırlıkları sırasıyla 1.87 g , 1.85 g , 1.84 g ve 1.52 g olarak tespit edilmiştir. Yozgat ili ile benzer ekolojik özelliklere sahip Ankara (Ayaş) ilinde yapılmış bir çalışmada ise Heritage, Aksu Pembesi, Hollanda Boduru ve Ruby çeşitlerinin ortalama meyve ağırlıkları sırasıyla 1.81g , 1.79 g , 1.65 g ve 1.44 g olarak tespit edilmiştir (Eyduran ve ark., 2006).

Çizelge 4. Yozgat koşullarında denemeye alınan ahududu çeşitlerinde 2017-2018 yıllarına ait bazı pomolojik özellikler

ÇEŞİT	Ortalama Meyve Ağırlığı (g)		SÇKM (%)		%Asitlik		C Vitamini (mg 100g ⁻¹)	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Ruby	2.11 ^{öd}	2.32a	13.40c	14.90a	1.06c	2.39b	57.84b	39.92d
Aksu Pembesi	2.01	2.21a	15.70a	13.60b	1.54a	1.75c	25.48c	57.28a
Heritage	2.05	1.46c	15.10ab	13.40b	1.24ab	2.74a	65.23a	43.03b
Hollanda Boduru	2.23	1.79b	13.60c	10.10c	1.43a	2.29b	60.26b	40.52c

*Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık vardır

SONUÇ

Son zamanlarda gıda sanayisinde görülen büyük gelişmeler her türlü meyve sebzenin değerlendirilmesi ve muhafazasına imkân sağlamaktadır. Gıda sanayisinde oldukça yoğun kullanılan üzüm meyveleri özellikle reçel, marmelat ve pasta yapımında kullanılmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalara göre üzüm meyveleri insan sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenlerle önümüzdeki yıllarda üzüm meyvelere talebin daha çok artması beklenmektedir.

Yapılan bu çalışma ile Yozgat iline uygun ahududu çeşitlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Denemenin sonuçları incelendiğinde Hollanda boduru dışında kalan diğer ahududu çeşitlerinin yöreye uyum sağlayabildikleri görülmüştür. Ancak istatistiki olarak değerlendirilen veriler ışığında vejetatif büyüme konusunda birbirine yakın özellikler gösteren Aksu Pembesi ve Ruby çeşitlerinin bölgeye daha hızlı uyum

sağladığı belirlenmiştir. Sürgün başına meyve verimi değerleri bakımından çalışma sonucunda Heritage çeşidinin en iyi sonuçlara sahip çeşit olduğu tespit edilmiştir. Hollanda Boduru hem vejetatif gelişim hem de verim olarak diğer çeşitlere kıyasla en zayıf gelişim gösteren çeşit olmuştur. Yöre de planlanacak ahududu yetiştiriciliği projelerinde, bu çalışmada adaptasyon yeteneklerinin belirlenmeye çalışıldığı çeşitler arasından Heritage çeşidinin pomolojik özelliklerin bütünü ve sürgün başına verim kriterleri dikkate alındığında öncelikli olarak değerlendirilmesi önerilmektedir.




TEŞEKKÜR

Çalışmaya vermiş oldukları maddi desteklerinden ötürü Yozgat Bozok Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimine teşekkürü borç biliriz (Proje Kodu: 6602b-ZF/16-18).

KAYNAKLAR

- Aras S, Eşitken A 2018. Physiological Responses of Cherry Rootstocks to Short Term Salinity. *Erwerbs-Obstbau*, 60(2): 161-164.
- Ağaoğlu Y S, Çelik H, Çelik M, Fidan Y, Gülşen Y, Günay A, Halloran N, Köksal A İ, Yanmaz R 1997. Genel Bahçe Bitkileri. Ankara Üniv. Zira. Fak. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No:4, Ankara.
- Ancos B, González EM, Cano M P 2000. Ellagic Acid, Vitamin C and Total Phenolic Contents and Radical Scavenging Capacity Affected by Freezing and Frozen Storage in Raspberry Fruit. *J. Agric. Food Chem.*, 48 (10): 4565–4570.
- Benvenuti S, Pellati F, Melegari M, Bertelli D 2004. Polyphenols, Anthocyanins, Ascorbic Acid, and Radical Scavenging Activity of *Rubus*, *Ribes* and *Aronia*. *J. Food Sci.*, 69: 164–169.
- Cemeroğlu B 1992. Meyve ve Sebze İşleme Endüstrisinde Temel Analiz Metodları. Biltav Yayınları, Ankara, 381 s.
- Çakmak I, Marschner H 1992. Magnesium Deficiency and Highlight Intensity Enhance Activities of Superoxide Dismutase, Ascorbate Peroxidase and Glutathione Reductase in Bean Leaves. *Plant Physiol.*, 98:1222-1226.
- De Ancos B, González EM, Cano MP 2000. Ellagic Acid, Vitamin C, And Total Phenolic Contents And Radical Scavenging Capacity Affected By Freezing And Frozen Storage in Raspberry Fruit. *J. Agric. Food Chem.*, 48 4565–4570.
- Demirsoy L, Demirsoy H, Bilgener Ş, Ersoy B, Öztürk A, Balcı G, Çelikel G 2006. Samsun'da Yapılan Ahududu Çeşit Adaptasyon Çalışmaları. II. Ulusal Üzümsü Meyveler Sempozyumu, 14-16 Eylül, 205-211, Tokat.
- Eroğlu Z, Gerçekçiöğlü R 2006. İki Ürün Veren Bazı Ahududu (*R. idaeus* L.) Çeşitlerinin Tokat Koşullarındaki Performansları. II. Ulusal Üzümsü Meyveler Sempozyumu, 14-16 Eylül, 244-249, Tokat.
- Eyduran SP, Ağaoğlu SY, Çelik M 2006. Bazı Ahududu Çeşitlerinin Ayaş (Ankara) Koşullarına Adaptasyonu Üzerine Araştırmalar. II. Ulusal Üzümsü Meyveler Sempozyumu, 14-16 Eylül, 224-230, Tokat.
- FAO 2018. Faostat. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. (Erişim Tarihi: 23.10.2018).
- Garg OP, Kapoor V 1972. Retardation of Leaf Senescence by Ascorbic Acid. *Journal of Experimental Botany*, 23(76): 699-703.
- Göktaş A, Demirtaş İ, Atasay A 2009. Bazı Ahududu Çeşitlerinin Eğirdir (Isparta) Yöresine Adaptasyonu. III. Ulusal Üzümsü Meyveler Sempozyumu, 10-12 Haziran, 120-125, Kahramanmaraş.
- Hall HK 1990. Blackberry Breeding. *Plant Breeding Rev.*, 8: 249-312.
- Halvorsen BLK, Holte MCW, Myhrstad I, Barikmo E, Hvattum SF, Remberg AB, Wold Haffner H, Baugerod LF, Andersen J, Moskaug DR, Blomhoff JR 2001. A Systematic Screening of Total Antioxidants in Dietary Plants. *American Society for Nutritional Sciences*, 461-471.
- İpek M, Arıkan Ş, Eşitken A, Pırlak L 2018. Bitki Gelişimini Artırıcı Rizobakterilerin "Heritage" Ahududu (*Rubus idaeus* L.) Çeşidinde Bitki Gelişimi, Verim ve Meyve Kalitesi Üzerine Etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(1): 42-48.
- Kähkönen MP, A I Hopia, HJ Vuorela, JP Rauha, K Pihlaja, TS Kujala, M Heinonen 1999. Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds. *J. Agri. Food Chem.*, (47): 3954-3962.
- Karaçalı İ 1990. Bahçe Ürünlerinin Muhafazası ve Pazarlanması. E.Ü. Basımevi, 413 s., Bornova-İzmir.
- Kılıç O, Çopur UÖ, Görtay Ş 1991. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi Uygulama Kılavuzu. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları.
- Koç A, Balcı G, Ertürk Y, Keles H, Bakoğlu N 2015. Effects of Microorganism Application on Fruit Quality of San Andreas Strawberry Cultivars Under Different Salinity Conditions. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 8 (2): 47-51.
- Moretti CL, Sargent SA, Huber DJ, Calbo AG, Puschmann R 1998. Chemical Composition and Physical Properties of Pericarp, Locule and Placental Tissues of Tomatoes with Internal Bruising. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 123: 656–660
- Onur C 2006., Ahududu Yetiştiriciliği. Damla Ofset, Antalya, 100s.
- Pehlivan M, Güleriyüz M 2004. Ahududu ve Böğürtlenlerin İnsan Sağlığı Açısından Önemi. *Bahçe*, 33(1-2): 51-57.
- Porter JR, Moot DJ 1998. Research Beyond The Means Climatic Variability and Plant Growth. COST Symposium on Applied Agrometeorology and Agroclimatology. In press.
- Skrovankova S, Sumczynski D, Mlcek J, Jurikova T, Sochor J 2015. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(10): 24673-24706.
- TÜİK 2018a. Meyveler, içecek ve Baharat Bitkileri. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001. (Erişim Tarihi: 23.10.2018).
- TÜİK 2018b. Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>. (Erişim Tarihi: 24.12.2018).
- Türemiş NF, Burğut A, İğdirli D, Doğan Y, Çalışkan M 2006. Bazı Ahududu Çeşitlerinin Adana Koşullarına Adaptasyonu. II. Ulusal Üzümsü Meyveler Sempozyumu, 14-16 Eylül, 212-218, Tokat.

Investigation of the Effect of Honey Bee Pollination for Apple (*Malus sylvestris* (L.) Mill.) on Fruit Yield, Seed Number and Seed Germination Capacity

Mehmet Ali KUTLU¹, Fethi Ahmet ÖZDEMİR², Abdurrahman GÜL¹

¹Faculty of Veterinary, Bingöl University, 12000, Bingöl, ²Department of Molecular Biology and Genetics, Faculty of Science and Art, Bingöl

¹<https://orcid.org/0000-0003-0862-9690>, ²<https://orcid.org/0000-0001-7215-9692>, ³<https://orcid.org/0000-0003-4055-0229>

✉: ozdemirfethiahmet23@yahoo.com

ABSTRACT

Apple is a self-incompatible fruit that is completely pollinated by cross pollination. Honey- bees are particularly effective in cross pollination. The aim of this study was to investigate the effect of pollination of apple by honey bees on the fruit yield, average number of seeds and germination capacity of the seeds. We observed that the average number of flowers in apple branches open to pollination ranged from 10.18 ± 0.53 to 278.43 ± 0.73 while the average number of flowers in apple branches close to pollination was between 8.07 ± 1.19 and $127.05 \pm .057$. The average duration of bee stay on apple flowers open to pollination was in the range of 3.66 ± 0.09 to 8.64 ± 0.07 seconds. The total number of fruits on the branches that were open to pollination was higher than those of close to pollination. Likewise, the average number of seeds on the branches open to pollination was higher than those of closed to pollination. We also observed that the average germination of seeds obtained from branches open to pollination was higher than the those of close to pollination.

Research Article

Article History

Received : 01.04.2019

Accepted : 17.05.2019

Keywords

Apple
honey bee
pollination
fruit yield
seed number
seed germination

Elma (*Malus sylvestris* (L.) Mill.) Polinasyonunda Bal Arısı Kullanımının Meyve Verimi, Tohum Sayısı ve Tohum Çimlenme Kapasitesi Üzerine Etkisinin Araştırılması

ÖZET

Elma kendine uyumsuzluk sergileyen ve tamamen çapraz tozlaşma ile tozlaşan bir meyvedir. Bal arıları özellikle çapraz tozlamada etkin bir şekilde görev almaktadır. Bu çalışmanın amacı elma da bal arısı ile polinasyonun meyve verimi, ortalama tohum sayısı ve oluşan tohumların çimlenme kapasiteleri üzerine etkisinin araştırılmıştır. Çalışma sonucunda; polinasyona açık elma dallarında ki ortalama çiçek sayısının 10.18 ± 0.53 ile 278.43 ± 0.73 arasında değiştiği, polinasyona kapalı elma dallarında ki ortalama çiçek sayısının 8.07 ± 1.19 ile $127.05 \pm .057$ aralığında olduğu, polinasyona açık elma dallarında ki arının bir çiçekte ortalama kalma süresinin 3.66 ± 0.09 saniye ile 8.64 ± 0.07 saniye aralığında olduğu tespit edilmiştir. Polinasyona açık ve kapalı elma dallarında ki meyve sayıları karşılaştırıldığında; polinasyona açık dallarda ki toplam meyve sayısının daha fazla olduğu, polinasyona açık dallarda ki ortalama tohum sayısı ile polinasyona kapalı dallarda ki ortalama tohum sayıları karşılaştırıldığında; polinasyona açık dallarda ki tohum sayısının ortalamasının polinasyona kapalı dallarda ki tohum sayısı ortalamasından daha fazla olduğu belirlenmiştir. Polinasyona açık dallardan elde edilen tohumların ortalama çimlenme miktarının, polinasyona kapalı elma dallarından elde edilen tohumların ortalama çimlenme miktarından daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 01.04.2019

Kabul Tarihi : 17.05.2019

Anahtar Kelimeler

Elma
bal arısı
polinasyon
meyve verimi
tohum sayısı
tohum çimlenmesi

INTRODUCTION

Apple (*Malus sylvestris* (L.) Mill.) is a pome fruit that is cultivated in many parts of the world because it is well adapted to different climate characteristics (Pereira-Lorenzo et al., 2009). All of the culture plants produce flower and seeds for their reproduction. Therefore, they need mostly foreign pollination to increase product quality and quantity. Honey bee is the best pollinator to perform foreign pollination. Honey bees need nectar and pollen to survive. They visit flowers to collect nectar and pollen that they necessitate. That way they carry out the pollination of many plant species which are became the nutrition of humans. In the absence of adequate pollination, seed production may not occur, and even if seed production occurs the end-products may have deformities due to poor development. As a result, the product value of fruits and vegetables decreases. Germination and growth characteristics of the seeds without pollination may not be at the desired level (Doğaroğlu, 1985; Kumova and Korkmaz, 1998; Korkmaz and Aydın, 1999). In pollination, insects, especially bees, have a very important role (Kumova and Korkmaz, 1998). Honey bees are active pollinators because they visit flowers of many plant species, move fast, and carry much pollen to the stigma of flowers. Honey bees are preferred as pollinators because they are easily replicated and transported, they are active except rainy, windy and very cold days and they are resistant against pesticides compared to other bees (Blanchet et al., 1991). The contribution of honey bees to the economy as pollinators is much greater than their contribution as honey and wax producers. Apple is a self-incompatible fruit that is completely pollinated by cross pollination. Honey bees are particularly effective in cross pollination (Stern et al., 2007). Apiculture is an important agrarian activity which contributes to the protection and development of environment, agriculture and forest products. The contribution of apiculture to crop production by pollination is 143 times higher than the sum of income from honey and wax production (Sıralı, 2003). The value of product obtained from the pollination is 50 times greater than that of honey produced annually (Crane, 1975). Although wind is considered as a pollinator, it is insufficient for pollination for many plants due to none consistence in pollination. Flowers need bees for pollination and bees need flowers to feed themselves (McGregor, 1976; Free, 1993). The most important factor for increasing productivity in crop production is an efficient pollination. The efficiency and continuity of many plant populations depends on seed production due to sufficient pollination (Korkmaz and Aydın, 1999). The effect of pollination and fertilization on increasing fruit yield and enhancing quality is essential. Bees play an important role in pollination. To provide proper pollination conditions, it is

recommended to place 2 - 5 hives in 1 hectare garden area. Placing an appropriate number of bee-hives in orchards will ensure that the pollination conditions are kept at an optimum level (Soylu, 2003). Turkey has a great potential for fruit production and beekeeping. Turkey, having four climates and a rich flora of plants also makes this country has to have a wide genetic variation of bee races. Those factors create a suitable environment for beekeepers-fruit cultivation. Honey bees are an indispensable element of agriculture and must be used in pollination. This will in order to increase the quality and quantity in of agriculture agricultural products and will in order to make the beekeeping profession more attractive and the beekeepers more powerful (Kuvancı, 2009). When the importance of honey bees in pollination and their effective role in the quality and quantity of the products are fully understood, there will be a great improvement in agriculture. Was a result of this fact, we can conclude that besides honey, beeswax, pollen and royal jelly are additional products of honey bees. ion, the effective usage of honey-bees for pollination purposes will make an additional gain for both beekeepers and plant producers (Kumova and Korkmaz, 1998). The aim objective of this study is was to investigate the effect of pollination of apple by honey bees on the fruit yield, average seed number of seeds and seed germination capacity. of the seeds.

MATERIALS and METHODS

This study was was carried conducted out in 2018, in Bingol province, in a six years old apple garden linked of to Bingol University in Bingol province, in 2018. by using a six years old apple tree. Cultural practices such as pruning, plant nutrition fertilizer, disease and pest control applications etc. were done applied as needed according to the standard. No pesticides were applied during the flowering period of the apple tree to provide a significant advantage for the honey bees pollination. Other plants with white flowers blooming at the same time with apple created a competition in terms of honey bee activity. Therefore, weeding was performed in the trial parcel. In order to reduce the impact of the direction on the pollinator, 6 branches were selected from different aspects side site of the tree. Three of the selected branches were closed to the honey-bee visit with tulle before flowering (during the period of pink bud). For each branch that was closed to the honey-bee visit, there was a branch left open in the same direction. The flowers on the branches that were closed to honey-bee pollination and on the branches that were left open were counted every two days and the average number of flowers on the branches was recorded. On each branch open to pollination 5 flowers were randomly selected and the average values of the honey bees visiting these flowers were calculated. The stay of the bee on a flower was calculated in seconds by taking

the average of the duration of the bees visiting that flower. During the flowering period, honey-bees were counted at 10:00 a.m. for ten minutes with two day intervals and the mean values of the number of bees visiting the flowers were found. At the end of the flowering period, the tulle covering the branches were collected. Fruits are counted to detect the effect of the application on fruit numbers. The life rate of fruits on the branches open and closed to honey-bee pollination was identified by counting the total number of fruits on the branches every 15 days until the harvest time. To analyze the effect of pollination on seed formation, three fruits were taken from every open and every closed branch, the seeds were counted and the average seed count values were calculated. The experiment was planned to have 3 branches in each repetition and the averages of these repetitions were found and the standard deviation values were calculated from these repetitions.

From every branch that was closed to honey-bee pollination and from every branch that was open to honey-bee pollination the healthy fruits are collected and 15 seeds were taken from each branch. The selected seeds were used for germination tests. Seeds obtained from the fruits grown on the branches closed to pollination were placed on petri dishes. Five pieces were put on every petri dish and repetitions are done triplicate. After 21 days the mean values were obtained for the germinating seeds on the petri dishes and the standard deviation values of the repeated experiments were calculated. The same process was also done for the seeds obtained from the fruits on the branches open to the pollination. Before the seeds were placed in petri dishes, blotting paper was placed into the petri dishes and the blotting paper was soaked with water to ensure germination of seeds. Petri dishes were kept at room temperature for germination and water was added when the blotting paper got dry.

RESULTS

The average number of flowers on the branches open and closed to honey-bee pollination, the average number of honey-bees visiting the randomly chosen 5 flowers on the apple branches open to pollination within 10 minutes and average duration of stay of honey bees on a flower (in seconds) are given in Table 1. The data was collected for 35 days, from April 17th 2018 to May 22nd 2018. The data was recorded every other day. The average number of flowers on apple branches open to pollination ranged from 10.18 ± 0.53 to 278.43 ± 0.73 . The highest flowering was found on May 7th 2018 and the lowest flowering was on May 22nd 2018. The average number of flowers on the apple branches closed to pollination varied between 8.07 \pm 1.19 and 127.05 ± 0.57 . Also for those branches the highest flowering was on May 7th 2018 and the lowest flowering was on May 22nd 2018. When the average

numbers of flowers on the apple branches open and closed to pollination were compared, we observed that the number of flowers was higher on the branches opened to honey bee pollination (Table 1).

The number of bees visiting the 5 randomly selected flowers on apple branches open to honey-bee pollination within 10 minutes varied from 7.74 ± 0.17 to 93.67 ± 0.37 . While the number of bees visiting the flowers decreased at the beginning of flowering and at the end of flowering, their number rose during the period when the flowering increased. The number of honey bees visiting the flowers was highest on May 11th 2018 and their number was lowest on May 21th 2018 (Table 1).

The average length of stay of a bee on flowers on the apple branches open to honey bee pollination varied between 3.66 ± 0.09 and 8.64 ± 0.07 seconds. Towards the end of flowering the average stay time of the bees on a flower decreased. On the date of April 23th 2018 the average stay time of the bees on flowers reached its highest value and on May 19th 2018 the average length of stay on a flower descended to its lowest value (Table 1).

The change in the number of fruits on the apple branches open and closed to pollination until harvest time is shown in Table 2. Table 2 also presents the ratio of the difference of the total living fruit numbers on the branches open and closed to pollination to the total fruit number on the branches open to pollination as percentage. The counting of the fruits on the branches started on June 1st 2018. On October 15th 2018 the fruits on the branches were counted and the fruits were harvested. The counting of the fruits was done in 15 days intervals. The total number of fruits on apple branches open to honey-bee pollination was between 17 and 21, and the total number of fruits on the branches closed to pollination varied between 6 and 13. The fruit numbers were higher on the branches open to pollination. The date on which the total number of fruits on the branches was the highest was June 1st 2018, the date on which the number of fruits on the branches was the lowest was August 15th 2018. The total number of fruits did not change from this date on, until the time of harvest.

The ratio of the difference of the total number of living fruits on the branches open and closed to pollination to the number of fruits on the branches open to pollination varied between 38.09% and 68.42%. The total fruit loss rates on the branches open and closed to pollination were 19.04% and 53.84%, respectively (Table 2).

After harvest 3 fruits were randomly selected from each branch and the average seed numbers of the fruits grown on apple branches open and closed to honey-bee pollination were calculated (Table 3).

Table 1. The average flower number on the apple branches open and closed to honey bee pollination, the average honey bee number visiting 5 randomly chosen flowers within 10 minutes on the apple branches open to pollination and the average stay time of honey bees on a flower (in seconds)

Date	Time	Average flower number on the branches open to pollination	Average flower number on the branches closed to pollination	Average bee number on the branches open to pollination (10 minutes)	Residence time of bees on a flower open to pollination (second)
17/04/2018	10.00	60.13±1.03	40.27±0.63	17.54±0.05	7.03±0.06
19/04/2018	10.00	62.25±0.14	43.18±0.72	15.23±0.07	6.16±0.08
21/04/2018	10.00	74.06±0.68	56.25±0.96	24.61±0.12	7.14±0.03
23/04/2018	10.00	87.48±0.74	61.46±0.12	32.43±0.13	8.64±0.07
25/04/2018	10.00	108.54±0.41	78.17±0.58	36.26±0.16	7.06±0.12
27/04/2018	10.00	117.37±0.78	82.54±0.34	45.34±0.78	7.46±0.01
29/04/2018	10.00	145.65±1.52	87.64±1.06	56.67±0.36	8.13±0.03
01/05/2018	10.00	167.87±0.97	96.43±1.14	65.48±0.62	5.66±0.11
03/05/2018	10.00	210.79±0.63	101.74±0.87	72.21±0.23	7.13±0.14
05/05/2018	10.00	258.24±0.54	108.78±0.21	84.43±0.46	6.66±0.09
07/05/2018	10.00	278.43±0.73	127.05±0.57	78.19±0.91	6.03±0.05
09/05/2018	10.00	270.61±0.56	113.71±0.83	80.45±0.54	5.16±0.01
11/05/2018	10.00	275.76±1.07	109.32±1.14	93.67±0.37	7.66±0.07
13/05/2018	10.00	210.51±0.36	101.15±1.26	65.27±0.51	5.19±0.15
15/05/2018	10.00	185.18±0.69	97.56±0.45	24.46±0.19	7.26±0.04
17/05/2018	10.00	160.37±0.26	89.82±0.68	32.34±0.45	5.46±0.01
19/05/2018	10.00	88.07±0.17	51.08±0.39	14.18±0.32	3.66±0.09
21/05/2018	10.00	30.29±0.34	14.16±0.69	7.74±0.17	5.13±0.16
22/05/2018	10.00	10.18±0.53	8.07±1.19	9.15±0.09	5.03±0.08

±= Refers to the standard deviation value obtained from at least three repetitions

Table 2. The change of fruit numbers on the apple branches open and closed to honey-bee pollination until harvest

Date	Total fruit number on the branches open to pollination	Total fruit number on the branches closed to pollination	The ratio of the difference of the fruit numbers between the branches open and closed to pollination to the number of fruits on the branches open to pollination (%)
01/06/2018	21	13	38.09
15/06/2018	21	11	47.61
01/07/2018	19	7	63.15
15/07/2018	19	6	68.42
01/08/2018	19	6	68.42
15/08/2018	17	6	64.70
01/09/2018	17	6	64.70
15/09/2018	17	6	64.70
01/10/2018	17	6	64.70
15/10/2018	17	6	64.70
Loss at the end of harvest (%)	%19.04 wastage	%53.84 wastage	

Table 3. The average seed number on the branches open and closed to honey bee pollination

Apple branches used in the study	Average seed number on the branches open to pollination	Average seed number on the branches closed to pollination	Ratio of average seed number difference between the branches open and closed to pollination to average number of seeds on the branches open to pollination (%)
1. Branch	7.67±0.16	3.26±1.06	57.49
2. Branch	6.89±0.24	4.19±1.15	39.18
3. Branch	7.46±0.37	3.74±1.34	49.86

±= Refers to the standard deviation value obtained from at least three repetitions

The average seed numbers of the fruits on the branches open to pollination ranged between 6.89 ± 0.24 and 7.67 ± 0.16 and the average seed numbers of the fruits on the branches closed to pollination varied between 3.26 ± 1.06 and 4.19 ± 1.15 . The average seed numbers of the branches open to pollination were higher than those of closed to pollination.

The ratio of the difference of the average seed numbers between the branches open and closed to pollination to the average seed numbers of the branches open to pollination was between 39.18% and 57.49% (Table 3).

The average germination amounts of seeds obtained from healthy fruits grown on the apple branches open

and closed to honey-bee pollination is given in Table 4. The average germination of the seeds from the branches open to pollination was between 4.75 ± 1.46 and 5.65 ± 0.96 and the average germination amount of the seeds from the branches closed to pollination was between 1.98 ± 1.03 and 2.07 ± 1.64 . The seed germination obtained from the branches open to pollination was higher than those of closed to pollination. The ratio of the difference between the average germination of the seeds obtained from the branches open and closed to pollination to the average germination amount of the seeds obtained from the branches open to pollination was between %52.21 and %63.36 (Table 4).

Table 4. The average germination amount of the seeds obtained from the healthy fruits on the branches open and closed to honey-bee pollination

Apple branches used in the study	The average germination amount of the seeds obtained from the branches open to pollination	The average germination amount of the seeds obtained from the branches closed to pollination	The ratio of the average germination difference of seeds between the branches open and closed to pollination to the average germination difference of the seeds from the branches open to pollination (%)
1. Branch	5.05 ± 1.89	1.98 ± 1.03	60.79
2. Branch	4.75 ± 1.46	2.27 ± 1.34	52.21
3. Branch	5.65 ± 0.96	2.07 ± 1.64	63.36

±= Refers to the standard deviation value obtained from at least three repetitions.

DISCUSSION

Pollination and fertilization events are of great importance for the fruit formation in pome fruit species such as apple. Pollination is the most important factor causing the yield increase (McGregor, 1976; Free, 1993). Lack of pollination causes a decrease in yield production (Oronje et al., 2012). Pollination is essential in the production of cultivated plants. If there is sufficient pollination, there will be an increase of 45-50% in sunflower, 50-60% in clover species, apple and pear, 75-90 % in cucumber, 95-100% in melon and watermelon and 35-40% in tomato, trefoil and vetch (Mel'nichenko and Khalifman, 1976; Mel'nichenko, 1977). In our study, the total number of apples on the branches closed to honey-bee pollination was lower than those of open to pollination, supporting the data in the literature.

The studies conducted with fruits with multiple cores like strawberry, grapes, tomato, kiwi and cucurbit discovered that the multitude of bee visits enabled seed numbers to be at adequate levels, fruits to be fine shaped and to have an intense taste and aroma (Woyke and Bronikowska, 1984; Blanchet et al., 1991; Cervancia and Bergonia, 1991; Goodwin et al., 1991; Shrivastava and Shrivastava, 1991; Svensson, 1991; Banda and Paxton, 1991; Morse and Calderone, 2000). In our study, the average seed number from the branches closed to pollination was lower than those of

open to pollination. This result is consistent with the data in the literature.

Apple is a self-incompatible fruit that needs pollination to obtain high quality products. In the absence of pollination, the fruits shapes deteriorate and fall before developing fully as a result of some seed sketches. In a study using Granny Smith and Jersey Mac apple varieties grafted onto an M9 apple tree, it was found that honey bee activities resulted in a significant increase in yield and quality (Canverdi, 2016). In another study conducted in apple orchards in England, it was reported that the use of honey bees in the pollination increased the quality of fruit, regulated the level of minerals and caused an increase in production and quality (Garratt et al., 2014). In this study, we have shown that honey bee pollination had a significant effect on the average number of fruits and average seed production in apple.

In a study on seed production and quality of culture onion variety of Valencia, the authors reported that honey-bees had a nutritional search behavior between 8:15 a.m. and 16:30 p.m., but the most intense nutritional search activity was between 11:00 a.m. and 12:00 p.m. (Yücel and Duman, 2005). In our study, we chose 10:00 a.m. to observe the visits and the duration of stay on flowers for the honey-bees. We chose the time when bees work most intensively to increase the reliability of our findings.

A study on the effect of pollination on the germination of *Lasthenia californica* seeds showed that pollination increased seed germination capacity and effected germination quality positively (Hendrickson et al., 2018). In our study, we observed that the average germination of apple seeds was higher when honey bee pollination was present.

As a result of this study, we conclude that there is a significant relationship between bees and plant pollination. To obtain a high quality and quantity of products and to increase the amount of seed production and germination, bee colonies need to be placed near to cultivation sites.

ACKNOWLEDGMENT

We thank Burcu KUTLU and Hayati ORTAESKİNAZI who contributed to the writing of this paper.

REFERENCES

- Banda HJ, Paxton RJ 1991. Pollination of greenhouse tomatoes by bees. The 6th International Symposium on Pollination. Acta Horticulturae, Tilburg, The Netherlands, 288: 194-198.
- Blanchet P, Douault P, Pouvreau A 1991. Kiwifruit (*Actinidia deliciosa* Chev.) pollination: Honey-bee behaviour and its influence on the fruit. The 6th International Symposium on Pollination. Acta Horticulturae, Tilburg, The Netherlands, 288: 376-381.
- Canverdi NP 2016. Bal arılarının elmada tozlanmaya etkisinin belirlenmesi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ordu. 51.
- Cervancia CR, Bergonia EA 1991. Insect pollination of cucumber (*Cucumis sativus* L.) in the Philippines. The 6th International Symposium on Pollination. Acta Horticulturae, Tilburg, The Netherlands, 288: 278-281.
- Crane E 1975. Honey: A Comprehensive survey. Heinemann, London.
- Doğaroğlu M 1985. Bitkisel üretimde verimliliği artırmada bal arısının yeri ve önemi. Yem Sanayi Dergisi, 48: 11-15.
- Free JB 1993. Insect pollination of crops. 2nd Ed., Academic Press, London, 684.
- Garratt MPD, Breeze TD, Jenner N, Polce C, Biesmeijer JC, Potts SG 2014. Avoiding a bad apple: Insect pollination enhances fruit quality and economic value. Agriculture Ecosystems and Environment, 184: 34-40.
- Goodwin RM, Ten Houten A, Perry JH 1991. Feeding sugar syrup to honey bee colonies to improve kiwifruit pollen collection: A Review. The 6th International Symposium on Pollination, Acta Horticult. Tilburg, The Netherlands, 288: 265-269.
- Hendrickson EC, Thompson PG, Cruzan MB 2018. Density-dependent pollination and germination in the patchy vernal pool species *Lasthenia californica*. International journal of plant sciences. 179(7): 583-591.
- Korkmaz A, Aydın A 1999. Sürdürülebilir tarımda bal arısının rolü. Ziraat Mühendisliği Dergisi, 323: 24-26.
- Kumova U, Korkmaz A 1998. Polinasyonda bal arılarının (*Apis mellifera* L.) yeri ve önemi. Tarım ve Köy. 12 : 53-56.
- Kuvancı A 2009. Fazelya (*Phaceliatanacetifolia* Benth), korunga (*Onobrychissativa* L.) ve yonca (*Medicagosativa* L.) bitkilerinin arı tercihi açısından değerlendirilmesi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 52s Ordu.
- McGregor SE 1976. Insect pollination of cultivated crop plants. Agr. Res. Serv. U.S. Dept. Agr. Washington D.C.
- Mel'nichenko AN 1977. Role of insect-pollinators in increasing yields of agricultural plants. In: Pollination of Agricultural Crops by Bees (Mel'nichenko, A.N. Ed.) Vol. III., pp.150, Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd, New Delhi, Bombay, Calcutta, New York.
- Mel'nichenko AN, Khalifman IA 1976. Role of honeybees in effectively increasing the yield of agricultural crops. In: Pollinaion of Agr. Crops by Bees (Kozin, R.B. Ed.), pp. 365, Amerind Pub. Co.Pvt. Ltd, New Delhi, Bombay, Calcutta, New York.
- Morse RA, Calderone NW 2000. The value of honey bees as pollinators of U. S. crops in 2000, Cornell University, Ithaca, New York.
- Oronje MLO, Hagen M, Gikungu M, Kasina M, Kraemer M 2012. Pollinator diversity, behaviour and limitation on yield of karela (*Momordica Charantia* L. *Cucurbitaceae*) in Western Kenya. Afri. J. Agri. Res. 7(11): 1629-1638.
- Pereira-Lorenzo S, Ramos-Cabrer AM, Fischer M 2009. Breeding apple (*Malus Domestica* Borkh)." Breeding plantation tree crops. Temperate Species, 10: 33-82.
- Shrivastava GP, Shrivastava U 1991. Coevolution of stamens and carpels in cucurbits and of their insect pollinators. The 6th International Symposium on Pollination. Acta Horticulturae, Tilburg, The Netherlands, 288: 347-351.
- Sıralı R 2003. Arıcılığın Türkiye için önemi. Arıcılık Araştırma Dergisi, 2(4): 3-4.
- Soylu, A 2003. Meyve ağaçlarında çiçeklenme, tozlaşma ve bal arıları. Uludağ Arıcılık Dergisi. Mayıs. 2003 (2): 1-10.
- Stern RA, Sapir G, Shafir S, Dag A, Goldway M 2007. The appropriate management of honey bee colonies for pollination of rosaceae fruit trees in warm climates. Middle Eastern and Russian Journal of Plant Science and Biotechnology, 1(1): 13-19.

- Svensson B 1991. The importance of honeybee-pollination for the quality and quantity of strawberries in central Sweden. The 6th International Symposium on Pollination, Acta Horticulturae, Tilburg, The Netherlands, 288: 260-264.
- Woyke H, Bronikowska K 1984. The influence of honey bee population on pickling cucumber yield. In: Proc.5th International Symposium on Pollination, Versailles. 323-327.
- Yücel B, Duman G 2005. Effects of foraging activity of honey bees (*Apis Mellifera* L.) on onion (*Allium Cepa*) seed production and quality. Pakistan Journal of Biological Sciences, 8: 123-126.



Impact of Cadmium and Lead Heavy Metal Stress on Plant Growth and Physiology of Rocket (*Eruca sativa* L.)

Ertan YILDIRIM¹, Melek EKİNCİ^{2*}, Metin TURAN³, Güleray AĞAR⁴, Selda ÖRS⁵

Atilla DURSUN⁶, Raziye KUL⁷, Tayfun BALCI⁸

^{1,2,6,7,8}Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Erzurum, ³Yeditepe University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Genetics and Bioengineering, Istanbul, ⁴Atatürk University, Faculty of Science, Department of Biology, Erzurum, ⁵Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Erzurum

¹<https://orcid.org/0000-0003-3369-0645>, ²<https://orcid.org/0000-0002-7604-3803>, ³<https://orcid.org/0000-0002-4849-7680>,

⁴<https://orcid.org/0000-0002-8445-5082>, ⁵<https://orcid.org/0000-0001-6789-8642>, ⁶<https://orcid.org/0000-0002-8475-8534>,

⁷<https://orcid.org/0000-0002-5836-6473>, ⁸<https://orcid.org/0000-0002-8255-6760>

✉: ekincim@atauni.edu.tr

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the influence of cadmium (Cd) (0, 100, 150 and 200 mg kg⁻¹) and lead (Pb) (0, 1000, 1500 and 2000 mg kg⁻¹) on morphological, physiological and biochemical responses of rocket (*Eruca sativa* L.) in greenhouse conditions. Plant growth, some physiological (membrane permeability, relative water content, stomal conductance, etc.) and biochemical (antioxidant enzyme activity, proline and sucrose content) parameters of rocket plants were altered with Cd and Pb levels. The Cd and Pb content in rocket increased with elevated concentration. Both Cd and Pb stress conditions negatively affected plant growth, photosynthetic activity and chlorophyll content. The negative effect of heavy metals elevated with increased doses of Cd and Pb. The treatment of Cd and Pb significantly elevated antioxidant enzyme activities. Furthermore, the heavy metal stressed plants had more malondialdehyde (MDA), hydrogen peroxide (H₂O₂), proline and sucrose as compared to control plants. This study indicated that rocket plants developed defense mechanisms by regulating enzyme activity and osmolyte accumulation against heavy metal stress.

Research Article

Article History

Received : 03.04.2019

Accepted : 16.05.2019

Keywords

Rocket

Cadmium

Lead

Plant growth

Physiological characteristics

Kadmiyum ve Kurşun Ağır Metal Stresinin Rokada (*Eruca sativa* L.) Bitki Büyümesi ve Fizyolojisi Üzerine Etkisi

ÖZET

Bu çalışma, sera koşullarında kadmiyum (Cd) (0, 100, 150 ve 200 mg kg⁻¹) ve kurşunun (Pb) (0, 1000, 1500 ve 2000 mg kg⁻¹) rokada (*Eruca sativa* L.) morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal tepkiler üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Roka bitkilerinin büyüme, bazı fizyolojik (membran geçirgenliği, nisbi su içeriği, stoma iletkenliği vb.) ve biyokimyasal (antioksidan enzim aktivitesi, prolin ve sukroz içeriği) parametreleri ağır metal stres koşulları altında değişmiştir. Rokanın Cd ve Pb içeriği yüksek konsantrasyonla artmıştır. Hem Cd hem de Pb stres koşulları bitki büyümesini, fotosentetik aktiviteyi ve klorofil içeriğini olumsuz etkilemiştir. Ağır metallerin negatif etkisi artan Cd ve Pb dozları ile daha fazla olmuştur. Cd ve Pb uygulamaları antioksidan enzim aktivitelerini önemli ölçüde artırmıştır. Ayrıca, ağır metal stresli bitkilerde, kontrol bitkilerine kıyasla daha fazla malondialdehit (MDA), hidrojen peroksit (H₂O₂), prolin ve sukroz bulunmuştur. Bu çalışma, roka bitkilerinin enzim aktivitesini ve osmolit birikimini düzenleyerek ağır metal stresine karşı savunma mekanizmaları geliştirdiklerini göstermiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 03.04.2019

Kabul Tarihi : 16.05.2019

Anahtar Kelimeler

Roka

Kadmiyum

Kurşun

Bitki büyümesi

Fizyolojik özellikler

INTRODUCTION

The ecological pollution emerged by industrialization has caused contamination of soil and water resources. This situation reached dangerous levels in many countries in all the world (Robinson et al., 2001). High heavy metal (Cd^{+2} , Pb^{+2} , Zn^{+2} , etc.) concentrations in agricultural areas were determined to be toxic and the situation is defined as heavy metal stress. Heavy metal accumulation in soils can cause many environmental and human health problems, including microbial activity, soil fertility, biodiversity and yield losses in crops, and even poisoning in foodstuffs. Heavy metals are considered to be one of the most dangerous substances in the environment (Vanlı and Yazgan, 2008). Heavy metals can stay in dangerous densities in ecosystems by moving around food chains. Continuous and usage-related contamination causes a considerable amount of heavy metal content and density in the environment (Okcu et al., 2009).

Heavy metal stress conditions negatively influence plant growth, yield and productivity. These adverse effects occur by affecting the metabolic, physiological and biochemical characteristics in plants. Yield and quality losses are observed in plants grown in industrial areas contaminated with industrial wastewater. It also accelerates aging by reducing photosynthetic activity in the plant. Due to heavy metals, plant roots are usually shortened, thinner or less developed, and in high concentrations cases resulting plants to die (Saklı, 2011).

Heavy metal stress promotes free radical formation, damaging plant tissues and causing oxidative damage in plants. Metal stress leads to producing excessively reactive oxygen species (ROS) that are unstable and harmful to cells and lead to oxidative injury. Excessive amounts of ROS damage nucleic acids, lipids, and proteins. Plants ameliorate different defense mechanisms to prevent from these damages due to heavy metals. These defense mechanisms include plant chelates and antioxidative defense systems with a low molecular weight, thiol-containing and metal-binding polypeptide class. The plants have various antioxidant molecules (ascorbate, glutathione, α -tocopherol) and enzymes (SOD, POD and CAT), which protect themselves against oxidative damage. Antioxidant enzymes have a major role in the defense mechanism developed to heavy metal stress in plants (Unalan, 2010; Ahmad et al., 2017).

The most severe poisonous heavy metals were reported as Cd, Pb and Hg (Okcu et al., 2009). Cd and Pb are dangerous metals, which has a high mobility and negative effects on the plants and all living organisms even at low concentrations (Needleman et al., 1990). Cd can enter the body via the food chain and can lead to health problems (Hassan et al., 2008). Tolerances of plants to heavy metal stress may differ depending on

the crop, type of the heavy metal and the duration of exposure to stress. Thus, the type and concentration of heavy metals was reported to be very important on life events in plants (Asri and Sonmez, 2006).

The rocket (*Eruca sativa* L.) is grown mostly in Mediterranean countries and is consumed extensively as a source of nutrition, an aphrodisiac and a medicinal herb. Rocket also is rich in glucosinolates, flavonoids and phenolics, which have antioxidant and anticancer characteristics and are associated with reduced risk of cardiovascular and cognitive disease (Maia et al., 2015). Zhi et al. (2015) stated that rocket plant can be tolerant or moderately tolerant to copper, mercury, chromium, and cadmium, and highly tolerant to lead, nickel and zinc.

There are several studies investigating the influences of Cd and Pb on rocket growth yet, they are limited in details. The present study was conducted to determine the threshold values of rocket in different doses of both Cd and Pb regarding to plant growth, physiology and biochemical characteristics.

MATERIALS and METHODS

The study was conducted in greenhouses of Atatürk University, Plant Production Application and Research Center. Rocket (*Eruca sativa* cv Bengi) was used as plant material.

The Experiment Set up

Seeds were planted in 2-liter pots filled with a ratio of 2: 1: 1 (v: v: v) of soil: sand: manure having around 1.30 g cm^{-3} bulk density. After the seedling emergence, four plants similar in size were left in each pot. The soil moisture in the pots was controlled and irrigated to reach the field capacity as needed. The fertilization was done by using chemical fertilizer to be 250 kg ha^{-1} N, 200 kg ha^{-1} P_2O_5 and 150 kg ha^{-1} K_2O (Esiyok, 2012).

Heavy Metal Applications

In the experiment, 2 pollutants (PbNO_3 and $\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) $\times 3$ replications $\times 5$ plants were repeated in a total of 120 pots. For heavy metal stress, various levels of Cd (0, 100, 150 and 200 mg kg^{-1}) and Pb (0, 1000, 1500 and 2000 mg kg^{-1}) were mixed into the medium and watered to the field capacity and allowed to incubate for 3 weeks. After this period, rocket seeds were sown. Experiments were completed 50 days after the planting and fresh and dry weights of leaf and root and number of leaf were recorded.

Chlorophyll Content (SPAD)

The chlorophyll content was detected by the SPAD-502 chlorophyll meter (SPAD-502, Konica Minolta Sensing, Inc., Japan).

Leaf Area

The plant leaf area in each application was measured using a leaf area meter (LICOR, Model: LI-3100, Lincoln, NE, USA).

Membrane Permeability (MP)

A sign of damage caused by plant stress in leaf tissue and especially in cell membranes is the electrical conductivity measurements measured in wet leaf tissues. For this purpose, discs taken from the most recently developed leaves of 2 plants randomly selected from each replicate (1 cm in diameter) were put in glass bottles containing 20 ml of ultrapure water and shaken for 24 hours in the shaker and then the electrical conductivity of the wetting water was determined (EC1). Glass bottles were kept in an autoclave at 121 °C for 20 minutes, after which complete destruction of cells and tissues was achieved, followed by a second measurement (EC2). The membrane permeability values were calculated by calculating the ratio between EC1 / EC2.

Relative Water Content (RWC)

Relative water content (RWC) was determined according to González and González-Vilar (2001).

Photosynthetic Parameters

Photosynthetic rate (P_n), stomatal conductance (g_s), transpiration rate (T_r), and intercellular CO_2 concentration (C_i) were measured on the third fully expanded upper leaves. The measurements were done by using a portable Li-Cor 6400 Photosynthesis System (LI-COR, Lincoln, USA) between 10:00 and 1:00 pm on a sunny day (Ors et al., 2016).

MDA and H_2O_2

MDA and H_2O_2 concentration were determined according to Liu et al. (2014).

Sucrose

The sucrose content was determined by using the method of Wu et al. (2011).

Proline

Proline concentration of the samples was determined at 520 nm by a spectrophotometer (Man et al., 2011).

Cd and Pb Analysis

The leaves of the rocket were dried at 68°C for 48 h and grounded. Cd and Pb content was analyzed by a coupled plasma spectrophotometer (Optima 2100 DV; Perkin-Elmer, Shelton, CT) (Helrich, 1990).

Antioxidant Activity

Assays of antioxidant enzyme activity were performed according to Liu et al. (2014).

Statistical Analysis

The experiment was a randomized plot design with three replications. The data obtained from the experiment were analyzed by using SPSS 18 package program and the means were compared by Duncan multiple comparison test (SPSS Inc., 2010).

RESULTS and DISCUSSION

In our experiment, heavy metal applications had a negative effect on plant growth characteristics in rocket (Table 1). The exposure of the rocket to Cd and Pb stress considerably resulted in reduced growth. The fresh and dry weights of shoots and roots were significantly lowered with the elevation of Cd and Pb concentration. Overall, 200 mg kg⁻¹ Cd and 2000 mg kg⁻¹ Pb significantly inhibited the growth of the rocket plant. The leaf fresh weight, leaf dry weight, root fresh weight and root dry weight at 200 mg kg⁻¹ Cd drastically reduced by 44.7, 51.4, 27.8 and 36.8% as compared to the control, respectively. Similarly, 2000 mg kg⁻¹ Pb treated plants had 60.9, 56.8, 40.5 and 63.2% lower in leaf fresh weight, leaf dry weight, root fresh weight and root dry weight, respectively, than the control (Table 1). Root growth inhibition in plants is one of the most important symptoms of Cd and other heavy metals (Kim et al., 2007; Groppa et al., 2008). Many researchers reported earlier that heavy metals have an unfavorable impact on plant growth and have undergone oxidative damage by disrupting metabolism in plants (Schützendübel et al., 2001; Benavides et al., 2005; Gratao et al., 2005). The decline in growth due to cadmium application was explained by cadmium interaction with important metabolic factors such as photosynthesis, transportation of photosynthetic outputs and nutrients in plants (Iqbal et al., 2010).

We also found that Cd and Pb treatments caused reduce on leaf number, leaf area and SPAD values (Table 2). The similar result reported by Opeolu et al. (2010) showing that leaf number and plant height of tomato were adversely affected by Pb applications. In our study, we observed heavy metal treatments caused chlorosis in rocket plants. A decrease in cadmium-induced chlorophyll concentration was shown in barley (Stobart et al., 1985), beans (Padmaja et al., 1990), cucumber (Chugh and Sawhney, 1999), corn and wheat (Zhao, 2011). Similarly, it has been reported that Cd toxicity causes chlorosis, leaf curling and stunting (Moreno et al., 1999; Emamverdian et al., 2015). Heavy metals have been reported to prevent cell division and elongation (Karcz and Kurtyka 2007). Cd stress leads to reduce the concentration of chlorophyll, which is related to the inhibition of chlorophyll biosynthesis (Malik et al., 1992; Vassilev and Yordanov, 1997; Drajčkiewicz and Baszyński, 2005). Furthermore, the low chlorophyll concentration due to Cd application

Table 1. Effects of heavy metal applications on some plant growth characteristics in rocket plants

Treatments mg kg ⁻¹	Stem diameter (mm)	Leaf fresh weight (g plant ⁻¹)	Leaf dry weight (g plant ⁻¹)	Root fresh weight (g plant ⁻¹)	Root dry weight (g plant ⁻¹)
Control	3.61 a*	8.56 a	1.11 a	1.92 a	0.19 a
Cd 100	2.85 bc	5.67 b	0.64 bc	1.59 b	0.15 c
Cd 150	2.77 c	4.96 c	0.59 cd	1.53 b	0.13 d
Cd 200	2.48 d	4.73 d	0.54 cd	1.40 c	0.12 e
Pb 1000	2.89 b	5.61 b	0.76 b	1.50 b	0.18 b
Pb 1500	2.81 bc	4.08 e	0.49 d	0.84 d	0.09 f
Pb 2000	2.58 d	3.35 f	0.48 d	0.66 e	0.07 g

*: The means marked with different lower case in same column differ meaningfully (P < 0.001)

Table 2. Effect of heavy metal applications on leaf number, SPAD, leaf area, MP and RWC in rocket plants

Treatments mg kg ⁻¹	Leaf number no plant ⁻¹	Chlorophyll SPAD	Leaf area cm ² plant ⁻¹	MP %	RWC %
Control	9.60 a*	53.07 a	8.10 a	43.99 e	80.17 a
Cd 100	7.74 b	51.20 a	7.13 b	49.39 d	74.40 b
Cd 150	7.58 b	45.87 b	6.23 c	64.45 b	71.30 c
Cd 200	7.23 b	44.87 b	5.11 e	68.56 a	66.72 d
Pb 1000	6.69 b	51.93 a	7.02 b	48.88 d	71.41 c
Pb 1500	6.37 b	50.74 a	6.37 c	58.37 c	65.38 de
Pb 2000	6.76 b	46.23 b	5.62 d	63.55 b	63.09 e

*: The means marked with different lower case in same column differ meaningfully (P < 0.001)

was associated with magnesium and iron lack (Greger and Ogren, 1991). Indeed, we observed that Cd caused a decrease in Fe and Mg amount in leaves and roots of rocket plants (data not shown). Marshner (2012) clarified that Cd can affect cell wall extension and cell division, resulting in decreased growth. The most important reason for excessive Cd doses to disrupt the chlorophyll biosynthesis is the inhibition of aminolaevulinic acid synthesis by the protocol of chlorophyll reductase in chlorophyll biosynthesis (Asri and Sonmez, 2011).

The influence of various Cd and Pb levels on the RWC and MP of the rocket plants is shown in Table 2. Cd and Pb applications dramatically increased the MP and decreased the RWC. Metal toxicity may affect membrane permeability, leading to a decrease in water content. It is reported that Cd interacts with the water balance (Costa and Morel, 1994). The decreased RWC observed in our study can be caused by heavy metal-stimulated reductions in hydraulic conductivity (Ehlert et al., 2009). Similarly, earlier researchers showed that heavy metal stress caused a reduction in RWC of several crops (Manousaki and Kalogerakis, 2009; Ahmad et al., 2011). Our findings are in line with Alyemeni et al. (2017) who indicated that Cd elevated the MP in bean. Heavy metals lead to free radicals production and leading oxidative degradation of thylakoid membrane lipids, in such cases it is known that chlorophyll destruction is increased and its synthesis is prevented (Asri and Sonmez, 2011).

As the concentration of Cd and Pb increased, photosynthetic parameters were adversely affected

(Table 3). Krupa and Baszynski (1995) reported earlier that heavy metals directly or indirectly affect the photosynthetic process. Cd can also break down the photosynthetic electron chain, causing to the generation of O₂^{·-} and ¹O₂. Photosynthetic parameters are adversely affected by Cd stress (Asada and Takahashi, 1987; Alloway, 1995). Hasan et al. (2009) determined that Cd had a detrimental impact on photosynthetic activity by causing stomata to close. Although the heavy metals are determined to affect photosynthetic activity, Prasad (1999) reported that Cd is the most important inhibitor of photosynthetic activity. Similarly, Sharma and Dubey (2005) reported that the amount of Pb taken into the plant limits the photosynthesis, disrupts the balance of water and minerals, and adversely affects the hormonal structure and membrane permeability.

The present study showed that Cd and Pb treated plants had more MDA and H₂O₂ content than the control plants (Table 4). Cd and Pb treatments caused to oxidative stress because of enhanced lipid peroxidation and H₂O₂ content. The highest MDA and H₂O₂ were obtained from the 200 mg kg⁻¹ Cd treatment. Lipid peroxidation is an indicator of oxidative stress in plants. In this study, lipid peroxidation level increased due to Cd and Pb application. Metal phytotoxicity causes oxidative stress by indirect mechanisms such as increasing the formation of toxic oxygen derivatives and leading to lipid peroxidation (Montillet et al., 2004). Cadmium causes very important damages and oxidative stress in plant metabolism (Gratao et al., 2005).

Table 3. Effects of heavy metal applications on photosynthetic activity in rocket plants

Treatments mg kg ⁻¹	Pn mmol m ⁻² s ⁻¹	gs mmol m ⁻² s ⁻¹	Ci µmol mol ⁻¹	Tr mmol m ⁻² s ⁻¹
Control	9.10 a*	0.88 a	382.78 a	11.04 a
Cd 100	7.76 b	0.35 d	342.78 b	8.73 c
Cd 150	7.34 c	0.32 de	327.18 c	8.10 d
Cd 200	5.63 f	0.30 e	318.00 cd	6.74 e
Pb 1000	7.76 b	0.62 b	348.61 b	10.50 b
Pb 1500	6.90 d	0.52 c	309.08 d	9.10 c
Pb 2000	6.52 e	0.49 c	312.89 d	8.63 c

*: The means marked with different lower case in same column differ meaningfully (P < 0.001)

Table 4. Effects of heavy metal applications on MDA, H₂O₂, proline and sucrose content in rocket plants

Treatments mg kg ⁻¹	MDA nmol g ⁻¹ dry wt	H ₂ O ₂ mmol kg ⁻¹	Proline µg g ⁻¹ fresh wt	Sucrose %
Control	4.49 e*	9.90 d	145.64 d	32.82 d
Cd 100	4.88 c	10.59 c	160.33 c	36.54 ab
Cd 150	4.95 bc	11.88 a	163.00 c	37.81 a
Cd 200	5.21 a	11.48 a	182.37 b	35.05 bc
Pb 1000	4.70 d	10.07 d	163.92 c	34.51 c
Pb 1500	4.89 c	11.06 b	218.99 a	38.08 a
Pb 2000	5.05 b	11.03 b	222.21 a	35.97 bc

*: The means marked with different lower case in same column differ meaningfully (P < 0.001)

The increase in lipid peroxidation due to Cd application reported earlier in different crops, such as peas (Dixit et al., 2001), cucumber (Zhang et al., 2002) and corn and wheat (Zhao, 2011). Moreover, the onset of lipid peroxidation was seen in bean under cadmium stress (Lozano-Rodriguez et al., 1997).

Proline and sucrose content increased with heavy metal treatments (Table 4). The greatest proline value was observed in 2000 and 1500 mg kg⁻¹ dose of Pb treatments while the greatest sucrose values were in 1500 Pb and 150 Cd. Organic osmolytes such as proline and sucrose improve the stress tolerance of plants (Tester and Davenport, 2003).

Cd-tolerant plants have been reported to accumulate compatible osmolytes. As observed in the present study, Irfan et al. (2014) also showed that tolerant cultivars of mustard had greater proline content than sensitive ones in mustard under Cd stress conditions. Zengin and Munzuroglu (2006) found similar observations in sunflower. Moreover, it has been known that the activity of proline synthesizing enzymes could be stimulated under stress environments (Jaleel et al., 2007). Emamverdian et al. (2015) suggested that proline can give a role as protein stabilizer under heavy metal stress.

The influences of the Cd and Pb treatments on SOD, POD and CAT activity in rocket plants are shown in Table 5. Cd and Pb treated plants sustained more SOD, POD and CAT activity than the control (Table 5). Plants activate enzymatic defense systems (SOD, APX, GR, CAT, GPX etc.) under stress conditions. Abiotic stresses conditions enhance ROS in cells that cause the

damage of cellular homeostasis. The stimulation of antioxidant enzymes by oxidative stress reflects an overall strategy for dealing with stress (Foyer et al., 1994). SOD, CAT and POD activities have been suggested to lower the lipid peroxidation process in Cd stressed sunflower plants (Gallego et al., 1996). Patel et al. (2016) suggested that the antioxidant enzyme activities, MDA, and proline production increased in heavy metal stressed spearmint (*Mentha spicata*), which was accordance with our results. Similarly, Khavari-Nejad et al. (2013) stated that the phenol, flavonoid, and proline content increased in basil with increasing level of Cd.

Cd and Pb application into the growth medium elevated the concentration of Cd and Pb in both leaves and roots of rocket plants (Table 6). We found that Cd content in the roots was much greater than in leaves. Similar results were found by different authors (Salt et al., 1997; Ozturk et al., 2003; Uraguchi et al., 2009). Heavy metals have been mostly observed to accumulate in the roots. Thus, roots are considered as part of plants that occur toxification (Kabata-Pendias and Pendias, 2001). Cannata et al. (2013) revealed that Cd and Pb content elevated with increased doses of these elements in root media. They also showed that arugula roots had higher metal content than shoots.

CONCLUSION

Both Cd and Pb stress conditions had an adverse effect on plant growth, photosynthetic activity, chlorophyll content, and these effects more drastically occurred when the concentration of two stress factors increased.

Table 5. Effects of heavy metal applications on SOD, POD and CAT activity in rocket plants

Treatments mg kg ⁻¹	SOD EU g leaf ⁻¹	POD EU g leaf ⁻¹	CAT EU g leaf ⁻¹
Control	200.33 d *	5715.00 b	145.67 e
Cd 100	216.67 c	6639.67 a	191.00 b
Cd 150	211.67 c	6705.33 a	190.67 b
Cd 200	236.67 a	6683.67 a	227.00 a
Pb 1000	222.67 b	6725.33 a	159.67 d
Pb 1500	216.33 c	6704.67 a	166.00 d
Pb 2000	204.33 d	6635.00 a	177.33 c

*: The means marked with different lower case in same column differ meaningfully (P < 0.001)

Table 6. Effects of heavy metal applications on Cd and Pb content in leaf and root of rocket plants

Treatments mg kg ⁻¹	Leaf Cd	Root Cd mg kg ⁻¹	Leaf Pb	Root Pb
Control	0.32 d*	0.59 d	0.93 d	2.71 d
Cd 100	0.74 c	1.68 c	0.95 d	2.73 d
Cd 150	0.91 b	2.14 b	0.90 d	2.65 d
Cd 200	1.63 a	3.25 a	0.83 e	2.66 d
Pb 1000	0.29 d	0.59 d	1.56 c	4.60 c
Pb 1500	0.28 d	0.59 d	2.16 b	6.90 b
Pb 2000	0.27 d	0.61 d	2.66 a	7.87 a

*: The means marked with different lower case in same column differ meaningfully (P < 0.001)

Cd was more impressive at lower doses than Pb. However, rocket plants developed defense mechanisms by regulating enzyme activity and osmolyte accumulation against the Pb and Cd stress conditions.

ACKNOWLEDGMENT

We appreciate Atatürk University, Scientific Research Projects Foundation for generous financial support (Project Number FHD-2018-6702).

REFERENCES

- Ahmad IZ, Ahmad A, Mabood A, Tabassum H 2017. Effects of Different Metal Stresses on the Antioxidant Defense Systems of Medicinal Plants. In Reactive Oxygen Species and Antioxidant Systems in Plants: Role and Regulation under Abiotic Stress, Springer, Singapore, pp. 215-256.
- Ahmad P, Nabi G, Ashraf M 2011. Cadmium-Induced Oxidative Damage in Mustard [*Brassica juncea* L.] Czern.& Coss.] Plants can be Alleviated by Salicylic Acid. S. Afr. J. Bot., 77: 36-44.
- Alloway BJ 1995. Cadmium. In Alloway, B. J. (2.ed.) Heavy Metals in Soils. Blackie, London, pp. 122-152.
- Alyemeni MN, Ahanger MA, Wijaya L, Alam P, Ahmad P 2017. Contrasting Tolerance Among Soybean Genotypes Subjected to Different Levels of Cadmium Stress. Pak. J. Bot., 49(3): 903-911,
- Asada K, Takahashi M 1987. Production and Scavenging of Active Oxygen in Photosynthesis. In: Kyle DJ, Osmond C, Arntzen CJ (eds.), Photoinhibition, Elsevier, New York, pp. 227-297.
- Asri ÖF, Sönmez S 2006. The Effect of Heavy Metal Toxicity on Plant Metabolism. West Mediterranean Agricultural Research Institute, Derim Journal 23(2): 36-45.
- Asri FO, Sonmez S 2011. Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri www.batem.gov.tr/yayinlar/derim/2006/36-45.pdf.
- Benavides MP, Gallego SM, Tomaro ML 2005. Cadmium Toxicity in Plants. Brazilian J Plant Physiol., (17): 21-34.
- Cannata MG, Carvalho R, Bertoli AC, Augusto AS, Bastos ARR, Carvalho JG, Freitas MP 2013. Effects of Cadmium and Lead on Plant Growth and Content of Heavy Metals in Arugula Cultivated in Nutritive Solution. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 44(5): 952-961.
- Chugh LK, Sawhney SK 1999. Effect of Cadmium on Activities of Some Enzymes of Glycolysis and Pentose Phosphate Pathway in Pea. Biologia Plantarum, 42(3): 401-407.
- Costa G, Morel JL 1994. Water Relations, Gas Exchange and Amino Acid Content in Cd-Treated Lettuce. Plant Physiol. Biochem. 32: 561-570.
- Dixit V, Pandey V, Shyam R 2001. Differential Antioxidative Responses to Cadmium in Roots and Leaves of Pea (*Pisum sativum* L. cv. Azad). J. Exper. Bot., 52(358): 1101-1109.
- Drażkiewicz M, Baszyński T 2005. Growth Parameters and Photosynthetic Pigments in Leaf Segments of *Zea mays* Exposed to Cadmium, as Related to Protection Mechanisms. J. Plant Physiol., 162(9): 1013-1021.
- Ehlert C, Maurel C, Tardieu F, Simonneau T 2009.

- Aquaporin-Mediated Reduction in Maize Root Hydraulic Conductivity Impacts Cell Turgor and Leaf Elongation even without Changing Transpiration. *Plant Physiol.*, 150(2): 1093-1104.
- Emamverdian A, Ding Y, Mokhberdorani F, Xie Y 2015. Heavy Metal Stress and Some Mechanisms of Plant Defense Response. *Scientific World Journal*, Article ID 756120, 18P. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/756120>
- Esiyok D 2012. Kışlık ve Yazlık Sebze Yetiştiriciliği. Ege University, Agriculture Faculty, Department of Horticulture, Izmir, 404p.
- Foyer CH, Descourvieres P, Kunert KJ 1994. Protection Against Oxygen Radicals: An Important Defence Mechanism Studied in Transgenic Plants. *Plant, Cell Environ.*, 17(5): 507-523.
- Gallego SM, Benavides MP, Tomaro ML 1996. Effect of Heavy Metal Ion Excess on Sunflower Leaves: Evidence for Involvement of Oxidative Stress. *Plant Sci.*, 121(2): 151-159.
- González L, González-Vilar M 2001. Determination of Relative Water Content. In: *Handbook of Plant Ecophysiology Techniques* Springer, Dordrecht, pp. 207-212.
- Gratao LP, Polle A, Lea P, Azevedo A 2005. Making the Life of Heavy Metal Stressed Plants a Little Easier. *Func. Plant Biol.*, 32: 481-494.
- Greger M, Ogren E 1991. Direct and Indirect Effects of Cd⁺² on Photosynthesis in Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.). *Physiol. Plant*, 83: 129-135.
- Groppa MD, Rosales EP, Iannone MF, Benavides M P 2008. Nitric Oxide, Polyamines and Cd-Induced Phytotoxicity in Wheat Roots. *Phytochemistry*, 69(14): 2609-2615. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2008.07.016>
- Hasan SA, Fariduddin Q, Ali B, Hayat S, Ahmad A 2009. Cadmium: Toxicity and Tolerance in Plants. *J. Environ. Biol.*, 30(2): 165-74.
- Hassan MJ, Zhang G, Zhu Z 2008. Influence of Cadmium Toxicity on Plant Growth and Nitrogen Uptake in Rice as Affected by Nitrogen Form. *J. Plant Nutr.*, 31: 251-262.
- Helrich K 1990. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Washington, DC.
- Iqbal N, Masood A, Nazar R, Syeed S, Khan NA 2010. Photosynthesis, Growth and Antioxidant Metabolism in Mustard (*Brassica juncea* L.) Cultivars Differing in Cadmium Tolerance. *Agric. Sci. China*, 9(4): 519-527.
- Irfan M, Ahmad A, Hayat S 2014. Effect of Cadmium on the Growth and Antioxidant Enzymes in Two Varieties of *Brassica juncea*. *Saudi J. Biol. Sci.*, 21: 125-131.
- Jaleel CA, Gopi R, Sankar B, Manivannan P, Kishorekumar A, Sridharan R, Panneerselvam R 2007. Studies on Germination, Seedling Vigour, Lipid Peroxidation and Proline Metabolism in *Catharanthus roseus* Seedlings under Salt Stress. *S. Afr. J. Bot.*, 73: 190-195.
- Kabata-Pendias A, Pendias H 2001. *Trace Elements in Soils and Plants*. 3rd Edition, CRC Press, Boca Raton, 403 p.
- Karcz W, Kurtyka R 2007. Effect of Cadmium on Growth, Proton Extrusion and Membrane Potential in Maize Coleoptile Segments. *Biol. Plantarum*, 51: 713-719.
- Khavari-Nejad RA, Najafi F, Angaji SA, Shafiei S 2013. Molecular and Physiological Studies on Basil (*Ocimum basilicum* L.) Under Cadmium Stress. *American Eurasian J. Agric. Environ. Sci.*, 13:754-762
- Kim DY, Bovet L, Maeshima M, Martinoia E, Lee Y 2007. The ABC Transporter AtPDR8 is a Cadmium Extrusion Pump Conferring Heavy Metal Resistance. *The Plant Journal*, 50(2): 207-218.
- Krupa Z, Baszynski T 1995. Some Aspects of Heavy Metals Toxicity Towards Photosynthetic Apparatus-Direct and Indirect Effects on Light and Dark Reactions. *Acta Physiol. Plantarum*, 2(17).
- Liu S, Dong Y, Xu L, Kong J 2014. Effects of Foliar Applications of Nitric Oxide and Salicylic Acid on Salt-Induced Changes in Photosynthesis and Antioxidative Metabolism of Cotton Seedlings. *Plant Growth Regul.*, 73: 67-78.
- Lozano-Rodriguez E, Hernandez LE, Bonay P, Carpena-Ruiz RO 1997. Distribution of Cadmium in Shoot and Root Tissues. *J. Exper. Bot.*, 48(1): 123-128.
- Maia ML, Correia-Sá L, Coelho A, Barroso MF, Domingues VF, Delerue-Matos C 2015. *Eruca sativa*: Benefits as Antioxidants Source Versus Risks of Already Banned Pesticides. *J. Environ. Sci. Health, Part B*, 50(5): 338-345.
- Malik D, Sheoran S, Singh P 1992. Carbon Metabolism in Leaves of Cadmium Treated Wheat Seedlings. *Plant Physiol. Biochem.*, 30: 223-229.
- Man D, Bao Y-X, Han L-B, Zhang X 2011. Drought Tolerance Associated with Proline and Hormone Metabolism in Two Tall Fescue Cultivars. *HortSci.*, 46: 1027-1032.
- Manousaki E, Kalogerakis N 2009. Phytoextraction of Pb and Cd by the Mediterranean saltbush (*Atriplex halimus* L.): Metal Uptake in Relation to Salinity. *Environ. Sci. Pollut. R.*, 16: 844-854.
- Marshner P 2012. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Third ed. Academic Press; London, UK.
- Montillet JL, Cacas JL, Garnier L, Montané MH, Douki T, Bessoule JJ, Polkowska-Kowalczyk L, Maciejewska U, Agnel JP, Vial A, Triantaphyllides C 2004. The Upstream Oxylipin Profile of *Arabidopsis thaliana*: A Tool to Scan for Oxidative Stresses. *The Plant J.*, 40(3): 439-451.
- Moreno JL, Hernandez T, Garcia C 1999. Effects of A Cadmium-Containing Sewage Sludge Compost on

- Dynamics of Organic Matter and Microbial Activity in An Arid A soils. *Biol. Fert. Soils*, 28:230-237.
- Needleman H L, Schell A, Bellinger D, Leviton A, Allred EN 1990. The Long-Term Effects of Exposure to Low Doses of Lead in Childhood: An 11-Year Follow-up Report. *New England J. Med.*, 322(2): 83-88.
- Okcu M, Tozlu E, Kumlay AM, Pehlivan M 2009. The Effects of Heavy Metals on Plants. *Alnteri*, 17 (B): 14-26.
- Opeolu BO, Adenuga OO, Ndakidemi PA, Olujimi OO 2010. Assessment of Phyto-toxicity Potential of Lead on Tomato (*Lycopersicon esculentum* L) Planted on Contaminated Soils. *Inter. J. Physical Sci.*, 5(2): 68-73.
- Ors S, Ekinci M, Yildirim E, Sahin U 2016. Changes in Gas Exchange Capacity and Selected Physiological Properties of Squash Seedlings (*Cucurbita pepo* L.) under Well-Watered and Drought Stress conditions. *Arch. Agron. Soil Sci.*, 62(12): 1700-1710.
- Ozturk L, Eker S, Ozkutlu F, Çakmak I 2003. Effect of Cadmium on Growth and Concentrations of Cadmium, Ascorbic Acid and Sulphydryl Groups in Durum Wheat Cultivars. *Turkish J. Agric. Forest.*, 27(3): 161-168.
- Padmaja K, Prasad DDK, Prasad ARK 1990. Inhibition of Chlorophyll Synthesis in *Phaseolus vulgaris* L. Seedlings by Cadmium Acetate. *Photosynthetica*, 24(3): 399-405.
- Patel A, Pandey V, Patra DD 2016. Metal Absorption Properties of *Mentha spicata* Grown under Tannery Sludge Amended Soil- Its Effect on Antioxidant System and Quality. *Chemosphere*, 147:67-73.
- Prasad MNV 1999. Metallothionein and Metal Binding Complexes in Plants. In: Prasad MNV, Hagemeyer J (eds), Heavy Metal Stress in Plants: From Molecules to Ecosystems, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg., pp: 51-72.
- Robinson B, Russell C, Hedley M, Clothier B 2001. Cadmium Adsorption by Rhizobacteria: Implications for New Zealand Pastureland. *Agric. Eco. Environ.*, 87(3): 315-321.
- Saklı M 2011. Investigation of The Protective Role of Nitric Oxide (NO) in Plant Response to Heavy Metal Stress. Atatürk University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Biology.
- Salt DE, Pickering IJ, Prince RC, Gleba D, Dushenkov S, Smith RD, Raskin I 1997. Metal Accumulation by Aquacultured Seedlings of Indian Mustard. *Environ. Sci. Tech.*, 31(6): 1636-1644.
- Schützendübel A, Schwanz P, Teichmann T, Gross K, Langenfeld-Heyser R, Godbold DL, Polle A 2001. Cadmium-Induced Changes in Antioxidants Systems, Hydrogen Peroxide Content and Differentiation in Scots Pine Roots. *Plant Physiol.*, 127: 887-898.
- Sharma P, Dubey RS 2005. Lead Toxicity in Plants. *Brazilian J. Plant Physiol.*, 17(1): 35-52.
- SPSS Inc. 2010. SPSS® 18.0 Base User's Guide. Prentice Hall.
- Stobart AK, Griffiths WT, Ameen Bukhari I, Sherwood RP 1985. The Effect of Cd²⁺ on The Biosynthesis of Chlorophyll in Leaves of Barley. *Physiologia Plantarum*, 63(3): 293-298.
- Tester M, Davenport R 2003. Na⁺ Tolerance and Na⁺ Transport in Higher Plants. *Ann. Bot.*, 91: 503-527.
- Uraguchi S, Kiyono M, Sakamoto T, Watanabe I, Kuno K 2009. Contributions of Apoplasmic Cadmium Accumulation, Antioxidative Enzymes and Induction of Phytochelatins in Cadmium Tolerance of The Cadmium-Accumulating Cultivar of Black Oat (*Avena strigosa* Schreb.). *Planta*, 230(2): 267-276.
- Unalan Ş 2010. Response of Antioxidant Defence System on The Maize Cultivars Under The Heavy Metal Stress and Investigation of Maize's Usability for Removal of Heavy Metal. Doctoral Thesis, Hacettepe University, Department of Chemical Engineering, Chemical Engineering Section.
- Vanlı O, Yazgan M 2008. Ağır Metallerle Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Fitoremediasyon Tekniği. <http://www.tarimsal.com/fitoremediasyon/fitoremediasyon.htm>
- Vassilev A, Yordanov I 1997. Reductive Analysis of Factors Limiting Growth of Cadmium-Treated Plants: A Review. *Bulg. J. Plant Physiol.*, 23(3-4): 114-133.
- 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.
- Zengin FK, Munzuroglu O 2006. Toxic Effects of Cadmium (Cd⁺⁺) on Metabolism of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Seedlings. *Acta Agri. Scand. B-S. P.*, 56: 224-229.
- Zhang F, Shi W, Jin Z, Shen Z 2002. Response of Antioxidative Enzymes in Cucumber Chloroplasts to Cadmium Toxicity. *J. Plant Nutr.*, 26(9): 1779-1788.
- Zhao Y 2011. Cadmium Accumulation and Antioxidative Defenses in Leaves of *Triticum aestivum* L. and *Zea mays* L. *African J. Biotech.*, 10(15): 2936-2943.
- Zhi Y, Deng Z, Luo M, Ding W, Hu Y, Deng J, Li Y, Zhao Y, Zhang X, Wu W, Huang B 2015. Influence of Heavy Metals on Seed Germination and Early Seedling Growth in *Eruca sativa* Mill. *Amer. J. Plant Sci.*, 6(05): 582.

The Role of Humic Acid Application in Reducing Detrimental Effects of Salt in Cauliflower (*Brassica Oleraceae* L. Var. *Botrytis*)

Ahmet TURHAN 

University of Uludag, Mustafakemalpaşa Vocational School, Department of Plant and Animal Production, 16500, Bursa, Turkey -Turkey

<https://orcid.org/0000-0002-1976-8082>

✉: turhan@uludag.edu.tr

ABSTRACT

This study was conducted to determine effects of Humic Acid (HA) on yield and some quality characteristics of cauliflower under saline conditions. Control (0.3), 2, 4, 6, and 8 dS·m⁻¹ NaCl and 0, 1 and 2 g·kg⁻¹ HA combinations were applied to the growth medium. Salt application generally negatively affected yield and curd growth, and negative effects were mostly due to salt concentrations >2 dS·m⁻¹. Increasing salt concentration positively affected quality characteristics of curds, and the highest total acid contents of dry matter and total soluble solids were detected in salt concentrations of 6-8 dS·m⁻¹. The HA application for decreasing harmful effects of salt brought to a successful conclusion in terms of total yield notably, and curd diameter and length, and the total amount of dry matter. While positive effects occurred mostly at salt concentrations ≥4 dS·m⁻¹; effects of HA application did not occur at NaCl concentration of 6 or 8 dS·m⁻¹. Two g·kg⁻¹ HA produced better results for yield and curd weight, but application of 1 or 2 g·kg⁻¹ HA produced similar effects for other parameters.

Research Article

Article History

Received : 06.03.2019
Accepted : 16.05.2019

Keywords

Humic acid
Salinity
Cauliflower
Quality

Karnabaharda (*Brassica oleraceae* L. var. *botrytis*) Tuz Stresinin Azaltılmasında Humik Asit Uygulamalarının Rolü

ÖZET

Bu araştırmanın amacı; tuzlu koşullarda karnabaharın verim ve bazı kalite özellikleri üzerine Humik Asit (HA) uygulamalarının etkilerini ortaya koymaktır. Yetiştirme ortamına kontrol (0.3), 2, 4, 6 ve 8 dS·m⁻¹ NaCl ve 0, 1 ve 2 g·kg⁻¹ HA kombinasyonları uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, tuz uygulamaları verim ve taç büyüme parametrelerini genel olarak önemli düzeylerde olumsuz etkilemiştir, bu olumsuz etkiler daha çok 2 dS·m⁻¹ üzerinde artan tuz konsantrasyonlarında bulunmuştur. Buna karşın, artan tuz konsantrasyonları bitki taç kalite özelliklerini olumlu etkilemiş ve en yüksek kuru madde, suda çözünür kuru madde ve toplam asit içerikleri yüksek tuz konsantrasyonlarında (6 ve 8 dS·m⁻¹) tespit edilmiştir. Tuzun zararlı etkilerinin azaltılmasına yönelik yapılan HA uygulamalarından toplam verim başta olmak üzere taç çap ve boyu, toplam kuru madde miktarından olumlu sonuç alınmıştır. Bu olumlu etkiler daha çok düşük ve orta tuz konsantrasyonlarında (≥4 dS·m⁻¹) gözlemlenirken, yüksek konsantrasyonlarda (6 ve 8 dS·m⁻¹) HA uygulamalarının herhangi bir etkisi gözlemlenmemiştir. Verim ve taç ağırlığında 2g·kg⁻¹ HA uygulaması daha iyi sonuçlar verdiği ancak, diğer parametrelerde her iki uygulamanın (1 ve 2 g·kg⁻¹HA) benzer etkiler gösterdiği anlaşılmıştır.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 06.03.2019
Kabul Tarihi : 16.05.2019

Anahtar Kelimeler

Humik asit
Tuzluluk
Karnabahar
Kalite

To Cite : Turhan A 2019. The role of humic acid application in reducing detrimental effects of salt in Cauliflower (*Brassica oleraceae* L. var. *botrytis*). KSÜ Tarım ve Doğa Derg 22(6): 000-000. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.536286.

INTRODUCTION

Salinity is one of the most important problems

affecting production of vegetables with 20% of agricultural lands and 33% of irrigated areas worldwide affected. Soil salinization may occur

because of climate change, overuse of groundwater (in the regions near the seas), using low-quality water for irrigation, and over-irrigation (Machado and Serralheiro 2017). As a result of the impact of increasing temperature and decreasing rainfall in arid lands, salt cannot be washed away resulting accumulations in the topsoil. This situation limit growth of plant roots and cause abiotic challenges in plants. Excessive salt level causes serious physiological functional disorders, limiting vegetative and reproductive growth of vegetables and causes fertilization disorders decreases in marketing values, and plant death (Dolarıslan and Gul 2012). Salinity threshold levels that affect yield are between 1-2.5 dS·m⁻¹ (Machado and Serralheiro 2017). Cauliflower is a moderate salt-sensitive vegetable, and the salinity threshold level of irrigation water yield of cauliflower starts to decline between 1.9 and 2.7 dS·m⁻¹ (Snapp et al. 1991; Kotuby et al. 1997).

In order to increase productivity in plant production in saline soils, soil characteristics need to be improved by adding organic matter (Asık et al. 2009). Organic based fertilizer application increases soil fertility, and improves physical, chemical, and biological features of soil, and resulting increases yield per unit area (Dolarıslan and Gul 2012). Humic substances (humic acid and fulvic acid), generally termed humas, are basic components of soil organic matter (Chen and Aviad 1990). It was reported that humic substances are effective in decreasing salinity levels of soils and reducing toxic effects of heavy metals (Gumuzio et al. 1985; Gerzabek and Ulah 1990).

The effect of water shortage and salt level, use of humic substances for removing negative effects of elements in toxic quantities, and effects on plant growth were studied (Asık et al. 2009). Humic acid application decreases adverse effects of salt.

This study was conducted to determine the salt limit of irrigation water, used in cauliflower cultivation that would affect yield and some quality parameters, alone and in conjunction with humic acid.

MATERIAL and METHODS

This study was conducted in a plastic covered experimental greenhouse (a latitude of 40°01'N, and a longitude of 28°22' E with an altitude of 22 m above sea level) at the research fields of Mustafa Kemal Pasa Vocational College, Uludag University in Bursa, Turkey. To prevent rain water from reaching plants, the roof of protected culture structure was covered with polyethylene and the remaining parts were left open. In the study, commercial cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* cv. *Kartopu*) variety was used.

The experiment was a split plot arranged in a complete factorial with 4 repetitions. The main plot was salt

concentration and the split was comprised of humic acid levels. Each repetition was comprised of a single plant in a metal barrel with 0.85 m in height and 0.58 m in diameter. 225 kg of air-dry sandy-loam soil (81% sand, 11% clay, 8.1% silt, 1.4% organic matter, 20.56% lime, with P₂O₅=19.6 ppm, K₂O =221.20 ppm, total N=0.56% , pH=7.8, EC=0.29 dS·m⁻¹, bulk density of 1.23 g·cm⁻³, field capacity=25) was placed into barrels after being passed through a 2 mm sieve. Then, 5 cm sand-gravel mixture was placed at the base of the barrels for a possible water drainage. Eighty kg·ha⁻¹ of N (as ammonium nitrate), 60 kg of P₂O₅ (as super phosphate), and 5 kg of K₂O (as potassium sulphate), were applied to the barrels (Abd El-All and Mohammed 2014). All the P and K fertilizers and half of N fertilizer were applied before planting and the other half of the N were applied 4 weeks after planting.

Seedlings were obtained from a seedling company. Seedlings with 3-4 true leaves were planted into barrels at the beginning of August and were irrigated daily with tap water for 10 days after planting, and later when needed. No diseases occurred in plants, weeding, and the other necessary procedures were conducted regularly throughout the trial. Average temperature and humidity in the growth medium over the growing period were 24.2°C and 63%, respectively.

Treatments included the NaCl concentrations [0.3 (control), 2, 4, 6 or 8 dS·m⁻¹] as the main factor, and humic acid (HA) 0, 1 or 2 g·kg⁻¹ as the split plot. The NaCl (Merck), which has a high solubility in water, was used to prepare saline irrigation water, and the salt was added into the tap water. Application was based on 30-40% drainage. Salt dose was increased gradually to protect plants from osmotic shock and full concentration reached in a 4-day period. Delta Humat, the source of humic acid, was applied by mixing into the soil before planting. The humic acid had characteristics of 12%, pH: 12.86, EC: 32.8 mS·cm⁻¹ and was leonardite based.

Plants were harvested t 90 days after transplanting with curds cut at the soil surface.

Number of leaves per plant (NL); in the harvest period, all leaves were counted separately in each plant.

Plant height (PH,cm); plant height was determined by measuring the distance from the soil to the terminal point where the curd ended.

Curd diameter (CD, cm); the diameter of the curds were measured with a ruler and their average was determined as (cm).

Curd height (CH,cm) was measured by ruler

Curd weight per plant(CW); harvested curds were weighed to determine the average crown weight (g).

Marketable yield (kg da⁻¹) was calculated considering that the plants could be planted at 50x70 cm (Vural et al. 2000) intervals to 1000 m² trial area.

Curds were cleaned by tap water, grounded with a

blender, and dried in a drying oven at 70°C for 2 days, then weighed and dry matter determined (Noshadi et al. 2013). Total soluble solids were determined by amount of juice extracted from curds via a refractometer (Abbe-type refractometer, model 60/Direct Reading, Bellington and Stanley Inc., Kent, UK) (Tigchelaar 1986). Total acidity was determined with titration of the same fruit juice using 0.1 N NaOH (Anonymous 1968).

Yield and quality parameter data from samples were subjected to the analysis of variance in IBM SPSS Statistics for Windows (ver. 20.0, IBM Corp., Armonk, NY). If the interaction was significant it was used to explain results. If the interaction was not significant means were separated using LSD test ($p < 0.05$).

RESULTS and DISCUSSION

Increasing salt concentrations had a significant effect

Table 1. Effects of different NaCl and humic acid applications on cauliflower yield, some curd development parameters and quality properties

Treatments	NL	PH (cm)	CH	CD	CW (g)	MY (kg da ⁻¹)	DM (%)	TSS (°Briks)	TA (g l ⁻¹)
T ₀ H ₀	13.25	40.90 b	13.75 c	16.90 b	1363.75 b	3886.68 b	7.73 h	6.28	1.23
T ₀ H ₁	13.00	44.73 a	15.58 ab	18.20 a	1425.75 a	4063.38 a	7.98 gh	6.64	1.21
T ₀ H ₂	13.00	44.90 a	15.30 ab	18.48 a	1459.50 a	4159.58 a	8.13 fg	6.69	1.23
T ₂ H ₀	13.00	41.24 b	15.13 b	18.10 a	1348.50 b	3843.23 b	8.46 f	6.83	1.32
T ₂ H ₁	13.00	43.89 a	15.68 ab	18.25 a	1448.00 a	4126.80 a	8.39 f	6.80	1.31
T ₂ H ₂	13.00	43.98 a	16.53 a	18.55 a	1440.25 a	4104.71 a	8.44 f	6.81	1.31
T ₄ H ₀	12.75	38.90 b	11.90 d	15.08 c	1151.00 d	3280.35 d	9.87 cd	7.70	1.49
T ₄ H ₁	13.25	39.03 b	12.50 d	15.75 bc	1179.00 cd	3360.15 cd	9.95 c	7.73	1.48
T ₄ H ₂	12.50	39.20 b	12.85 cd	16.09 bc	1200.75 c	3422.14 c	10.20 c	7.74	1.51
T ₆ H ₀	9.00	27.40 cd	9.48 e	11.25 d	971.00 e	2767.35 e	10.59 b	8.75	1.93
T ₆ H ₁	9.50	29.08 c	9.03 e	11.75 d	960.75 e	2738.14 e	10.99 a	8.75	1.96
T ₆ H ₂	9.25	29.38 c	9.35 e	11.53 d	976.00 e	2781.60 e	11.26 a	8.72	1.94
T ₈ H ₀	7.75	23.30 e	7.03 f	7.50 e	821.50 f	2341.28 f	9.24 e	7.10	2.01
T ₈ H ₁	7.75	23.44 e	6.70 f	8.25 e	811.25 f	2312.06 f	9.51 de	7.06	2.02
T ₈ H ₂	8.00	25.55 e	6.78 f	8.00 e	834.50 f	2378.33 f	9.43 e	7.15	2.01
NaCl (dS m⁻¹)									
0.3 (Control)	13.08 a	43.51 a	14.88 b	17.86 a	1416.33 a	4036.55 a	7.95 e	6.53 e	1.22 e
2	13.00 a	43.03 a	15.78 a	18.30 a	1412.25 a	4024.91 a	8.42 d	6.81 d	1.31 d
4	12.83 a	39.04 b	12.42 c	15.63 b	1176.92 b	3354.21 b	10.00 b	7.72 b	1.50 c
6	9.25 b	28.64 c	9.28 d	11.51 c	969.25 c	2762.36 c	10.95 a	8.74 a	1.94 b
8	7.83 c	24.10 d	6.83 e	7.92 d	822.47 d	2343.89 d	9.40 c	7.11 c	2.01 a
Humic acid (HA, g kg⁻¹)									
0	11.15	34.36 b	11.46 b	13.77 b	1131.15 c	3223.78 c	9.18 b	7.33	1.58
1	11.30	36.03 a	11.9 ab	14.44 a	1164.95 b	3320.11 b	9.36 a	7.40	1.60
2	11.15	36.60 a	12.16 a	14.53 a	1182.20 a	3369.27 a	9.49 a	7.42	1.60
NaCl	**	**	**	**	**	**	**	**	**
HA	ns	**	**	**	**	**	**	ns	ns
NaCl × HA	ns	**	**	**	**	**	**	ns	ns

** : 0.01 significant, ns: no significant

T₀, T₂, T₄, T₆, T₈ respectively, 0.3 (control), 4, 6, 8 dS m⁻¹ NaCl; H₀, H₁, H₂ respectively, 0, 1, 2 g kg⁻¹ HA

NL: Number of Leaves per plant, PH: Plant height, CH: Curd Height CD: Curd Diameter, CW: Curd weight per plant, MY: Marketable Yield, DM: Dry Matter, TSS: Total Soluble Solids, TA: Total Acidity

As seen in Table 1, plant heights decreased with the increasing NaCl doses, and stunting effect was

emerged on the plants. This effect was observed mainly upon the increasing of salt dose to the level of 4 dS·m⁻¹ on the number of leaves of cauliflower plants. However, the results of the variance analysis indicated that the number of leaves in a plant was not affected by 4 dS·m⁻¹ salt concentrations, but increasing salt concentrations from this point and up decreased the number of leaves significantly. Similar with our findings, Miceli et al. (2003) emphasized that the high soil salinity may reduce the number of leaves per plant. On the other hand, increasing HA doses have not affected the number of leaves per plant significantly. Indeed, the effect of NaCl × HA interaction on the number of leaves per plant was found insignificant. This result shows that HA applications treated are not effective in reducing the adverse effects of salt on the number of leaves (Table 1).

emerged on the plants. This effect was observed mainly upon the increasing of salt dose to the level of 4 dS·m⁻¹

1. HA applications have impacted plant height positively contrary to the NaCl applications, and it has been detected that $1\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ and $2\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ applications have had similar impacts on the plant height. When the NaCl x HA interaction is taken into account, it can be understood that the adverse effect of NaCl (control, $2\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, and $6\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$) on plant height could partially be tolerated by HA. Meganid et al. (2015) obtained similar results in a study they conducted on bean. The researchers reported that they found significant increases in the heights of seedlings on which salt stress was applied with humic acid application.

In this study, the relationships between NaCl and HA applications, and curd heights of cauliflower were examined. Also, as seen in Table 1, the impact of NaCl x HA interaction on curd heights was found significant. Cauliflower curd height showed an increase until $2\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ salt concentration, and decreased with increasing salt concentrations above this level significantly. The positive impact of HA applications was mostly shown in 2 and $4\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ salt applications. As compared 1 and $2\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ HA applications, the impact of $2\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ HA application on curd height was higher even though the difference was small (Table 1). In spite of that, any impact of HA application could not be found in high salt concentrations (6 and $8\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ NaCl). Head diameter of cauliflower showed a significant change depending on the NaCl application and the highest diameter was obtained from the control and $2\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ doses. As the salt concentrations increased, curd diameter decreased at a statistically significant amount and smaller heads were harvested. When the NaCl x HA interaction is examined, it can be observed that the losses in curd diameters of the plants in the control group and $4\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ salt application group could partially be tolerated with adding HA into the plantation medium, and $1\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ and $2\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ HA applications had similar effects. However, the positive effect of HA was not observed in 2 , 6 and $8\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ salt doses (Table 1). The researchers obtained similar results in a previous study on pepper (cv. Demre), and they emphasized that HA application was an effective and cheap method in reducing the negative effects that emerge under moderate saline conditions (Cimrin et al. 2010).

The effect of the NaCl application on curd weight become statistically significant and the highest values were observed in the control and $2\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ applications. When the salt dose was increased to $4\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, a decrease in the curd weight began and the weight decreased at higher rates as the salt doses increased. The impact of the NaCl x HA interaction was found significant. In the control, $2\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ and $4\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ NaCl applications, positive effects of the HA added the soil were observed. In other words, heavier cauliflower curds were obtained by the HA that was added in the plantation medium. Especially, the impact of $2\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$

HA application was found higher. However, any impact of the HA applications with high salt doses (6 and $8\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$) could not be detected (Table 1). Karungi et al. (2010) reported that humic substance application increased growth in cauliflower, cabbage, and tomato plants. Also, Verma et al. (2014) reported that the physical characteristics of cabbage heads improved and yield per head could be increased by adding humic acid.

The yield decreased gradually depending on the increasing salt doses, and the yield reached the lowest level at the highest salt dose. However, cauliflower yield was not affected by low salt doses (control and $2\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$) and the highest yield was detected at these applications. Ehret and Ho (1986) reported similar findings with our research. The researchers reported that increasing salt concentration of irrigation water decreased the water intake of cauliflowers, and resulting a loss in curd yield. Giuffrida et al. (2017) revealed that $4\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ salt applications in cauliflower (cv. Conero) decreased the yield conspicuously. On the other hand, many researchers indicated that humic acid may be an effective tool in decreasing soil salinity levels and improving salt tolerance under moderate salt conditions (Machado and Serralheiro 2017). Indeed, it was proved that humic acid applications reduced the impact of salinity in strawberries, peppers, and corns under saline conditions (Masciandaro et al. 2002; Pilanali and Kaplan 2003; Turkmen et al. 2004). When NaCl x HA interaction were examined, HA applications increased the yield in salt-free conditions, $2\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ and $4\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ salt concentrations. When 1 and $2.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ HA applications were compared, higher yield was obtained from $2\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ HA application. It was observed that these positive effects of HA applications on yield lost at high salt concentrations ($6\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ and $8\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$) (Table 1).

The impact of NaCl application on the dry matter in cauliflower was significant and in general, increase in salt concentrations also increased the amount of dry matter. Six $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ salt levels have been the application with the highest amount of dry matter. Positive impact of salinity on the amount of dry matter was also stated in the studies conducted on melons, peppers, tomatoes, and cucumbers. However, De Pascale et al. (2015) reported that salinity also increased the amounts of acid and brix in these fruits. When the values of NaCl x HA interaction were taken into account; it was observed that the amount of dry matter at $6\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ salt dose reached the highest with HA applications ($1\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ and $2\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$). Similarly, HA applications increased the amounts of dry matter of the plants that salt was not applied, and positive effects of the HA applications occurred at lower rates in the $4\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ application. In spite of that, it was observed that this positive impact of HA disappeared at the high salt concentration ($8\text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$). That the effects of $1\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ and $2\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ HA

applications on the amount of dry matter are similar can also be seen in Table 1.

Rouphael et al. (2012) reported that salinity had some positive effects on some quality characteristics in vegetables. Giuffrida et al. (2017) detected that increasing salinity enhanced dry matter of curd, total soluble solids and acid values in a study they conducted on cauliflower. In also our study, it was determined that the amounts of total soluble solids increased significantly with increasing salt doses. The highest amount of total soluble solids was obtained from the 6 dS·m⁻¹ application in cauliflowers. According to the results of the variance analysis, the impact of the interaction effect on the amount of total soluble solids was not significant (Table 1).

In the research, depending on the increasing salt concentrations, acid contents of cauliflower curds increased significantly and the highest content was found in 8 dS·m⁻¹ salt dose. The impact of the NaCl x HA interaction on the acid content was found insignificant. This result shows that HA that is added into the plantation medium does not have any positive or negative impact on the acid contents of curds (Table 1).

CONCLUSIONS

The yield and curd growth was affected negatively by salt (<2 dS·m⁻¹) in cauliflower. It was understood from the research results that these negative effects could partially be reduced with humic acid applications. The salt concentrations that increased in the plantation medium affected curd quality of cauliflower positively. These positive effects increased more after more of humic acid added into the growth medium. However, these positive effects of humic acid were observed at low and moderate salt concentrations (≥4 dS·m⁻¹). Any positive impact of HA application was not observed at higher salt concentrations.

REFERENCES

- Abd El-All HM, and Mohammed YA 2014. Improvement salt tolerance of broccoli and cauliflower by adding magnetic iron and seamino and the reflection of this on yield and sulfuraphane content under sinai conditions. *Journal of Applied Sciences Research*, 10(1):22-31.
- Anonymous 1986. National canners association laboratory manuel, Food Canners and Processors, AVI Publishing Co., Westport, CT.
- Asık BB, Turan MA, Celik H, Katkat AV 2009. Effects of humic substances on plant growth and mineral nutrients uptake of wheat (*Triticum durum* cv. Salihli) under conditions of salinity. *Asian Journal of CropScience*, 1(2):87-95.
- Chen Y and Aviad T 1990. Effect of humic substances on plant growth, pp. 161-187. In: Mac Carthy P, C.E. Clapp, R.L. Malcolm, and P.R. Bloom (eds). Humic substances in soil and crop sciences: Selected reading. Soil Science Society America, Madison, WI.
- Cimrin M, Turkmen O, Turan M and Tuncer B 2010. Phosphorus and humic acid application alleviate salinity stress of pepper seedling. *African Journal of Biotechnology*, 9(36):5845-5851.
- De Pascale S, Maggio A, Orsini F, Stanghellini C and Heuvelink E 2015. Growth response and radiation use efficiency in tomato exposed to short-term and long-term salinized soils. *Sci. Hortic.*, 189:139-149.
- Dolarslan M and Gul E 2012. Soil plant interaction in regard to salinity. *Turkish Journal of Scientific Reviews*, 5(2):56-59.
- Ehret DL and Ho LC 1986. The effects of salinity on dry matter partitioning and fruit growth in tomatoes grown in nutrient film culture. *J. Hort.Sci.*, 61: 361–367.
- Gerzabek MH and Ulah SM 1990. Influence of fulvic and humic acids on Cd and Ni toxicity to (*Zea mays* L.). *Boden Cultur*, 41(2):115-124.
- Giuffrida F, Cassaniti C, Malvuccio A and Leonardi C 2017. Effects of salt stress imposed during two growth phases on cauliflower production and quality. *Sci. Food Agric.*, 97:1552-1560.
- Gumuzzio J, Polo A, Diaz MA and Ibanez JJ 1985. Ecological aspects of humification in saline soils in central Spain. *Reuved Ecologie el de Biologic du Sd.*, 22(2):193-203.
- Karungi J, Kyamanywa S and Ekbom B 2010. Organic soil fertility amendments and tritrophic relationships on cabbage in Uganda: Experiences from on-station and on-farm trials. *African Journal of Agricultural Research*, 5(21):2862-2867.
- Kotuby J, Koenig R and Kitchen B 1997. Salinity and plant tolerance. Utah State University Extension. AG-SO-03, Uintah, Utah.
- Machado RMA and Serralheiro RP 2017. Soil salinity: Effect on vegetable crop growth management practices to prevent and mitigate soil salinization. *Horticulturae*, 3(30):1-13.
- Masciandaro G, Ceccanti B, Ronchi V, Benedicto S and Howard L 2002. Humic substances to reduce salt effect on plant germination and growth. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33:365-378.
- Meganid AS, Al-Zahrani HD and El-Metwally MS 2015. Effect of humic acid application on growth and chlorophyll contents of common bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) under salinity. *Int. J. Innov. Res. Sci. Eng. Technol.*, 4(5):2151-2260.
- Miceli A, Moncada A and D'Anna F 2003. Effect of salt stress in lettuce cultivation. *Acta Horti.*, 609:371-375.
- Noshadi M, Fahandej S and Sepaskhah AR 2013. Effects of salinity and irrigation water management on soil and tomato in drip irrigation. *International Journal of Plant Production*, 7(2):1735-8043.

- Pilanali N and Kaplan M 2003. Investigation of effect on nutrient uptake of humic acid applications of different forms to strawberry plant. *Journal of Plant Nutrition*, 26:835-843.
- Rouphael Y, Cardarelli M, Lucini L, Rea E and Colla G 2012. Nutrient solution concentration effects growth, mineral composition, phenolic acid and flavonoids in leaves of artichoke and cardoon. *HortScience*, 47:1424-1429.
- Snapp SS, Shennan C and Bruggen AV 1991. Effects of salinity on severity of infection by *Phytophthora parasitica* Dast., ion concentrations and growth of tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. *New Phytol.*, 119:275-284.
- Tigchelaar EC 1986. Tomato breeding, pp. 135-170. In: Basset, M.J. (ed.). *Breeding vegetables crops*, AVI publishing Company, Westport, CT. pp. 135-170.
- Turkmen O, Dursun A, Turan M and Erdinc C 2004. Calcium and humic acid affect seed germination, growth and nutrient content of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedlings under saline soil conditions. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Plant Soil Science*, 54(3):168-174.
- Verma R, Maurya BR and Meena VS 2014. Integrated effect of bio-organics with chemical fertilizer on growth, yield and quality of cabbage (*Brassica oleracea var. capitata*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 84:914-919.
- Vural H, Esiyok D and Duman I 2000. *Vegetables Crops*. Bornova/Izmir/Turkey, Egean University Press, p. 440.



Impact of Cadmium and Lead Heavy Metal Stress on Plant Growth and Physiology of Rocket (*Eruca sativa* L.)

Ertan YILDIRIM¹, Melek EKİNCİ^{2*}, Metin TURAN³, Güleray AĞAR⁴, Selda ÖRS⁵

Atilla DURSUN⁶, Raziye KUL⁷, Tayfun BALCI⁸

^{1,2,6,7,8}Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Erzurum, ³Yeditepe University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Genetics and Bioengineering, Istanbul, ⁴Atatürk University, Faculty of Science, Department of Biology, Erzurum, ⁵Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation, Erzurum

¹<https://orcid.org/0000-0003-3369-0645>, ²<https://orcid.org/0000-0002-7604-3803>, ³<https://orcid.org/0000-0002-4849-7680>,

⁴<https://orcid.org/0000-0002-8445-5082>, ⁵<https://orcid.org/0000-0001-6789-8642>, ⁶<https://orcid.org/0000-0002-8475-8534>,

⁷<https://orcid.org/0000-0002-5836-6473>, ⁸<https://orcid.org/0000-0002-8255-6760>

✉: ekincim@atauni.edu.tr

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the influence of cadmium (Cd) (0, 100, 150 and 200 mg kg⁻¹) and lead (Pb) (0, 1000, 1500 and 2000 mg kg⁻¹) on morphological, physiological and biochemical responses of rocket (*Eruca sativa* L.) in greenhouse conditions. Plant growth, some physiological (membrane permeability, relative water content, stomal conductance, etc.) and biochemical (antioxidant enzyme activity, proline and sucrose content) parameters of rocket plants were altered with Cd and Pb levels. The Cd and Pb content in rocket increased with elevated concentration. Both Cd and Pb stress conditions negatively affected plant growth, photosynthetic activity and chlorophyll content. The negative effect of heavy metals elevated with increased doses of Cd and Pb. The treatment of Cd and Pb significantly elevated antioxidant enzyme activities. Furthermore, the heavy metal stressed plants had more malondialdehyde (MDA), hydrogen peroxide (H₂O₂), proline and sucrose as compared to control plants. This study indicated that rocket plants developed defense mechanisms by regulating enzyme activity and osmolyte accumulation against heavy metal stress.

Research Article

Article History

Received : 03.04.2019

Accepted : 16.05.2019

Keywords

Rocket

Cadmium

Lead

Plant growth

Physiological characteristics

Kadmiyum ve Kurşun Ağır Metal Stresinin Rokada (*Eruca sativa* L.) Bitki Büyümesi ve Fizyolojisi Üzerine Etkisi

ÖZET

Bu çalışma, sera koşullarında kadmiyum (Cd) (0, 100, 150 ve 200 mg kg⁻¹) ve kurşunun (Pb) (0, 1000, 1500 ve 2000 mg kg⁻¹) rokada (*Eruca sativa* L.) morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal tepkiler üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Roka bitkilerinin büyüme, bazı fizyolojik (membran geçirgenliği, nisbi su içeriği, stoma iletkenliği vb.) ve biyokimyasal (antioksidan enzim aktivitesi, prolin ve sukroz içeriği) parametreleri ağır metal stres koşulları altında değişmiştir. Rokanın Cd ve Pb içeriği yüksek konsantrasyonla artmıştır. Hem Cd hem de Pb stres koşulları bitki büyümesini, fotosentetik aktiviteyi ve klorofil içeriğini olumsuz etkilemiştir. Ağır metallerin negatif etkisi artan Cd ve Pb dozları ile daha fazla olmuştur. Cd ve Pb uygulamaları antioksidan enzim aktivitelerini önemli ölçüde artırmıştır. Ayrıca, ağır metal stresli bitkilerde, kontrol bitkilerine kıyasla daha fazla malondialdehit (MDA), hidrojen peroksit (H₂O₂), prolin ve sukroz bulunmuştur. Bu çalışma, roka bitkilerinin enzim aktivitesini ve osmolit birikimini düzenleyerek ağır metal stresine karşı savunma mekanizmaları geliştirdiklerini göstermiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 03.04.2019

Kabul Tarihi : 16.05.2019

Anahtar Kelimeler

Roka

Kadmiyum

Kurşun

Bitki büyümesi

Fizyolojik özellikler

INTRODUCTION

The ecological pollution emerged by industrialization has caused contamination of soil and water resources. This situation reached dangerous levels in many countries in all the world (Robinson et al., 2001). High heavy metal (Cd^{+2} , Pb^{+2} , Zn^{+2} , etc.) concentrations in agricultural areas were determined to be toxic and the situation is defined as heavy metal stress. Heavy metal accumulation in soils can cause many environmental and human health problems, including microbial activity, soil fertility, biodiversity and yield losses in crops, and even poisoning in foodstuffs. Heavy metals are considered to be one of the most dangerous substances in the environment (Vanlı and Yazgan, 2008). Heavy metals can stay in dangerous densities in ecosystems by moving around food chains. Continuous and usage-related contamination causes a considerable amount of heavy metal content and density in the environment (Okcu et al., 2009).

Heavy metal stress conditions negatively influence plant growth, yield and productivity. These adverse effects occur by affecting the metabolic, physiological and biochemical characteristics in plants. Yield and quality losses are observed in plants grown in industrial areas contaminated with industrial wastewater. It also accelerates aging by reducing photosynthetic activity in the plant. Due to heavy metals, plant roots are usually shortened, thinner or less developed, and in high concentrations cases resulting plants to die (Saklı, 2011).

Heavy metal stress promotes free radical formation, damaging plant tissues and causing oxidative damage in plants. Metal stress leads to producing excessively reactive oxygen species (ROS) that are unstable and harmful to cells and lead to oxidative injury. Excessive amounts of ROS damage nucleic acids, lipids, and proteins. Plants ameliorate different defense mechanisms to prevent from these damages due to heavy metals. These defense mechanisms include plant chelates and antioxidative defense systems with a low molecular weight, thiol-containing and metal-binding polypeptide class. The plants have various antioxidant molecules (ascorbate, glutathione, α -tocopherol) and enzymes (SOD, POD and CAT), which protect themselves against oxidative damage. Antioxidant enzymes have a major role in the defense mechanism developed to heavy metal stress in plants (Unalan, 2010; Ahmad et al., 2017).

The most severe poisonous heavy metals were reported as Cd, Pb and Hg (Okcu et al., 2009). Cd and Pb are dangerous metals, which has a high mobility and negative effects on the plants and all living organisms even at low concentrations (Needleman et al., 1990). Cd can enter the body via the food chain and can lead to health problems (Hassan et al., 2008). Tolerances of plants to heavy metal stress may differ depending on

the crop, type of the heavy metal and the duration of exposure to stress. Thus, the type and concentration of heavy metals was reported to be very important on life events in plants (Asri and Sonmez, 2006).

The rocket (*Eruca sativa* L.) is grown mostly in Mediterranean countries and is consumed extensively as a source of nutrition, an aphrodisiac and a medicinal herb. Rocket also is rich in glucosinolates, flavonoids and phenolics, which have antioxidant and anticancer characteristics and are associated with reduced risk of cardiovascular and cognitive disease (Maia et al., 2015). Zhi et al. (2015) stated that rocket plant can be tolerant or moderately tolerant to copper, mercury, chromium, and cadmium, and highly tolerant to lead, nickel and zinc.

There are several studies investigating the influences of Cd and Pb on rocket growth yet, they are limited in details. The present study was conducted to determine the threshold values of rocket in different doses of both Cd and Pb regarding to plant growth, physiology and biochemical characteristics.

MATERIALS and METHODS

The study was conducted in greenhouses of Atatürk University, Plant Production Application and Research Center. Rocket (*Eruca sativa* cv Bengi) was used as plant material.

The Experiment Set up

Seeds were planted in 2-liter pots filled with a ratio of 2: 1: 1 (v: v: v) of soil: sand: manure having around 1.30 g cm^{-3} bulk density. After the seedling emergence, four plants similar in size were left in each pot. The soil moisture in the pots was controlled and irrigated to reach the field capacity as needed. The fertilization was done by using chemical fertilizer to be 250 kg ha^{-1} N, 200 kg ha^{-1} P_2O_5 and 150 kg ha^{-1} K_2O (Esiyok, 2012).

Heavy Metal Applications

In the experiment, 2 pollutants (PbNO_3 and $\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) $\times 3$ replications $\times 5$ plants were repeated in a total of 120 pots. For heavy metal stress, various levels of Cd (0, 100, 150 and 200 mg kg^{-1}) and Pb (0, 1000, 1500 and 2000 mg kg^{-1}) were mixed into the medium and watered to the field capacity and allowed to incubate for 3 weeks. After this period, rocket seeds were sown. Experiments were completed 50 days after the planting and fresh and dry weights of leaf and root and number of leaf were recorded.

Chlorophyll Content (SPAD)

The chlorophyll content was detected by the SPAD-502 chlorophyll meter (SPAD-502, Konica Minolta Sensing, Inc., Japan).

Leaf Area

The plant leaf area in each application was measured using a leaf area meter (LICOR, Model: LI-3100, Lincoln, NE, USA).

Membrane Permeability (MP)

A sign of damage caused by plant stress in leaf tissue and especially in cell membranes is the electrical conductivity measurements measured in wet leaf tissues. For this purpose, discs taken from the most recently developed leaves of 2 plants randomly selected from each replicate (1 cm in diameter) were put in glass bottles containing 20 ml of ultrapure water and shaken for 24 hours in the shaker and then the electrical conductivity of the wetting water was determined (EC1). Glass bottles were kept in an autoclave at 121 °C for 20 minutes, after which complete destruction of cells and tissues was achieved, followed by a second measurement (EC2). The membrane permeability values were calculated by calculating the ratio between EC1 / EC2.

Relative Water Content (RWC)

Relative water content (RWC) was determined according to González and González-Vilar (2001).

Photosynthetic Parameters

Photosynthetic rate (Pn), stomatal conductance (gs), transpiration rate (Tr), and intercellular CO₂ concentration (Ci) were measured on the third fully expanded upper leaves. The measurements were done by using a portable Li-Cor 6400 Photosynthesis System (LI-COR, Lincoln, USA) between 10:00 and 1:00 pm on a sunny day (Ors et al., 2016).

MDA and H₂O₂

MDA and H₂O₂ concentration were determined according to Liu et al. (2014).

Sucrose

The sucrose content was determined by using the method of Wu et al. (2011).

Proline

Proline concentration of the samples was determined at 520 nm by a spectrophotometer (Man et al., 2011).

Cd and Pb Analysis

The leaves of the rocket were dried at 68°C for 48 h and grounded. Cd and Pb content was analyzed by a coupled plasma spectrophotometer (Optima 2100 DV; Perkin-Elmer, Shelton, CT) (Helrich, 1990).

Antioxidant Activity

Assays of antioxidant enzyme activity were performed according to Liu et al. (2014).

Statistical Analysis

The experiment was a randomized plot design with three replications. The data obtained from the experiment were analyzed by using SPSS 18 package program and the means were compared by Duncan multiple comparison test (SPSS Inc., 2010).

RESULTS and DISCUSSION

In our experiment, heavy metal applications had a negative effect on plant growth characteristics in rocket (Table 1). The exposure of the rocket to Cd and Pb stress considerably resulted in reduced growth. The fresh and dry weights of shoots and roots were significantly lowered with the elevation of Cd and Pb concentration. Overall, 200 mg kg⁻¹ Cd and 2000 mg kg⁻¹ Pb significantly inhibited the growth of the rocket plant. The leaf fresh weight, leaf dry weight, root fresh weight and root dry weight at 200 mg kg⁻¹ Cd drastically reduced by 44.7, 51.4, 27.8 and 36.8% as compared to the control, respectively. Similarly, 2000 mg kg⁻¹ Pb treated plants had 60.9, 56.8, 40.5 and 63.2% lower in leaf fresh weight, leaf dry weight, root fresh weight and root dry weight, respectively, than the control (Table 1). Root growth inhibition in plants is one of the most important symptoms of Cd and other heavy metals (Kim et al., 2007; Groppa et al., 2008). Many researchers reported earlier that heavy metals have an unfavorable impact on plant growth and have undergone oxidative damage by disrupting metabolism in plants (Schützendübel et al., 2001; Benavides et al., 2005; Gratao et al., 2005). The decline in growth due to cadmium application was explained by cadmium interaction with important metabolic factors such as photosynthesis, transportation of photosynthetic outputs and nutrients in plants (Iqbal et al., 2010).

We also found that Cd and Pb treatments caused reduce on leaf number, leaf area and SPAD values (Table 2). The similar result reported by Opeolu et al. (2010) showing that leaf number and plant height of tomato were adversely affected by Pb applications. In our study, we observed heavy metal treatments caused chlorosis in rocket plants. A decrease in cadmium-induced chlorophyll concentration was shown in barley (Stobart et al., 1985), beans (Padmaja et al., 1990), cucumber (Chugh and Sawhney, 1999), corn and wheat (Zhao, 2011). Similarly, it has been reported that Cd toxicity causes chlorosis, leaf curling and stunting (Moreno et al., 1999; Emamverdian et al., 2015). Heavy metals have been reported to prevent cell division and elongation (Karcz and Kurtyka 2007). Cd stress leads to reduce the concentration of chlorophyll, which is related to the inhibition of chlorophyll biosynthesis (Malik et al., 1992; Vassilev and Yordanov, 1997; Drajčkiewicz and Baszyński, 2005). Furthermore, the low chlorophyll concentration due to Cd application

Table 1. Effects of heavy metal applications on some plant growth characteristics in rocket plants

Treatments mg kg ⁻¹	Stem diameter (mm)	Leaf fresh weight (g plant ⁻¹)	Leaf dry weight (g plant ⁻¹)	Root fresh weight (g plant ⁻¹)	Root dry weight (g plant ⁻¹)
Control	3.61 a*	8.56 a	1.11 a	1.92 a	0.19 a
Cd 100	2.85 bc	5.67 b	0.64 bc	1.59 b	0.15 c
Cd 150	2.77 c	4.96 c	0.59 cd	1.53 b	0.13 d
Cd 200	2.48 d	4.73 d	0.54 cd	1.40 c	0.12 e
Pb 1000	2.89 b	5.61 b	0.76 b	1.50 b	0.18 b
Pb 1500	2.81 bc	4.08 e	0.49 d	0.84 d	0.09 f
Pb 2000	2.58 d	3.35 f	0.48 d	0.66 e	0.07 g

*: The means marked with different lower case in same column differ meaningfully (P < 0.001)

Table 2. Effect of heavy metal applications on leaf number, SPAD, leaf area, MP and RWC in rocket plants

Treatments mg kg ⁻¹	Leaf number no plant ⁻¹	Chlorophyll SPAD	Leaf area cm ² plant ⁻¹	MP %	RWC %
Control	9.60 a*	53.07 a	8.10 a	43.99 e	80.17 a
Cd 100	7.74 b	51.20 a	7.13 b	49.39 d	74.40 b
Cd 150	7.58 b	45.87 b	6.23 c	64.45 b	71.30 c
Cd 200	7.23 b	44.87 b	5.11 e	68.56 a	66.72 d
Pb 1000	6.69 b	51.93 a	7.02 b	48.88 d	71.41 c
Pb 1500	6.37 b	50.74 a	6.37 c	58.37 c	65.38 de
Pb 2000	6.76 b	46.23 b	5.62 d	63.55 b	63.09 e

*: The means marked with different lower case in same column differ meaningfully (P < 0.001)

was associated with magnesium and iron lack (Greger and Ogren, 1991). Indeed, we observed that Cd caused a decrease in Fe and Mg amount in leaves and roots of rocket plants (data not shown). Marshner (2012) clarified that Cd can affect cell wall extension and cell division, resulting in decreased growth. The most important reason for excessive Cd doses to disrupt the chlorophyll biosynthesis is the inhibition of aminolaevulinic acid synthesis by the protocol of chlorophyll reductase in chlorophyll biosynthesis (Asri and Sonmez, 2011).

The influence of various Cd and Pb levels on the RWC and MP of the rocket plants is shown in Table 2. Cd and Pb applications dramatically increased the MP and decreased the RWC. Metal toxicity may affect membrane permeability, leading to a decrease in water content. It is reported that Cd interacts with the water balance (Costa and Morel, 1994). The decreased RWC observed in our study can be caused by heavy metal-stimulated reductions in hydraulic conductivity (Ehlert et al., 2009). Similarly, earlier researchers showed that heavy metal stress caused a reduction in RWC of several crops (Manousaki and Kalogerakis, 2009; Ahmad et al., 2011). Our findings are in line with Alyemeni et al. (2017) who indicated that Cd elevated the MP in bean. Heavy metals lead to free radicals production and leading oxidative degradation of thylakoid membrane lipids, in such cases it is known that chlorophyll destruction is increased and its synthesis is prevented (Asri and Sonmez, 2011).

As the concentration of Cd and Pb increased, photosynthetic parameters were adversely affected

(Table 3). Krupa and Baszynski (1995) reported earlier that heavy metals directly or indirectly affect the photosynthetic process. Cd can also break down the photosynthetic electron chain, causing to the generation of O₂^{·-} and ¹O₂. Photosynthetic parameters are adversely affected by Cd stress (Asada and Takahashi, 1987; Alloway, 1995). Hasan et al. (2009) determined that Cd had a detrimental impact on photosynthetic activity by causing stomata to close. Although the heavy metals are determined to affect photosynthetic activity, Prasad (1999) reported that Cd is the most important inhibitor of photosynthetic activity. Similarly, Sharma and Dubey (2005) reported that the amount of Pb taken into the plant limits the photosynthesis, disrupts the balance of water and minerals, and adversely affects the hormonal structure and membrane permeability.

The present study showed that Cd and Pb treated plants had more MDA and H₂O₂ content than the control plants (Table 4). Cd and Pb treatments caused to oxidative stress because of enhanced lipid peroxidation and H₂O₂ content. The highest MDA and H₂O₂ were obtained from the 200 mg kg⁻¹ Cd treatment. Lipid peroxidation is an indicator of oxidative stress in plants. In this study, lipid peroxidation level increased due to Cd and Pb application. Metal phytotoxicity causes oxidative stress by indirect mechanisms such as increasing the formation of toxic oxygen derivatives and leading to lipid peroxidation (Montillet et al., 2004). Cadmium causes very important damages and oxidative stress in plant metabolism (Gratao et al., 2005).

Table 3. Effects of heavy metal applications on photosynthetic activity in rocket plants

Treatments mg kg ⁻¹	Pn mmol m ⁻² s ⁻¹	gs mmol m ⁻² s ⁻¹	Ci µmol mol ⁻¹	Tr mmol m ⁻² s ⁻¹
Control	9.10 a*	0.88 a	382.78 a	11.04 a
Cd 100	7.76 b	0.35 d	342.78 b	8.73 c
Cd 150	7.34 c	0.32 de	327.18 c	8.10 d
Cd 200	5.63 f	0.30 e	318.00 cd	6.74 e
Pb 1000	7.76 b	0.62 b	348.61 b	10.50 b
Pb 1500	6.90 d	0.52 c	309.08 d	9.10 c
Pb 2000	6.52 e	0.49 c	312.89 d	8.63 c

*: The means marked with different lower case in same column differ meaningfully (P < 0.001)

Table 4. Effects of heavy metal applications on leaf number, SPAD, leaf ares, MP and RWC in rocked plants

Treatments mg kg ⁻¹	MDA nmol g ⁻¹ dry wt	H ₂ O ₂ mmol kg ⁻¹	Proline µg g ⁻¹ fresh wt	Sucrose %
Control	4.49 e*	9.90 d	145.64 d	32.82 d
Cd 100	4.88 c	10.59 c	160.33 c	36.54 ab
Cd 150	4.95 bc	11.88 a	163.00 c	37.81 a
Cd 200	5.21 a	11.48 a	182.37 b	35.05 bc
Pb 1000	4.70 d	10.07 d	163.92 c	34.51 c
Pb 1500	4.89 c	11.06 b	218.99 a	38.08 a
Pb 2000	5.05 b	11.03 b	222.21 a	35.97 bc

*: The means marked with different lower case in same column differ meaningfully (P < 0.001)

The increase in lipid peroxidation due to Cd application reported earlier in different crops, such as peas (Dixit et al., 2001), cucumber (Zhang et al., 2002) and corn and wheat (Zhao, 2011). Moreover, the onset of lipid peroxidation was seen in bean under cadmium stress (Lozano-Rodriguez et al., 1997).

Proline and sucrose content increased with heavy metal treatments (Table 4). The greatest proline value was observed in 2000 and 1500 mg kg⁻¹ dose of Pb treatments while the greatest sucrose values were in 1500 Pb and 150 Cd. Organic osmolytes such as proline and sucrose improve the stress tolerance of plants (Tester and Davenport, 2003).

Cd -tolerant plants have been reported to accumulate compatible osmolytes. As observed in the present study, Irfan et al. (2014) also showed that tolerant cultivars of mustard had greater proline content than sensitive ones in mustard under Cd stress conditions. Zengin and Munzuroglu (2006) found similar observations in sunflower. Moreover, it has been known that the activity of proline synthesizing enzymes could be stimulated under stress environments (Jaleel et al., 2007). Emamverdian et al. (2015) suggested that proline can give a role as protein stabilizer under heavy metal stress.

The influences of the Cd and Pb treatments on SOD, POD and CAT activity in rocket plants are shown in Table 5. Cd and Pb treated plants sustained more SOD, POD and CAT activity than the control (Table 5). Plants activate enzymatic defense systems (SOD, APX, GR, CAT, GPX etc.) under stress conditions. Abiotic stresses conditions enhance ROS in cells that cause the

damage of cellular homeostasis. The stimulation of antioxidant enzymes by oxidative stress reflects an overall strategy for dealing with stress (Foyer et al., 1994). SOD, CAT and POD activities have been suggested to lower the lipid peroxidation process in Cd stressed sunflower plants (Gallego et al., 1996). Patel et al. (2016) suggested that the antioxidant enzyme activities, MDA, and proline production increased in heavy metal stressed spearmint (*Mentha spicata*), which was accordance with our results. Similarly, Khavari-Nejad et al. (2013) stated that the phenol, flavonoid, and proline content increased in basil with increasing level of Cd.

Cd and Pb application into the growth medium elevated the concentration of Cd and Pb in both leaves and roots of rocket plants (Table 6). We found that Cd content in the roots was much greater than in leaves. Similar results were found by different authors (Salt et al., 1997; Ozturk et al., 2003; Uraguchi et al., 2009). Heavy metals have been mostly observed to accumulate in the roots. Thus, roots are considered as part of plants that occur toxification (Kabata-Pendias and Pendias, 2001). Cannata et al. (2013) revealed that Cd and Pb content elevated with increased doses of these elements in root media. They also showed that arugula roots had higher metal content than shoots.

CONCLUSION

Both Cd and Pb stress conditions had an adverse effect on plant growth, photosynthetic activity, chlorophyll content, and these effects more drastically occurred when the concentration of two stress factors increased.

Table 5. Effects of heavy metal applications on SOD, POD and CAT activity in rocket plants

Treatments mg kg ⁻¹	SOD EU g leaf ⁻¹	POD EU g leaf ⁻¹	CAT EU g leaf ⁻¹
Control	200.33 d *	5715.00 b	145.67 e
Cd 100	216.67 c	6639.67 a	191.00 b
Cd 150	211.67 c	6705.33 a	190.67 b
Cd 200	236.67 a	6683.67 a	227.00 a
Pb 1000	222.67 b	6725.33 a	159.67 d
Pb 1500	216.33 c	6704.67 a	166.00 d
Pb 2000	204.33 d	6635.00 a	177.33 c

*: The means marked with different lower case in same column differ meaningfully (P < 0.001)

Table 6. Effects of heavy metal applications on Cd and Pb content in leaf and root of rocket plants

Treatments mg kg ⁻¹	Leaf Cd	Root Cd mg kg ⁻¹	Leaf Pb	Root Pb
Control	0.32 d*	0.59 d	0.93 d	2.71 d
Cd 100	0.74 c	1.68 c	0.95 d	2.73 d
Cd 150	0.91 b	2.14 b	0.90 d	2.65 d
Cd 200	1.63 a	3.25 a	0.83 e	2.66 d
Pb 1000	0.29 d	0.59 d	1.56 c	4.60 c
Pb 1500	0.28 d	0.59 d	2.16 b	6.90 b
Pb 2000	0.27 d	0.61 d	2.66 a	7.87 a

*: The means marked with different lower case in same column differ meaningfully (P < 0.001)

Cd was more impressive at lower doses than Pb. However, rocket plants developed defense mechanisms by regulating enzyme activity and osmolyte accumulation against the Pb and Cd stress conditions.

ACKNOWLEDGMENT

We appreciate Atatürk University, Scientific Research Projects Foundation for generous financial support (Project Number FHD-2018-6702).

REFERENCES

- Ahmad IZ, Ahmad A, Mabood A, Tabassum H 2017. Effects of Different Metal Stresses on the Antioxidant Defense Systems of Medicinal Plants. In Reactive Oxygen Species and Antioxidant Systems in Plants: Role and Regulation under Abiotic Stress, Springer, Singapore, pp. 215-256.
- Ahmad P, Nabi G, Ashraf M 2011. Cadmium-Induced Oxidative Damage in Mustard [*Brassica juncea* L.] Czern.& Coss.] Plants can be Alleviated by Salicylic Acid. S. Afr. J. Bot., 77: 36-44.
- Alloway BJ 1995. Cadmium. In Alloway, B. J. (2.ed.) Heavy Metals in Soils. Blackie, London, pp. 122-152.
- Alyemeni MN, Ahanger MA, Wijaya L, Alam P, Ahmad P 2017. Contrasting Tolerance Among Soybean Genotypes Subjected to Different Levels of Cadmium Stress. Pak. J. Bot., 49(3): 903-911,
- Asada K, Takahashi M 1987. Production and Scavenging of Active Oxygen in Photosynthesis. In: Kyle DJ, Osmond C, Arntzen CJ (eds.), Photoinhibition, Elsevier, New York, pp. 227-297.
- Asri ÖF, Sönmez S 2006. The Effect of Heavy Metal Toxicity on Plant Metabolism. West Mediterranean Agricultural Research Institute, Derim Journal 23(2): 36-45.
- Asri FO, Sonmez S 2011. Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri www.batem.gov.tr/yayinlar/derim/2006/36-45.pdf.
- Benavides MP, Gallego SM, Tomaro ML 2005. Cadmium Toxicity in Plants. Brazilian J Plant Physiol., (17): 21-34.
- Cannata MG, Carvalho R, Bertoli AC, Augusto AS, Bastos ARR, Carvalho JG, Freitas MP 2013. Effects of Cadmium and Lead on Plant Growth and Content of Heavy Metals in Arugula Cultivated in Nutritive Solution. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 44(5): 952-961.
- Chugh LK, Sawhney SK 1999. Effect of Cadmium on Activities of Some Enzymes of Glycolysis and Pentose Phosphate Pathway in Pea. Biologia Plantarum, 42(3): 401-407.
- Costa G, Morel JL 1994. Water Relations, Gas Exchange and Amino Acid Content in Cd-Treated Lettuce. Plant Physiol. Biochem. 32: 561-570.
- Dixit V, Pandey V, Shyam R 2001. Differential Antioxidative Responses to Cadmium in Roots and Leaves of Pea (*Pisum sativum* L. cv. Azad). J. Exper. Bot., 52(358): 1101-1109.
- Drażkiewicz M, Baszyński T 2005. Growth Parameters and Photosynthetic Pigments in Leaf Segments of *Zea mays* Exposed to Cadmium, as Related to Protection Mechanisms. J. Plant Physiol., 162(9): 1013-1021.
- Ehlert C, Maurel C, Tardieu F, Simonneau T 2009.

- Aquaporin-Mediated Reduction in Maize Root Hydraulic Conductivity Impacts Cell Turgor and Leaf Elongation even without Changing Transpiration. *Plant Physiol.*, 150(2): 1093-1104.
- Emamverdian A, Ding Y, Mokhberdorani F, Xie Y 2015. Heavy Metal Stress and Some Mechanisms of Plant Defense Response. *Scientific World Journal*, Article ID 756120, 18P. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/756120>
- Esiyok D 2012. Kışlık ve Yazlık Sebze Yetiştiriciliği. Ege University, Agriculture Faculty, Department of Horticulture, Izmir, 404p.
- Foyer CH, Descourvieres P, Kunert KJ 1994. Protection Against Oxygen Radicals: An Important Defence Mechanism Studied in Transgenic Plants. *Plant, Cell Environ.*, 17(5): 507-523.
- Gallego SM, Benavides MP, Tomaro ML 1996. Effect of Heavy Metal Ion Excess on Sunflower Leaves: Evidence for Involvement of Oxidative Stress. *Plant Sci.*, 121(2): 151-159.
- González L, González-Vilar M 2001. Determination of Relative Water Content. In: *Handbook of Plant Ecophysiology Techniques* Springer, Dordrecht, pp. 207-212.
- Gratao LP, Polle A, Lea P, Azevedo A 2005. Making the Life of Heavy Metal Stressed Plants a Little Easier. *Func. Plant Biol.*, 32: 481-494.
- Greger M, Ogren E 1991. Direct and Indirect Effects of Cd²⁺ on Photosynthesis in Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.). *Physiol. Plant*, 83: 129-135.
- Groppa MD, Rosales EP, Iannone MF, Benavides M P 2008. Nitric Oxide, Polyamines and Cd-Induced Phytotoxicity in Wheat Roots. *Phytochemistry*, 69(14): 2609-2615. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2008.07.016>
- Hasan SA, Fariduddin Q, Ali B, Hayat S, Ahmad A 2009. Cadmium: Toxicity and Tolerance in Plants. *J. Environ. Biol.*, 30(2): 165-74.
- Hassan MJ, Zhang G, Zhu Z 2008. Influence of Cadmium Toxicity on Plant Growth and Nitrogen Uptake in Rice as Affected by Nitrogen Form. *J. Plant Nutr.*, 31: 251-262.
- Helrich K 1990. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Washington, DC.
- Iqbal N, Masood A, Nazar R, Syeed S, Khan NA 2010. Photosynthesis, Growth and Antioxidant Metabolism in Mustard (*Brassica juncea* L.) Cultivars Differing in Cadmium Tolerance. *Agric. Sci. China*, 9(4): 519-527.
- Irfan M, Ahmad A, Hayat S 2014. Effect of Cadmium on the Growth and Antioxidant Enzymes in Two Varieties of *Brassica juncea*. *Saudi J. Biol. Sci.*, 21: 125-131.
- Jaleel CA, Gopi R, Sankar B, Manivannan P, Kishorekumar A, Sridharan R, Panneerselvam R 2007. Studies on Germination, Seedling Vigour, Lipid Peroxidation and Proline Metabolism in *Catharanthus roseus* Seedlings under Salt Stress. *S. Afr. J. Bot.*, 73: 190-195.
- Kabata-Pendias A, Pendias H 2001. *Trace Elements in Soils and Plants*. 3rd Edition, CRC Press, Boca Raton, 403 p.
- Karcz W, Kurtyka R 2007. Effect of Cadmium on Growth, Proton Extrusion and Membrane Potential in Maize Coleoptile Segments. *Biol. Plantarum*, 51: 713-719.
- Khavari-Nejad RA, Najafi F, Angaji SA, Shafiei S 2013. Molecular and Physiological Studies on Basil (*Ocimum basilicum* L.) Under Cadmium Stress. *American Eurasian J. Agric. Environ. Sci.*, 13:754-762
- Kim DY, Bovet L, Maeshima M, Martinoia E, Lee Y 2007. The ABC Transporter AtPDR8 is a Cadmium Extrusion Pump Conferring Heavy Metal Resistance. *The Plant Journal*, 50(2): 207-218.
- Krupa Z, Baszynski T 1995. Some Aspects of Heavy Metals Toxicity Towards Photosynthetic Apparatus-Direct and Indirect Effects on Light and Dark Reactions. *Acta Physiol. Plantarum*, 2(17).
- Liu S, Dong Y, Xu L, Kong J 2014. Effects of Foliar Applications of Nitric Oxide and Salicylic Acid on Salt-Induced Changes in Photosynthesis and Antioxidative Metabolism of Cotton Seedlings. *Plant Growth Regul.*, 73: 67-78.
- Lozano-Rodriguez E, Hernandez LE, Bonay P, Carpena-Ruiz RO 1997. Distribution of Cadmium in Shoot and Root Tissues. *J. Exper. Bot.*, 48(1): 123-128.
- Maia ML, Correia-Sá L, Coelho A, Barroso MF, Domingues VF, Delerue-Matos C 2015. *Eruca sativa*: Benefits as Antioxidants Source Versus Risks of Already Banned Pesticides. *J. Environ. Sci. Health, Part B*, 50(5): 338-345.
- Malik D, Sheoran S, Singh P 1992. Carbon Metabolism in Leaves of Cadmium Treated Wheat Seedlings. *Plant Physiol. Biochem.*, 30: 223-229.
- Man D, Bao Y-X, Han L-B, Zhang X 2011. Drought Tolerance Associated with Proline and Hormone Metabolism in Two Tall Fescue Cultivars. *HortSci.*, 46: 1027-1032.
- Manousaki E, Kalogerakis N 2009. Phytoextraction of Pb and Cd by the Mediterranean saltbush (*Atriplex halimus* L.): Metal Uptake in Relation to Salinity. *Environ. Sci. Pollut. R.*, 16: 844-854.
- Marshner P 2012. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Third ed. Academic Press; London, UK.
- Montillet JL, Cacas JL, Garnier L, Montané MH, Douki T, Bessoule JJ, Polkowska-Kowalczyk L, Maciejewska U, Agnel JP, Vial A, Triantaphyllides C 2004. The Upstream Oxylipin Profile of *Arabidopsis thaliana*: A Tool to Scan for Oxidative Stresses. *The Plant J.*, 40(3): 439-451.
- Moreno JL, Hernandez T, Garcia C 1999. Effects of A Cadmium-Containing Sewage Sludge Compost on

- Dynamics of Organic Matter and Microbial Activity in An Arid A soils. *Biol. Fert. Soils*, 28:230-237.
- Needleman H L, Schell A, Bellinger D, Leviton A, Allred EN 1990. The Long-Term Effects of Exposure to Low Doses of Lead in Childhood: An 11-Year Follow-up Report. *New England J. Med.*, 322(2): 83-88.
- Okcu M, Tozlu E, Kumlay AM, Pehlivan M 2009. The Effects of Heavy Metals on Plants. *Alnteri*, 17 (B): 14-26.
- Opeolu BO, Adenuga OO, Ndakidemi PA, Olujimi OO 2010. Assessment of Phyto-toxicity Potential of Lead on Tomato (*Lycopersicon esculentum* L) Planted on Contaminated Soils. *Inter. J. Physical Sci.*, 5(2): 68-73.
- Ors S, Ekinci M, Yildirim E, Sahin U 2016. Changes in Gas Exchange Capacity and Selected Physiological Properties of Squash Seedlings (*Cucurbita pepo* L.) under Well-Watered and Drought Stress conditions. *Arch. Agron. Soil Sci.*, 62(12): 1700-1710.
- Ozturk L, Eker S, Ozkutlu F, Çakmak I 2003. Effect of Cadmium on Growth and Concentrations of Cadmium, Ascorbic Acid and Sulphydryl Groups in Durum Wheat Cultivars. *Turkish J. Agric. Forest.*, 27(3): 161-168.
- Padmaja K, Prasad DDK, Prasad ARK 1990. Inhibition of Chlorophyll Synthesis in *Phaseolus vulgaris* L. Seedlings by Cadmium Acetate. *Photosynthetica*, 24(3): 399-405.
- Patel A, Pandey V, Patra DD 2016. Metal Absorption Properties of *Mentha spicata* Grown under Tannery Sludge Amended Soil- Its Effect on Antioxidant System and Quality. *Chemosphere*, 147:67-73.
- Prasad MNV 1999. Metallothionein and Metal Binding Complexes in Plants. In: Prasad MNV, Hagemeyer J (eds), Heavy Metal Stress in Plants: From Molecules to Ecosystems, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg., pp: 51-72.
- Robinson B, Russell C, Hedley M, Clothier B 2001. Cadmium Adsorption by Rhizobacteria: Implications for New Zealand Pastureland. *Agric. Eco. Environ.*, 87(3): 315-321.
- Saklı M 2011. Investigation of The Protective Role of Nitric Oxide (NO) in Plant Response to Heavy Metal Stress. Atatürk University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Biology.
- Salt DE, Pickering IJ, Prince RC, Gleba D, Dushenkov S, Smith RD, Raskin I 1997. Metal Accumulation by Aquacultured Seedlings of Indian Mustard. *Environ. Sci. Tech.*, 31(6): 1636-1644.
- Schützendübel A, Schwanz P, Teichmann T, Gross K, Langenfeld-Heyser R, Godbold DL, Polle A 2001. Cadmium-Induced Changes in Antioxidants Systems, Hydrogen Peroxide Content and Differentiation in Scots Pine Roots. *Plant Physiol.*, 127: 887-898.
- Sharma P, Dubey RS 2005. Lead Toxicity in Plants. *Brazilian J. Plant Physiol.*, 17(1): 35-52.
- SPSS Inc. 2010. SPSS® 18.0 Base User's Guide. Prentice Hall.
- Stobart AK, Griffiths WT, Ameen Bukhari I, Sherwood RP 1985. The Effect of Cd²⁺ on The Biosynthesis of Chlorophyll in Leaves of Barley. *Physiologia Plantarum*, 63(3): 293-298.
- Tester M, Davenport R 2003. Na⁺ Tolerance and Na⁺ Transport in Higher Plants. *Ann. Bot.*, 91: 503-527.
- Uraguchi S, Kiyono M, Sakamoto T, Watanabe I, Kuno K 2009. Contributions of Apoplasmic Cadmium Accumulation, Antioxidative Enzymes and Induction of Phytochelatins in Cadmium Tolerance of The Cadmium-Accumulating Cultivar of Black Oat (*Avena strigosa* Schreb.). *Planta*, 230(2): 267-276.
- Unalan Ş 2010. Response of Antioxidant Defence System on The Maize Cultivars Under The Heavy Metal Stress and Investigation of Maize's Usability for Removal of Heavy Metal. Doctoral Thesis, Hacettepe University, Department of Chemical Engineering, Chemical Engineering Section.
- Vanlı O, Yazgan M 2008. Ağır Metallerle Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Fitoremediasyon Tekniği. <http://www.tarimsal.com/fitoremediasyon/fitoremediasyon.htm>
- Vassilev A, Yordanov I 1997. Reductive Analysis of Factors Limiting Growth of Cadmium-Treated Plants: A Review. *Bulg. J. Plant Physiol.*, 23(3-4): 114-133.
- 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.
- Zengin FK, Munzuroglu O 2006. Toxic Effects of Cadmium (Cd⁺⁺) on Metabolism of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Seedlings. *Acta Agri. Scand. B-S. P.*, 56: 224-229.
- Zhang F, Shi W, Jin Z, Shen Z 2002. Response of Antioxidative Enzymes in Cucumber Chloroplasts to Cadmium Toxicity. *J. Plant Nutr.*, 26(9): 1779-1788.
- Zhao Y 2011. Cadmium Accumulation and Antioxidative Defenses in Leaves of *Triticum aestivum* L. and *Zea mays* L. *African J. Biotech.*, 10(15): 2936-2943.
- Zhi Y, Deng Z, Luo M, Ding W, Hu Y, Deng J, Li Y, Zhao Y, Zhang X, Wu W, Huang B 2015. Influence of Heavy Metals on Seed Germination and Early Seedling Growth in *Eruca sativa* Mill. *Amer. J. Plant Sci.*, 6(05): 582.

Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Çeşitlerinde Bazı Tarımsal Özellikler Bakımından Korelasyon ve Path Analizi

Hüseyin GÜNGÖR¹ , Ziya DUMLUPINAR² 

¹Düzce Üniversitesi Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Düzce, ²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Kahramanmaraş

¹<https://orcid.org/0000-0001-6708-6337>, ²<https://orcid.org/0000-0003-3119-6926>

✉: hgungor78@hotmail.com

ÖZET

Bu çalışmada Türkiye’de tescil edilmiş bazı ekmeklik buğday çeşitlerinde tane verimi ile verim unsurları ve bazı kalite özellikleri arasındaki ilişkiler korelasyon ve path analizi kullanılarak incelenmiştir. Araştırma, 18 adet ticari ekmeklik buğday çeşidi kullanılarak, 2016-17 ve 2017-18 ürün yıllarında tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak Bolu ekolojik koşullarında yürütülmüştür. İki yıllık verilere göre; tane verimi ile bitki boyu (0.755**) arasında olumlu ve önemli, başaklanma süresi (0.118), başak uzunluğu (0.141), başakta başakçık sayısı (0.210), başakta tane sayısı (0.223), 1000 tane ağırlığı (0.015) ve gluten oranı (0.274) arasında ise olumlu ilişkiler bulunmuştur. Path analizi sonuçlarına göre; tane verimi üzerine bitki boyu (p= 0.8984, % 76.73), başaklanma süresi (p= 0.3935, % 21.53), başakta tane sayısı (p= 0.6048, % 29.33), hektolitre ağırlığı (p= 0.9446, % 41.06) ve gluten oranı (p= 0.4310, % 28.86) doğrudan ve yüksek derecede olumlu, başakta başakçık sayısı (p= -0.8489, % 38.04) ve protein oranının (p= -0.9257, %39.04) ise yüksek, ancak olumsuz bir etki yaptığı saptanmıştır. Bolu koşullarında yapılacak ıslah çalışmalarında, tane verimi ile olumlu ilişkisi olan özelliklerin seleksiyon kriteri olarak kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 12.04.2019

Kabul Tarihi : 23.05.2019

Anahtar Kelimeler

Ekmeklik buğday
Dane verimi
Korelasyon kat sayısı
Path analizi

Path Coefficient and Correlation Analysis in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties for Some Agronomical Traits

ABSTRACT

In this study, the relationships among yield, yield components and quality traits of some bread wheat varieties registered in Turkey were investigated using correlation and path coefficient analysis. Eighteen commercial bread wheat varieties were used in a randomized complete block design experiment with four replications at ecological conditions of Bolu in 2016-17 and 2017-18 cropping seasons. Based on the two-years data, positive and significant relationship was found between grain yield and plant height (0.755**), and a positive relationship was found among grain yield and heading date (0.118), spike length (0.141), spikelet number per spike (0.210), grain number per spike (0.223), 1000-grain weight (0.015) and gluten content (0.274). According to the path coefficient analysis, plant height (p = 0.8984, 76.73%), heading date (p = 0.3935, 21.53%), grain number per spike (p = 0.6048, 29.33%), test weight (p = 0.9446, 41.06%) and gluten content (p = 0.4310, 28.86%) had direct and positive effects, while spikelet number per spike (p = -0.8489, 38.04%) and protein ratio (p = -0.9257, 39.04%) had negative effects. It was concluded that, yield components and quality traits that were positively related with grain yield could be used as selection criteria in breeding programs in Bolu conditions.

Research Article

Article History

Received : 12.04.2019

Accepted : 23.05.2019

Keywords

Bread wheat
Grain yield
Correlation coefficient
Path analysis

GİRİŞ

Bitkilerde yüksek tane verimi ve kaliteli ürün elde etmek için farklı kültürel işlemler yapılmakla birlikte başarıda en büyük etken çeşit veya genotiptir. Bu nedenle, tane verimi ve kalitede genotipik iyileştirmeler yapmak için çeşitli ıslah programları yürütülmektedir. Islah hedeflerine ulaşabilmek için, üzerinde çalışılan özelliklerin birbirleriyle olan ilişkileri, birisinin diğeri üzerindeki etkisi veya bir diğeri özellik üzerinden etkisi çok iyi bilinmelidir (Kurt Polat ve ark., 2015).

Buğday da yüksek tane verimi ve kalite yalnızca yetiştiriciliği yapılan bölgeye uygun olan çeşitlerin ıslahına bağlı olmamakla birlikte bunların yanı sıra verim, verim unsurları ve kaliteyi belirleyen özelliklerin kendi aralarında doğrudan ve dolaylı ilişkileriyle de alakalı olabilmektedir. Korelasyon katsayısı sadece iki karakter arasındaki doğrudan ilişkiyi belirlemekte ve genellikle yapılacak olan ıslah amacını yeterince desteklememekte olup buna bağlı olarak yapılan seleksiyon çalışmalarında başarı şansının azalmasına sebep olabilmektedir. Bu nedenle, başarılı bir ıslah programı için, verim, verim unsurları veya kalite özellikleri arasında oluşan doğrudan ve dolaylı etkileşim derecelerinin birbirinden ayrılması, ayrıntılı bir şekilde ortaya konması gerekmektedir. Path analizi özellikler arasında oluşan doğrudan ve dolaylı etkileşimleri ortaya koymaktadır. Bu analiz yöntemi sayesinde verim, verim unsurları ve kaliteyi etkileyen özellikleri belirlemek oldukça kolaylaşacaktır. Bir çok araştırmacı değişik bitkilerde korelasyon ve path analizini kullanarak tane verimi için önemli özellikleri ve bu özelliklerin doğrudan ve dolaylı etkilerini belirlemişlerdir (Savur ve Ceyhan, 2011; Khan ve ark., 2013; Ekinci ve Başbağ, 2015; Aykut Tonk ve ark., 2017; Doğan ve ark., 2017; Güngör ve ark., 2017).

İncelenen iki özellik arasındaki korelasyon katsayısı, path analiziyle belirlenen doğrudan etkiyle aynı veya

yaklaşık bir değer ise, korelasyon katsayısının bu iki özellik arasındaki ilişkiyi açıklayabileceği ve bu değer için seleksiyon kriteri olarak değerlendirilebileceği bildirilmektedir (Kurt Polat ve ark., 2015). Korelasyon katsayısının pozitif ancak path analizi sonucunda elde edilen doğrudan etki değerinin olumsuz veya önemsiz olması durumunda belirlenen dolaylı etkilerin sadece özellikler arası ilişkiler korelasyonun sebebi olabileceği aynı zamanda bu şekildeki dolaylı etkilerin de birlikte göz önünde bulundurulması gerektiği belirtilmiştir. Diğer taraftan, korelasyon katsayısının negatif olması ve path analizi sonucu elde edilen doğrudan etkinin pozitif ve önemli olması durumunda; doğrudan etkilerin kullanımını artırma seçeneği üzerinde durulmalı ve sınırlamalar istenmeyen dolaylı etkiler üzerinde uygulanmalıdır. (Sidwell 1976; Sing & Chaudhary 1977; Subhani & Khaliq 1994; Albayrak 2004; Kurt Polat ve ark., 2015).

Bu çalışma; Bolu ekolojik koşullarında, 18 adet ekmeçlik buğday çeşidinde verim, verim unsurları ve kalite özelliklerinin birbirleriyle olan ilişkilerini, Korelasyon ve Path Katsayısı analizi aracılığı ile belirlemek amacı ile yürütülmüştür.

MATERYAL ve METOT

Araştırmada ülkemizde yaygın olarak ekilen 18 adet ticari ekmeçlik buğday çeşidi (Lucilla, Glosa, Masaccio, Flamura 85, Midas, Esperia, Ashı, Tekirdağ, Krasunia odes'ka, Aldane, Rumeli, Gelibolu, Pehlivan, Kate A-1, Selimiye, Bereket, Köprü ve Saban) materyal olarak kullanılmıştır. Denemenin yürütüldüğü ürün yıllarına ait iklim verileri Çizelge 1'de verilmiştir (Anonim, 2018). Buna göre; uzun yıllar ortalaması yıllık yağış miktarı 453 mm iken, araştırmanın birinci yılında 365 mm, ikinci yılında ise 570.1 mm yağış gerçekleşmiştir. Araştırmanın yapıldığı yıllara ve uzun yıllara ortalama sıcaklıklar sırasıyla 7.5, 9.9 ve 8.6 °C olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 1. Deneme yılları ve uzun yıllar ortalamasına ait bazı iklim verileri.

	Yıllar	Aylar										Ortalama sıcaklık / Toplam yağış
		11	12	1	2	3	4	5	6	7		
Ortalama Sıcaklık (°C)	2016-2017	5.1	-2.7	-1.6	1.9	6.0	8.2	12.8	17.4	20.6	7.5	
	2017-2018	5.4	3.6	1.5	4.7	8.3	12.4	15.5	18.2	19.8	9.9	
	Uzun Yıllar	6.9	2.8	0.6	1.9	4.7	9.6	14.1	17.4	19.8	8.6	
Yağış (mm)	2016-2017	29.9	49.6	29.5	19.9	31.9	63.7	74.1	64.8	1.6	365	
	2017-2018	58.4	66.8	46.1	29.6	102.4	18.7	99.8	111.2	37.1	570.1	
	Uzun Yıllar	45.1	59.5	57.7	48.3	49.9	51.1	59.1	54.6	27.7	453	
Nisbi Nem (%)	2016-2017	72.9	86.6	76.1	73.5	68.4	66.1	74.7	73.3	65.8	73	
	2017-2018	80.9	81.9	81.5	79	70.9	63.3	76.4	73.1	71.2	75.4	

Tarla denemeleri, 2016-2017 ve 2017-2018 yetiştiricilik dönemlerinde Bolu şartlarında iki yıl süre ile tesadüf blokları deneme deseninde 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Ekim işlemleri birinci yıl 10.11.2016 tarihinde, ikinci yıl ise 14.11.2017 tarihinde elle yapılmıştır. Bitki sıklığı, 500 tane/m², parsel alanı ise 5 m² olacak şekilde düzenlenmiştir. Her iki yılda da aynı gübre formlarını kullanarak ekimle birlikte 6 kg da⁻¹ saf azot (N) ve 6 kg da⁻¹ saf fosfor (P₂O₅) olacak şekilde ekim öncesi gübreleme yapılırken, kardeşlenme döneminde 10 kg da⁻¹ saf azot (N) üst gübre olarak uygulanmıştır. Yabancı ot kontrolü kimyasal (Tribenuron-methyl % 75) yolla yapılmıştır. Hasat işlemi, birinci yıl 23.07.2017 tarihinde, ikinci yıl ise 25.07.2018 tarihinde elle yapılmıştır. Araştırmada bitki boyu, başaklanma süresi, başak uzunluğu, başakta başakçık sayısı, başakta tane sayısı, başakta tane ağırlığı, bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, protein oranı, gluten oranı ve tane verimine ait veriler incelenmiştir. Araştırmada elde edilen iki yıllık veriler TARPOGEN istatistik analiz programında korelasyon ve path analizleri modüllerinde analiz edilmiştir (Özcan, 1999).

BULGULAR ve TARTIŞMA

İncelenen özelliklere ilişkin korelasyon katsayıları Çizelge 2'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; tane verimi ile bitki boyu arasında (0.755) pozitif, önemli ilişki, tane verimi ile başaklanma süresi (0.118), başak uzunluğu (0.141), başakta başakçık sayısı (0.210), başakta tane sayısı (0.223), bin tane ağırlığı (0.015) ve gluten oranı (0.274) arasında olumlu ve önemsiz, tane verimi ile başakta tane ağırlığı (-0.171), hektolitre ağırlığı (-0.250) ve protein oranı (-0.305) arasında olumsuz ve önemsiz ilişki bulunmuştur. Bitki boyu ile başakta başakçık sayısı (0.033), başakta tane sayısı (0.010), bin tane ağırlığı (0.119), hektolitre ağırlığı (0.005), protein oranı (0.001) ve gluten oranı (0.061) arasında pozitif ve önemli, bitki boyu ile başaklanma süresi (-0.369), başak uzunluğu (-0.008) ve başakta tane ağırlığı (-0.104) arasında negatif ve önemsiz ilişki saptanmıştır. Başaklanma süresi ile başak uzunluğu (r= 0.445), başakta başakçık sayısı (0.423), başakta tane sayısı (0.338) ve gluten oranı (0.182) arasında pozitif ve önemsiz, başaklanma süresi ile başakta tane ağırlığı (-0.034), bin tane ağırlığı (-0.028), hektolitre ağırlığı (-0.174) ve protein oranı (-0.237) arasında negatif önemsiz ilişki hesaplanmıştır.

Başak uzunluğu ile başakta başakçık sayısı (0.793) ve başakta tane sayısı (0.667) arasında pozitif, önemli ilişki, başak uzunluğu ile bin tane ağırlığı ile (0.117), hektolitre ağırlığı (0.013), protein oranı (0.002) ve gluten oranı (0.173) arasında pozitif ve önemsiz, başak uzunluğu ile başak tane ağırlığı (-0.219) arasında negatif önemsiz ilişki hesaplanmış, başakta başakçık sayısı ile başakta tane sayısı (0.874) ve gluten oranı (0.495) arasında pozitif ve önemli, başakta başakçık sayısı ile bin tane ağırlığı (0.278) arasında pozitif ve önemsiz, başakta başakçık sayısı ile başak tane ağırlığı (-0.227), hektolitre ağırlığı (-0.087) ve protein oranı (-0.126) arasında negatif ve önemsiz ilişki hesaplanmıştır. Başakta tane sayısı ile başak tane ağırlığı (0.107), bin tane ağırlığı (0.268) ve gluten oranı (0.435) arasında pozitif ve önemsiz, hektolitre ağırlığı (-0.077) ve protein oranı (-0.127) arasında ise negatif ve önemsiz ilişki hesaplanmıştır. Bununla birlikte, başak tane ağırlığı ile bin tane ağırlığı (0.224), hektolitre ağırlığı (0.396) ve protein oranı (0.365) arasında pozitif ve önemsiz ilişki tespit edilirken, gluten oranı ile (-0.013) negatif ve önemsiz bir ilişki belirlenmiştir. Ayrıca, bin tane ağırlığı ile hektolitre ağırlığı (0.506) ve gluten oranı (0.617) arasında pozitif ve önemli, protein oranı (0.457) arasında ise pozitif ve önemsiz ilişki saptanmış, hektolitre ağırlığı ile protein oranı (0.980) arasında pozitif ve önemli, gluten oranı (-0.014) arasında ise negatif önemsiz ilişki, protein oranı ile gluten oranı (-0.039) arasında negatif ve önemsiz ilişki saptanmıştır (Çizelge 2). Tane verimi üzerine incelenen tarımsal özelliklerin etkileri yıllar bazında incelendiklerinde, bitki boyu her iki yılda da pozitif ve önemli, başak uzunluğu, başakta başakçık sayısı, başakta tane sayısı, bin tane ağırlığı ve gluten oranında ise denemenin her iki yılında da pozitif ve önemsiz bir ilişkinin olduğu saptanmıştır (Çizelge 2). İncelenen diğer özellikler arasında ise, başak uzunluğu ile başakta başakçık sayısı ve başakta tane sayısı, başakta başakçık sayısı ile başakta tane sayısı, hektolitre ağırlığı ile protein oranı arasında çalışmanın her iki yılı içinde pozitif ve önemli bir ilişki saptanmıştır (Çizelge 2). Kara ve Akman (2007) tane verimi ile bitki boyu, 1000 tane ağırlığı ve hektolitre ağırlığı arasında olumlu ve önemli, başak uzunluğu ile olumsuz ve önemli, başakta tane sayısı ve başakta tane ağırlığı arasında olumsuz ve önemsiz ilişkiler saptamışlardır. Kurt Polat ve ark. (2015) tane verimi ile başakta tane sayısı arasında olumlu ve önemli, bitki boyu ve başakta tane ağırlığı arasında olumlu ve önemsiz, başak boyu ile olumsuz ve önemli, başakçık sayısı ve 1000 tane ağırlığı arasında olumsuz ve önemsiz ilişkiler bulunduğunu belirtmişlerdir. Ayer ve ark. (2017) ise tane verimi ile bitki boyu, başakta tane sayısı ve 1000 tane ağırlığı arasında olumlu ve önemli, başak uzunluğu ile olumlu ve önemsiz ilişkiler saptamışlardır. Bununla birlikte, Aykut Tonk ve ark. (2017) bitki boyu ile 1000 tane ağırlığı ve hektolitre ağırlığı arasında olumlu ilişkiler tespit etmişlerdir.

Çalışmada incelenen karakterlerin tane verimine olan doğrudan ve dolaylı etkileri path katsayıları ve değerleri Çizelge 3'te gösterilmiştir.

Çizelge 2. İncelenen özelliklere ait korelasyon katsayıları.

Özellikler	Yıllar	BB	BS	BU	BBS	BTS	BTA	BNTA	HL	PR	GL
TV	2016-17	0.804**	-0.073	0.191	0.186	0.195	-0.079	0.076	-0.092	-0.091	0.434
	2017-18	0.594*	0.192	0.060	0.102	0.120	-0.166	0.011	-0.329	-0.386	0.024
	Ortalama	0.755**	0.118	0.141	0.210	0.223	-0.171	0.015	-0.250	-0.305	0.274
BB	2016-17		-0.303	0.050	0.061	0.036	0.126	0.127	-0.045	-0.066	0.161
	2017-18		-0.404	-0.013	0.062	0.012	-0.307	0.116	0.050	0.042	-0.045
	Ortalama		-0.369	-0.008	0.033	0.010	-0.104	0.119	0.005	0.000	0.061
BS	2016-17			0.343	0.341	0.290	0.020	-0.123	-0.062	-0.027	0.148
	2017-18			0.527*	0.496*	0.398	0.056	0.165	-0.144	-0.166	0.232
	Ortalama			0.445	0.423	0.338	-0.034	-0.028	-0.174	-0.237	0.182
BU	2016-17				0.661**	0.657**	-0.028	0.048	-0.201	-0.231	0.208
	2017-18				0.831**	0.667**	-0.181	0.183	0.195	0.189	0.189
	Ortalama				0.793**	0.667**	-0.219	0.117	0.013	0.002	0.173
BBS	2016-17					0.894**	-0.194	0.150	-0.272	-0.324	0.540*
	2017-18					0.850**	-0.046	0.257	0.066	0.093	0.313
	Ortalama					0.874**	-0.227	0.278	-0.087	-0.126	0.495*
BTS	2016-17						0.039	0.141	-0.338	-0.394	0.481
	2017-18						0.247	0.304	0.144	0.159	0.287
	Ortalama						0.107	0.268	-0.077	-0.127	0.435
BTA	2016-17							0.272	0.187	0.186	-0.175
	2017-18							0.253	0.441	0.443	0.290
	Ortalama							0.224	0.396	0.365	-0.013
BNTA	2016-17								0.437	0.365	0.381
	2017-18								0.449	0.514*	0.663**
	Ortalama								0.506*	0.457	0.617**
HL	2016-17									0.990**	-0.208
	2017-18									0.979**	0.188
	Ortalama									0.980**	-0.014
PR	2016-17										-0.222
	2017-18										0.276
	Ortalama										-0.039

** %1 düzeyinde önemli, * %5 düzeyinde önemli

BB: Bitki boyu, BS: Başaklanma süresi, BU: Başak uzunluğu, BBS: Başakta başakçık sayısı, BTS: Başakta tane sayısı, BTA: Başakta tane ağırlığı, BNTA: 1000 tane ağırlığı, HL: Hektolitire ağırlığı, PR: Protein oranı, GL: Gluten oranı, TV: Tane verimi

Path katsayısı analiz sonuçlarına göre, araştırmada incelenen 10 tarımsal özelliğin tane verimine doğrudan etkileri belirlenmiştir (Çizelge 3; Şekil 1). Çizelge 3 incelendiğinde path katsayısı değerleri ile etki payları yıllara göre farklılık göstermiştir. Yıllara göre stabil olmayan durumlardan dolayı açıklamalar iki yıllık ortalamalar üzerinden yapılmıştır. Çalışmada incelenen özelliklerden tane verimine, bitki boyu (P= 0.8984, % 76.73), başaklanma süresi (P= 0.3935, % 21.53), başak uzunluğu (P= 0.1351, % 8.58), başakta tane sayısı (P= 0.6048, 29.33), hektolitire ağırlığı (P= 0.9446, % 41.06) ve gluten oranı (P= 0.4310, % 28.86) olumlu yönde etki yaparken, başakta başakçık sayısı (P= -0.8489, % 38.04), başakta tane ağırlığı (P= -0.2598, % 18.10), 1000 tane ağırlığı (P= -0.2850, %1395) ve protein oranı (P= -0.9257, % 39.04) olumsuz yönde etki yaptığı tespit edilmiştir. Ayrıca, tane verimi üzerine yüksek ve olumlu dolaylı etki başak uzunluğu üzerinden başakta tane sayısı (P= 0.4032, % 25.62), başakta başakçık sayısı üzerinden başakta tane sayısı

(P= 0.5289, % 23.70), başakta tane ağırlığı, bin tane ağırlığı ve protein oranı üzerinden hektolitire ağırlığından (P= 0.3741, % 26.06; P= 0.4780, %2340; P= 0.9253, % 39.03) tespit edilirken, yüksek ve olumsuz dolaylı etki ise başak uzunluğu ve başakta tane sayısı üzerinden başakta başakçık sayısı (P= -0.6735, % 42.80; P= -0.7423, % 36.00) ve hektolitire ağırlığı üzerinden protein oranından (P= -0.9069, % 39.42) hesaplanmıştır. Path analizi ile ilgili daha önce yapılan çalışmalar sonucunda; Kara ve Akman (2007) tane verimine en yüksek doğrudan ve olumlu etkiyi hektolitire ağırlığı ve 1000 tane ağırlığı özelliklerinin yaptığını belirlemişlerdir. Gelalcha ve Hanchinal (2013) tane verimi üzerine bitki boyunun önemli ve doğrudan bir etkiye sahip olduğunu tespit ederken, Suleiman ve ark. (2014) ise tane verimi üzerine 1000 tane ağırlığı ve başakta tane sayısı özelliklerinin önemli doğrudan etkiye sahip özellikler olduğunu bildirmiştir. Kurt Polat ve ark. (2015) başakta tane sayısı ve başakta tane ağırlığı özelliklerinin tane verimine en yüksek doğrudan etkiyi yaptığını ve bitki boyu, başak boyu ile 1000 tane ağırlığı özelliklerinin

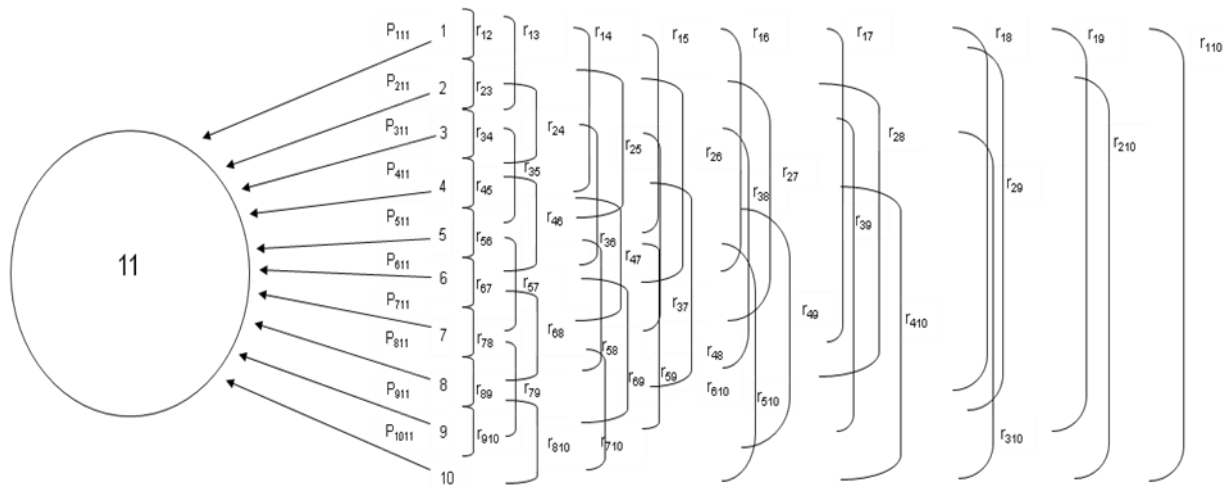
Çizelge 3. Path analizi sonuçları.

Dolaylı Etki	Path (2016-17)	Katsayısı	Etki (%)	Payı	Path (2017-18)	Katsayısı	Etki (%)	Payı	Path (Ortalama)	Katsayısı	Etki (%)	Payı
BB	0.8771		73.02		0.9062		69.66		0.8984		76.73	
BS	-0,0374		3.11		-0.1875		14.41		-0,1450		12.38	
BU	0.0070		0.58		-0.0029		0.22		-0,0011		0.09	
BBS	-0,0435		3.62		-0.0308		2.36		-0,0278		2.37	
BTS	0.0233		1.93		0.022		0.16		0.0061		0.51	
BTA	-0,0392		3.26		-0.0729		5.60		0.0269		2.30	
BNTA	-0,006		0.50		0.0014		0.11		-0,0338		2.88	
HL	0.0420		3.49		0.0374		2.87		0.0051		0.43	
PR	-0,0725		6.03		-0.0529		4.06		-0,0003		0.02	
GL	0.0532		4.42		-0.0066		0.50		0.0262		2.24	
BS	0.1235		12.11		0.4645		28.47		0.3935		21.53	
BB	-0,2658		26.08		-0.3657		22.41		-0,3311		18.12	
BU	0.0480		4.70		0.1147		7.03		0.0601		3.29	
BBS	-0,2439		23.93		-0.2462		15.08		-0,3593		19.66	
BTS	0.1894		18.58		0.0754		4.61		0.2044		11.18	
BTA	-0,0063		0.62		0.0133		0.81		0.0088		0.4799	
BNTA	0.0058		0.56		0.0020		0.12		0.0079		0.43	
HL	0.0570		5.59		-0.1079		6.61		-0,1642		8.98	
PR	-0,0300		2.94		0.2079		12.74		0.2193		12.00	
GL	0.0491		4.82		0.0338		2.07		0.0783		4.28	
BU	0.1398		8.48		0.2179		14.83		0.1351		8.58	
BB	0.0439		2.66		-0.0121		0.82		-0,0072		0.45	
BS	0.0424		2.57		0.2446		16.65		0.1751		11.13	
BBS	-0,4727		28.69		-0.4125		28.09		-0,6735		42.80	
BTS	0.4294		26.06		0.1264		8.61		0.4032		25.62	
BTA	0.0088		0.53		-0.0429		2.92		0.0569		3.61	
BNTA	-0,0023		0.13		0.0023		0.1542		-0,0334		2.12	
HL	0.1862		11.30		0.1455		9.91		0.0123		0.78	
PR	-0,2532		15.36		-0.2366		16.11		-0,0022		0.13	
GL	0.0689		4.18		0.0275		1.87		0.0744		4.72	
BBS	-0,7155		30.56		-0.4963		36.72		-0,8489		38.04	
BB	0.0533		2.27		0.0562		4.15		0.0294		1.31	
BS	0.0421		1.79		0.2304		17.05		0.1665		7.46	
BU	0.0923		3.94		0.1811		13.40		0.1072		4.80	
BTS	0.5848		24.98		0.1611		11.92		0.5289		23.70	
BTA	0.0606		2.58		-0.0108		0.80		0.0591		2.64	
BNTA	-0,0071		0.30		0.0032		0.23		-0,0793		3.55	
HL	0.2516		10.74		0.0494		3.65		-0,0824		3.69	
PR	-0,3549		15.15		-0.1173		8.67		0.1163		5.21	
GL	0.1787		7.63		0.0455		3.36		0.2133		9.55	
BTS	0.6541		27.53		0.1895		13.90		0.6048		29.33	
BB	0.0312		1.31		0.0105		0.76		0.0090		0.43	

BS	0.0358	1.50	0.1847	13.55	0.1330	6.44
BU	0.0918	3.86	0.1454	10.66	0.0900	4.36
BBS	-0,6398	26.93	-0.4219	30.96	-0,7423	36.00
BTA	-0,0122	0.51	0.0587	4.30	-0,0279	1.35
BNTA	-0,0067	0.28	0.0038	0.27	-0,0764	3.70
HL	0.3128	13.17	0.1073	7.87	-0,0727	3.52
PR	-0,4316	18.16	-0.1991	14.61	0.1180	5.72
GL	0.1593	6.70	0.0418	3.06	0.1877	9.10
BTA	-0,3120	29.95	0.2373	15.01	-0,2598	18.10
BB	0.1102	10.58	-0.2783	17.61	-0,0931	6.48
BS	0.0025	0.24	0.0260	1.64	-0,0133	0.92
BU	-0,0039	0.37	-0.0394	2.49	-0,0296	2.06
BBS	0.1389	13.34	0.0227	1.43	0.1931	13.45
BTS	0.0257	2.46	0.0468	2.96	0.0650	4.52
BNTA	-0,0129	1.23	0.0031	0.19	-0,0639	4.45
HL	-0,1732	16.63	0.3290	20.81	0.3741	26.06
PR	0.2041	19.59	-0.5556	35.15	-0,3375	23.52
GL	-0,0579	5.56	0.0421	2.66	-0,0057	0.39
BNTA	-0,0474	3.39	0.0124	0.79	-0,2850	13.95
BB	0.1118	8.00	0.1054	6.77	0.1065	5.21
BS	-0,0151	1.08	0.0766	4.92	-0,0110	0.53
BU	0.0067	0.48	0.0399	2.56	0.0158	0.77
BBS	-0,1071	7.67	-0.1275	8.19	-0,2362	11.56
BTS	0.0919	6.58	0.0577	3.70	0.1622	7.94
BTA	-0,0848	6.07	0.0600	3.85	-0,0582	2.85
HL	-0,4053	29.04	0.3353	21.54	0.4780	23.40
PR	0.3993	28.61	-0.6453	41.45	-0,4235	20.73
GL	0.1261	9.03	0.0964	6.19	0.2657	13.01
HL	-0,9267	34.97	0.7469	32.08	0.9446	41.06
BB	-0,0397	1.50	0.0454	1.94	0.0048	0.20
BS	-0,0076	0.28	-0.0671	2.88	-0,0684	2.97
BU	-0,0281	1.05	0.0425	1.82	0.0018	0.07
BBS	0.1943	7.33	-0.0328	1.40	0.0740	3.21
BTS	-0,2208	8.33	0.0272	1.16	-0,0465	2.02
BTA	-0,0583	2.20	0.1045	4.49	-0,1029	4.47
BNTA	-0,0207	0.78	0.0056	0.23	-0,1442	6.26
PR	1,0843	40.92	-1.2287	52.77	-0,9069	39.42
GL	-0,0688	2.59	0.0274	1.17	-0,0062	0.27
PR	1,0951	39.89	-1.2552	52.94	-0,9257	39.04
BB	-0,058	2.11	0.0382	1.61	0.0003	0.01
BS	-0,0034	0.12	-0.0769	3.24	-0,0932	3.93
BU	-0,0323	1.17	0.0411	1.73	0.0003	0.01
BBS	0.2319	8.44	-0.0464	1.95	0.1067	4.50
BTS	-0,2578	9.39	0.0301	1.26	-0,0771	3.25
BTA	-0,0581	2.11	0.1050	4.43	-0,0947	3.99

BNTA	-0,0173	0.62	0.0064	0.26	-0,1303	5.49
HL	-0,9175	33.42	0.7311	30.84	0.9253	39.03
GL	-0,0734	2.67	0.0402	1.69	-0,0170	0.71
GL	0.3311	19.16	0.1455	13.11	0.4310	28.86
BB	0.1409	8.15	-0.0408	3.67	0.0547	3.66
BS	0.0183	1.06	0.1080	9.73	0.0715	4.78
BU	0.0291	1.68	0.0412	3.71	0.0233	1.56
BBS	-0,3861	22.34	-0.1552	13.98	-0,4201	18.13
BTS	0.3147	18.21	0.0544	4.90	0.2634	17.63
BTA	0.0546	3.15	0.0687	6.19	0.0035	0.23
BNTA	-0,0181	1.04	0.0082	0.73	-0,1757	11.76
HL	0.1924	11.13	0.1407	12.67	-0,0136	0.91
PR	-0,2428	14.04	-0.3468	31.25	0.0365	2.44

BB: Bitki boyu, BS: Başaklanma süresi, BU: Başak uzunluğu, BBS: Başakta başakçık sayısı, BTS: Başakta tane sayısı, BTA: Başakta tane ağırlığı, BNTA: 1000 tane ağırlığı, HL: Hektolitire ağırlığı, PR: Protein oranı, GL: Gluten oranı, TV: Tane verimi



Şekil 1. On Tarımsal Özellik; BB (1), BT (2), BU (3), BBS (4), BTS (5), BTA (6), BNTA (7), HL (8), PR (9), GL (10) ve Etki Ettikleri Değişken TV (11) için Path Diagramı

tane verimini artırmada seleksiyon kriteri olarak alınabileceğini bildirmiştir. Aykut Tonk ve ark. (2017) yaptıkları çalışmanın iki yıllık sonucuna göre tane verimi üzerine doğrudan ve olumlu etkiye sahip özelliğin hektolitire ağırlığı olduğunu bildirirken Tabassum ve ark. (2018) başak boyu ve başakta başakçık sayısı özelliklerinin seleksiyon kriteri olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir

SONUÇ

Çalışma sonucunda, ekmeçlik buğdayda tane verimi ile bitki boyu arasında önemli ve olumlu, başaklanma süresi, başak uzunluğu, başakta başakçık sayısı, başakta tane sayısı, 1000 tane ağırlığı ve gluten oranı arasında olumlu ve önemsiz ilişkiler belirlenmiştir. Yapılan path analizi sonucuna göre; tane verimine doğrudan etkileri olumlu yönde olan bitki boyu, başaklanma süresi, başak uzunluğu başakta tane sayısı, hektolitire ağırlığı ve gluten oranı gibi

özelliklerin seleksiyon kriteri olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir. Ancak, tane verimine olumsuz yönde doğrudan etkisi olan başakta tane ağırlığı özelliğinin de bu yönde dikkate alınması gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Albayrak S 2004. Fiğ (*Vicia sativa* L.)'de Tohum Verimi ile İlişkili Karakterlerin Korelasyon ve Path Analizi ile Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 10: 83-87.
- Anonim 2018. Bolu Meteoroloji İl Müdürlüğü.
- Ayer DK, Sharma A, Ojha BR, Paudel A, Dhakal K 2017. Correlation and Path Coefficient Analysis in Advanced Wheat Genotypes. SAARC Journal of Agriculture, 15(1): 1-12.
- Aykut Tonk F, İştıpliler D, Tosun M 2017. Bazı Ekmeçlik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Genotiplerinde Özellikler Arası İlişkiler ve Path

- Analizi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 54(1): 85-89.
- Doğan Y, Erol E, Çiftçi V, Kendal E 2017. Bazı Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşitlerinde Özellikler Arası Korelasyon ve Path Analizi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(3): 279-284.
- Ekinci R, Başbağ S 2015. Erkenci Pamuk Genotiplerinde Verim ve Erkencilik Parametreleri Arası İlişkilerin Korelasyon ve Path Analizi ile Belirlenmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 30: 154-159.
- Gelalcha S, Hanchinal RR 2013. Correlation and Path Analysis in Yield and Yield Components in Spring Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes under Irrigated Condition in Southern India. African Journal of Agricultural Research, 8(24):3186-3192.
- Güngör H, Dokuyucu T, Dumlupınar Z, Akkaya A 2017. Yulafta (*Avena* spp.) Tane Verimi ile Bazı Tarımsal Özellikler Arasındaki İlişkilerin Korelasyon ve Path Analizleriyle Saptanması. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 14(01): 61-67.
- Kara B, Akman Z 2007. Yerel Buğday Ekotiplerinde Özellikler Arası İlişkiler ve Path Analizi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(3): 219-224.
- Khan AA, Alam MA, Alam MK, Alam MJ, Sarker ZI 2013. Correlation and Path Analysis of Durum Wheat (*Triticum turgidum* L. var. Durum). Bangladesh Journal of Agricultural Research, 38(3): 515-521.
- Kurt Polat PÖ, Aydoğan Çifci E, Yağdı K 2015. Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.)'da Tane Verimi ile Bazı Verim Öğeleri Arasındaki İlişkilerin Saptanması. Tarım Bilimleri Dergisi, 21: 355-362.
- Özcan K 1999. Populasyon genetiği için bir istatistik paket geliştirilmesi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 116s.
- Savur O, Ceyhan E 2011. Bezelyede Tane verimi ile Bazı Verim Unsurlarının Korelasyon ve Path Analizi. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 25(2): 24-29.
- Sidwell RJ, Smith EL, McNew, RW 1976. Inheritance and Interrelationships of Grain Yield and Selected Yield-Related Traits in a Hard Red Winter Wheat Cross. Crop Science, 16: 650-654.
- Singh KB, Chaudhary BD 1977. Biometrical Methods in Quantitative Genetic Analysis. Kalyani Publishers. New Delhi-India, 304p.
- Subhani GM, Khaliq I 1994. Path Coefficient Analysis in Wheat. Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research, 37(11): 474-476.
- Suleiman AA, Nganya JF, Ashraf MA 2014. Correlation and Path Analysis of Yield and Yield Components in Some Cultivars of Wheat (*Triticum aestivum* L.) in Khartoum State, Sudan. Journal of Forest Products&Industries, 3(6): 221-228.
- Tabassum, Kumar A, Pandey D, Prasad B 2018. Correlation and Path Coefficient Analysis for Yield and Its Attributing Traits in Bread Wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell). Journal of Applied and Natural Science, 10(4): 1078-1084.

Nohut Tarımında Ekim Sonrası Uygulanan Farklı Silindir Baskı Seviyelerinin Toprağın Fiziksel Özellikleri ve Bitki Çıkış Oranına Etkisi

Songül GÜRSOY¹, Zübeyir TÜRK²

¹Dicle University, Agriculture Faculty, Agricultural Mach. and Tech. Eng. Depart., Diyarbakır, ²Dicle University, Diyarbakır Agriculture Vocational School, Diyarbakır

¹<https://orcid.org/0000-0002-6145-0684>, ²<https://orcid.org/0000-0002-1420-7999>

✉: songul.gursoy@dicle.edu.tr

ÖZET

Nohut tarımında ekim sonrası silindir ile toprağın sıkıştırılması, Türkiye'nin birçok bölgesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmanın amacı, nohut tarımında ekim sonrası uygulanan silindirin baskı seviyelerinin toprağın bazı fiziksel özellikleri (toprağın nem içeriği, sıcaklığı, penetrasyon direnci) ve bitki çıkış oranına etkisini belirlemektir. Bu amaçla kullanılan düz yüzeyli silindire su konularak, 6 farklı baskı seviyesi (0, 20, 26, 31, 37, 43 kPa) elde edilmiştir. Üç tekrarlamalı tesadüf blokları deneme desenine göre yürütülen çalışmada elde edilen verilerin analizi sonucunda, baskı seviyesinin artmasıyla toprağın 0-15 cm derinliğindeki nem miktarının önemli düzeyde arttığı, fakat toprak sıcaklığında düşüşlerin meydana geldiği gözlemlenmiştir. Toprak derinliğindeki artış ile penetrasyon direnci değerlerinin de arttığı ve 15 cm derinlikten sonra uygulamalar arasındaki farklılığın istatiki açıdan önemli olmadığı görülmüştür. En yüksek çıkış oranı, 20 ve 26 kPa'lık baskı seviyelerinde belirlenmiştir. Sonuç olarak, bitki çıkış oranına etkisi yönünden 20-26 kPa'lık baskı seviyelerinin, deneme alanının iklim ve toprak koşulları için uygun olabileceğini söyleyebiliriz.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 27.12.2018

Kabul Tarihi : 16.05.2019

Anahtar Kelimeler

Tarla silindiri

Baskı seviyesi

Penetrasyon direnci

Nohut

Çıkış oranı

The Effect of Different Packing Levels Applied After Seeding in Chickpea Agriculture on Soil Physical Properties and Seed Emergence Ratio

ABSTRACT

In the chickpea cultivation, the soil packing after sowing is widely used in many regions of Turkey. Therefore, the aim of this study was to determine the proper packing level for land roller applied after sowing in chickpea cultivation. In this purpose, six different packing levels (0, 20, 26, 31, 37, 43 kPa) was applied by filling the water in a flat roller. The result of the analysis of the data obtained in the study conducted as three repeating randomized block design indicated that the amount of moisture in the soil increased by 0-15 cm depth with the increase in the pressure level, but the decrease in the soil temperature was determined. The penetration resistance values increased with the increase in soil depth and there was significant differences among treatments after 15 cm soil depth. The highest emergence rate was determined at 20-26 kPa packing levels. We can conclude that the 20-26 kPa packing levels may be appropriate for the climate and soil conditions of the test area when emergence seed rate is considered.

Research Article

Article History

Received : 27.12.2018

Accepted : 16.05.2019

Keywords

Land roller

Packing level

Penetration resistance

Chickpea

Emergence rate

To Cite : Gürsoy S, Türk Z 2019. Nohut Tarımında Ekim Sonrası Uygulanan Farklı Silindir Baskı Seviyelerinin Toprağın Fiziksel Özellikleri ve Bitki Çıkış Oranına Etkisi. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 22(6): 859-864. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.503920.

GİRİŞ

Baklagillerin ekiminden sonra toprak yüzeyinin bastırılmasında ve düzeltilmesinde genellikle düz

merdaneler kullanılmaktadır. Düz silindir şeklinde olan bu tip merdaneler, toprak yüzeyini düzgünleştirilmesine katkı sağladığı için hasat

makinalarının çalışma performansını artırarak, tane kayıplarının meydana gelmesini önlemektedir. Toprağın üst katmanının ekim derinliğinde sıkıştırılması, topraktaki nem kaybını önlemekle birlikte bitkinin kullanmadığı alt katmandaki nemin kapilarite ile yükselmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, tohumun toprakla daha iyi temasına katkı sağlayarak, çimlenme ve çıkış oranında artış meydana getirmektedir (Klassen ve Watts, 1998; Berti ve ark., 2008; Tong ve ark., 2015). Fakat, uygun olmayan koşullarda toprağın aşırı şekilde sıkıştırılması, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini olumsuz yönde etkileyerek, bitki çıkış oranı, kök gelişimi, bitkinin besin maddelerinden yararlanma oranını ve sonuç olarak verimini olumsuz yönde etkilemektedir (Hanks ve Thorp, 1956; Gemtos ve Lellis 1997; Chen ve ark., 2014).

Bir silindirin toprağı sıkıştırma derecesi, toprak özellikleri (topraktaki nem miktarı, toprağın bünyesi, organik madde içeriği), toprağa uygulanan baskı miktarı (birim silindir ağırlığı ve silindir çapı) ve silindirin çekilme hızına bağlıdır olarak değişmektedir (Mamman ve Ohu 1998; Tong ve ark., 2015).

Toprağa baskı uygulayarak sıkıştırılması, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirdiği için bitkinin çıkışı, gelişimi ve verimini de önemli ölçüde etkilemektedir. Toprağın sıkıştırılması esnasında, toprağın hacim ağırlığı ve penetrasyon direnci artarken, porozitesinde düşüşler meydana gelmektedir. Bu da toprağın su tutma kapasitesini, topraktaki oksijen miktarını ve sıcaklığını önemli derecede etkilemektedir. Bildirilen bir çalışmada toprak sıcaklığının ve oksijen içeriğinin toprağın üzerinde sıkışmaya neden olan tarla trafiğinin önemli bir etkisi olduğu belirtilmiştir (Özpınar ve ark., 2018). Gemtos ve Lellis (1997)'in yürüttükleri bir çalışmada pamuk bitkisinde 150 ile 250 kPa, şekerpancarında ise 50 ile 200 kPa baskı düzeyinin bitki gelişimi ve verimi için en uygun sıkıştırma düzeyi olduğunu belirlemişlerdir. Hakansson ve Lipiec (2000) penetrasyon direncinin 3000 kPa'ın üzerinde olmasının, bitki gelişimini tamamen engellediğini ifade etmişlerdir. Özgöz ve ark. (2001) farklı sıkıştırma düzeylerinin buğdayın çıkış oranına etkisine yönelik yürüttükleri bir çalışmada, 33.3 ve 41.2 kPa'lık sıkıştırmanın uygulandığında çıkış oranının en iyi olduğunu belirlemişlerdir. Altıkat ve ark. (2006) yazlık buğdayda sıra üzerine uygulanan sıkıştırmanın düzeyi arttıkça, toprak nem içeriği ve çimlenmenin de arttığını rapor etmişlerdir. Bu literatür verileri, toprağa uygulanan baskı miktarının bitki gelişimi üzerine olan etkisinin, bitki türü, iklim koşulları ve toprak özelliklerine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Bu çalışmanın amacı, Diyarbakır ili koşullarında nohut tarımında ekim sonrası uygulanan silindirin farklı sıkıştırma

düzeylerinin toprağın bazı fiziksel özellikleri ile bitki çıkış oranına etkilerini belirlemektir.

MATERYAL ve METOD

Çalışma, Diyarbakır ilinde (Enlem: 37° 55' 36" N, Boylam: 40° 13' 49" E, Yükseklik: 630 m) çiftçi koşullarında 2018 yılında yazlık nohut yetiştirme sezonunda yürütülmüştür. Çalışmanın yürütüldüğü bölge, yarı kurak iklim koşullarına sahip olup, uzun yıllar ortalamasına göre 483 mm olan yıllık ortalama yağış miktarının %80'i Kasım ve Mayıs aylarında düşmektedir. Denemenin yürütüldüğü yıldaki ekim sonrası yağış miktarı, Şubat ayında uzun yılların üzerinde iken (84.6 mm), Mart ayında ise (11.6 mm) uzun yıllar ortalamasının oldukça altında olmuştur (DMBM, 2018). Ekim sonrası yağış ve hava sıcaklığının, toprağın sıcaklığını ve oksijen miktarını etkilediği için bitki çıkış oranı ve gelişimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir (Berti ve ark., 2008). Bir önceki yıl mercimek yetiştiriciliğinin gerçekleştirildiği deneme alanının 0-20 cm derinliğindeki toprakları, killi-tınlı (kum:38.08, kil:40.06, silt:21.86) bünyeye sahip olup, pH'sı 7.65, toplam tuz oranı %1, organik madde içeriği % 2.32, kireç oranı %1.14, bitkilere yarayışlı fosfor miktarı (P_2O_5) 34.87 kg da⁻¹, bitkilere yarayışlı potasyum miktarı (K_2O_5) 94.95 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir. Ekim öncesi deneme alanında alınan bozulmamış toprak örneklerinin etüvde kurutulması sonucunda, nem içeriği ve hacim ağırlığı değerleri, 0-10 cm derinlikte %23.55 (kuru ağırlık esasına göre) ve 1.11 g cm⁻³, 10-20 cm derinlikte %24.55 (kuru ağırlık esasına göre) ve 1.42 g cm⁻³, 20-30 cm derinlikte %23.558 (kuru ağırlık esasına göre) ve 1.23 g cm⁻³ olarak belirlenmiştir. Denemede tohum yatağı hazırlığı, sonbaharda yaklaşık olarak 15-20 cm derinlikte kültivatör ile toprak işlendikten sonra ekim öncesi 5-10 cm işleme derinliğinde kültivatör kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tek diskli ekim makinası kullanılarak yapılan ekim işleminde sıra aralığı mesafe 30 cm, ekim derinliği 6 cm ve dekara atılan tohum miktarı 14 kg olarak ayarlanmıştır. Buna göre 1 metrekare alana atılan tohum sayısı 30 olarak hesaplanmıştır. Ekim ile birlikte dekara 12.5 kg DAP (18.46.0) gübresi kullanılmıştır.

Tesadüfi blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülen denemede, toprağın sıkıştırılmasında kullanılan 0.54 m çapında ve 3.04 m genişliğindeki silindire su konularak 6 farklı baskı seviyesi [0-silindirin kullanılmadığı kontrol, 20 kPa, 26 kPa, 31 kPa, 37 kPa, 43 kPa] elde edilmiştir. Denemede silindirin çekilmesinde FORD 6610S traktör 1.75 m s⁻¹ hızda çalıştırılmıştır.

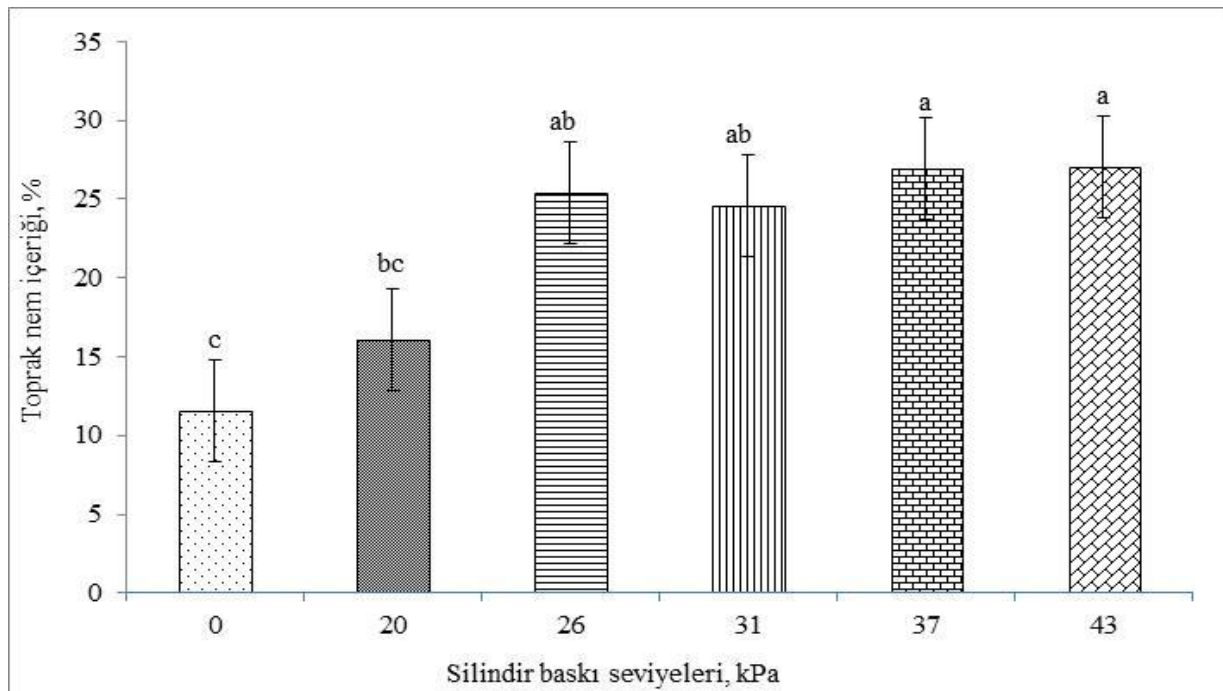
Farklı baskı seviyelerinin, toprağın fiziksel özellikleri ve bitki çıkış oranına etkisini belirlemek amacıyla, ekim işleminden 1 ay sonra toprak nem içeriği, sıcaklığı, penetrasyon direnci ve metrekaredeki bitki

sayısı belirlenmiştir. Toprağın nem içeriği ve sıcaklığını belirlemek amacıyla Aquaterr - Model T300 (Aquaterr Instruments & Automation, LLC) toprak nemi ölçme cihazı 15 cm toprak derinliğinde kullanılmıştır. Penetrasyon direncinin belirlenmesinde ise her 2.5 cm derinlikte okuma yapabilen dijital FieldScout SC 900 (Spectrum Technologies, Aurora, IL) penetrometre kullanılmıştır. Bitki çıkış oranı, metre karedeki bitki sayısının, metrekareye ekilen tohum sayısına oranlanmasıyla belirlenmiştir. Bütün ölçümler, her parselden 3 tekrarlamalı olarak yapılmıştır. Her bir parselin uzunluğu 30 m, genişliği ise 3 m olarak ayarlanmıştır.

Ölçümler sonucunda elde edilen veriler, Jump İstatistik Paket programı (SAS, 2002, Cary, NC, USA) kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve istatistiki açıdan önemli değişkenlerdeki uygulamaların ortalamaları arasındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla LSD çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

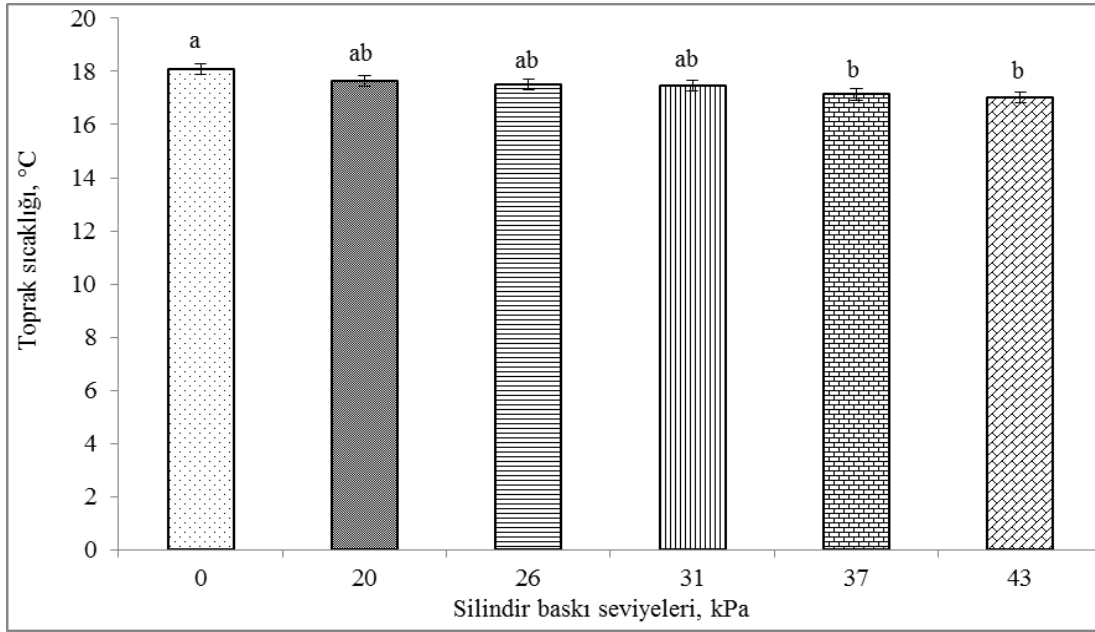
Nohut tarımında ekim sonrası kullanılan düz yüzeyli tarla silindirinin farklı baskı seviyelerinin toprağın 15 cm derinliğindeki nem içerisine etkisi Şekil 1'de görülmektedir. 37 ve 43 kPa'lık baskı seviyelerindeki toprağın nem içeriği oranının istatistiksel olarak diğer uygulamalardan önemli oranda daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Topraktaki en düşük nem içeriği oranı, ekimden sonra silindirin kullanılmadığı kontrol parsellerinden elde edilmiştir. Kontrol ile 20 kPa'lık baskı uygulaması arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olmadığı Şekil 1'de görülmektedir. Aynı şekilde, 20, 26, 31 kPa baskı seviyeleri arasında ve 26, 31, 37, 43 kPa baskı seviyeleri arasındaki farklarında istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür. Toprağın sıkıştırılması, topraktaki hava boşluklarının boyutunu azaltacağı için toprak taneciklerinin su zerrecelerini tutma kuvvetini artıracak ve dolayısıyla evaporasyonla meydana gelecek su kaybını azaltacaktır (Tong ve ark., 2015). Bu çalışmada, 26 kPa bir baskı seviyesinin topraktaki nemin korunması için yeterli olabileceğini göstermektedir.



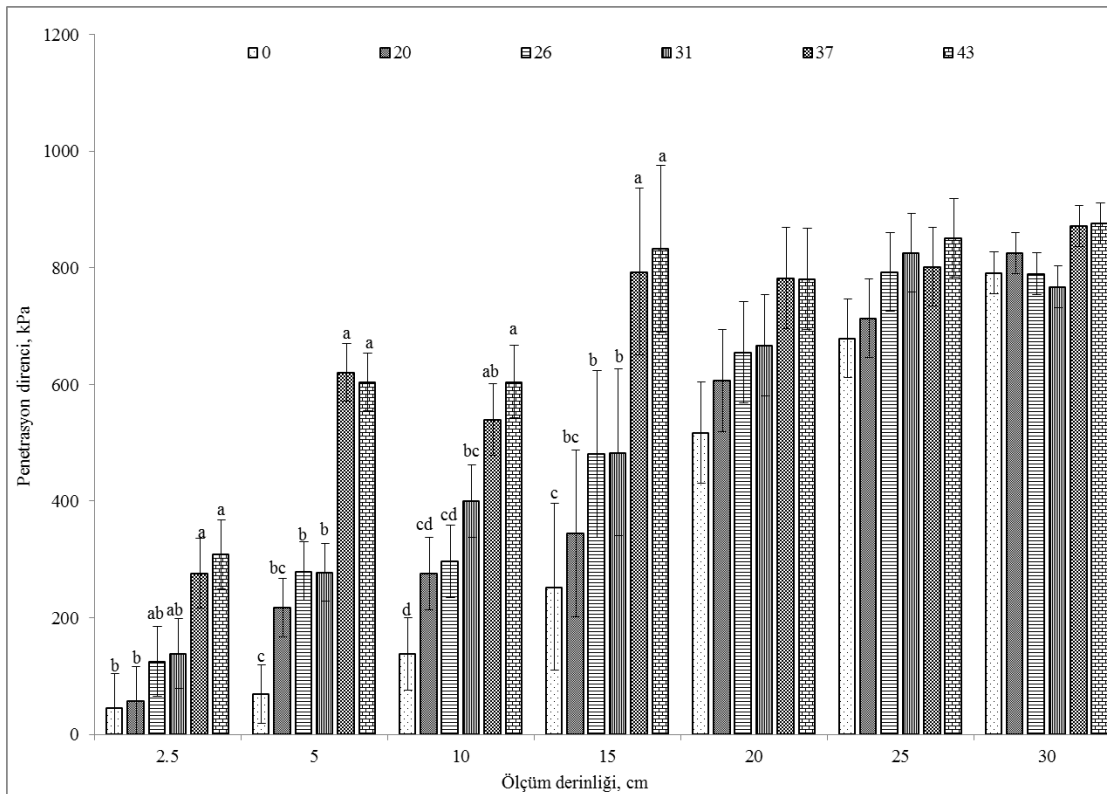
Şekil 1. Tarla silindirinin farklı baskı seviyelerinin toprağın 15 cm derinliğindeki nem içeriğine etkisi

Farklı baskı seviyelerinin toprağın 15 cm derinliğindeki sıcaklığına olan etkilerini gösteren Şekil 2 incelendiği zaman, topraktaki nem içeriğinin tam tersi olarak baskı seviyesinin artışıyla toprak sıcaklığında azalma meydana gelmiştir. Toprağın 15 cm derinliğindeki en düşük toprak sıcaklığı değerleri, 37 ve 43 kPa baskı seviyelerinde belirlenmiştir. Diğer baskı seviyeleri arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz olmuştur. Toprağın sıcaklığı, hem tohumun çimlenmesi hem de bitki çıkışını etkileyen önemli

faktörlerden biridir. Birçok araştırmacı, toprak sıcaklığı ile bitki çıkış oranı arasında pozitif bir ilişkinin olduğunu ifade etmişlerdir (Masaka ve Khumbula, 2007; Huang ve ark., 2018). Penetrasyon direncine etkisi bakımından toprağın 0-15 cm derinliklerinde uygulamalar arasında farklılık istatistiksel olarak önemli olmasına karşın, 15 cm'den sonraki derinliklerde uygulamaların penetrasyon direncine etkisinin önemli olmadığı Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 2. Tarla silindirinin farklı baskı seviyelerinin toprağın 15 cm derinliğindeki sıcaklığına etkisi



Şekil 3. Tarla silindirinin farklı baskı seviyelerinin toprağın farklı derinliklerindeki penetrasyon direncine etkisi

Toprağın 0-15 cm derinliğindeki penetrasyon direnci değerlerinin, baskı seviyesindeki artış ile önemli düzeyde arttığı görülmüştür. Bu derinlik aralığındaki en yüksek penetrasyon direnci değeri, 15 cm toprak derinliğinde 43 kPa baskı seviyesinde elde edilmiş ve 37-43 kPa baskı seviyeleri arasındaki fark istatistik olarak önemli olmadığı görülmüştür. Genelde 20, 26

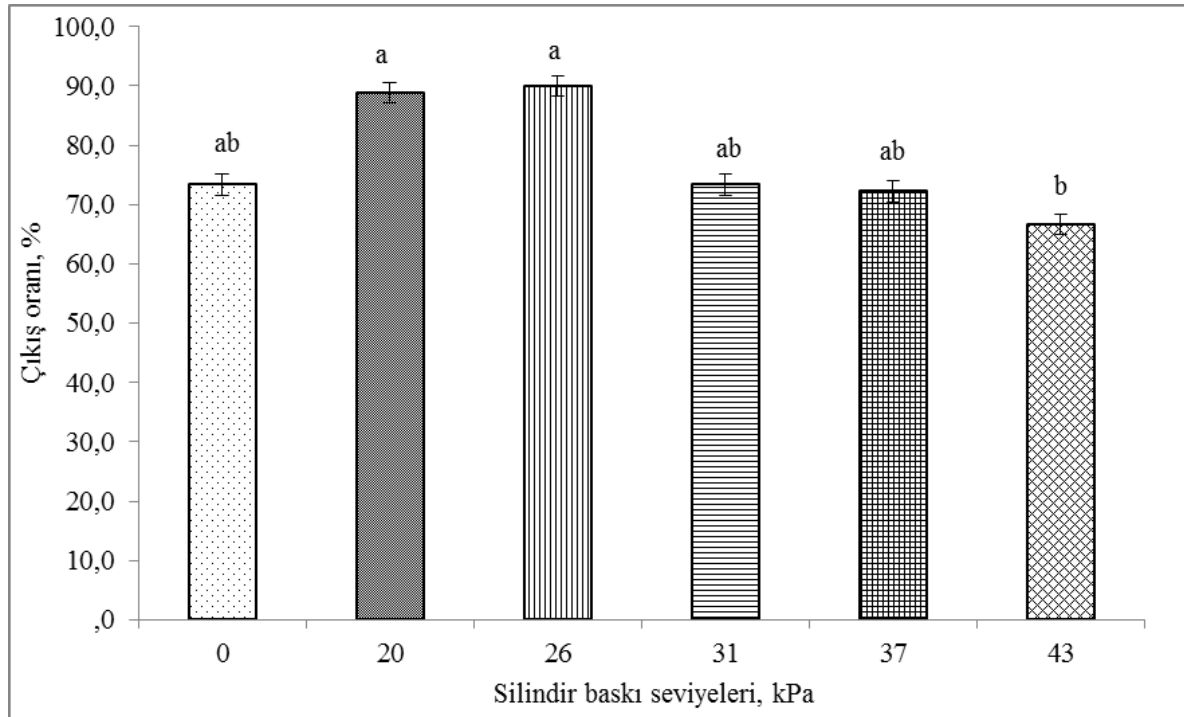
ve 31 kPa baskı seviyeleri, derinliklerin hepsinde aynı grup içerisinde olduğu görülmüştür. Toprağın 0-30 cm ölçüm derinliğindeki penetrasyon direnci değerlerinin, bitki gelişimini engellediği varsayılan kritik sıkışmanın (2000 kPa) altında olduğu Şekil 3'te görülmektedir. Bu çalışmanın sonuçlarına benzer olarak, Shafiq ve ark. (1994), Mosaddeghi ve ark. (2000) ve Altikat ve ark. (2006) gibi araştırmacılar da

toprağın sıkıştırılmasının, penetrasyon direnci değerlerinde önemli derecede artış meydana getirdiğini saptamışlardır.

Penetrasyon direncindeki bu artış miktarına, toprağa uygulanan baskı miktarı (birim silindir ağırlığı ve silindir çapı)'nın yanında toprak özellikleri (topraktaki nem miktarı, toprağın bünyesi, organik madde içeriği), ve silindirin çekilme hızı da önemli derecede etki etmektedir (Mamman ve Ohu 1998; Tong ve ark., 2015).

Tarla silindirinin farklı baskı seviyeleri uygulamalarındaki bitki çıkış oranları Şekil 4'de görülmektedir. En yüksek çıkış oranı, silindir baskı seviyesinin 20-26 kPa olduğu uygulamalarda elde edilmiştir. Baskı seviyesinin 26 kPa'dan fazla olması, çıkış oranını önemli ölçüde azaltmış olduğu gözlenmiştir. Ekim sonrası silindirin kullanılmadığı kontrol parsellerindeki çıkış oranının, 20 ve 26

kPa'lık baskı seviyelerinde sıkıştırmanın yapıldığı uygulamalardan daha düşük olduğu Şekil 4'te görülmektedir. Bitki çıkış oranı, toprağın ve çevrenin özelliklerinden önemli derecede etkilenmektedir. Toprağın sıkışıklığı, sıcaklığı, nem içeriği gibi toprağın fiziksel özelliklerinin bitki çıkış oranına etki eden temel özellikler olduğu bilinmektedir (Ozpınar ve Ozpınar, 2015). Ekim sonrası yağış, hava sıcaklığı gibi iklim koşulları da toprağın özelliklerini önemli ölçüde etkilediği için bitki çıkışı üzerinde önemli etkiye sahiptir. Şekil 1 ve 2'de görüldüğü gibi toprağın sıkıştırılması, toprağın 15 cm derinliğindeki nem içeriğini artırırken, sıcaklığını düşürmüştür. Toprağa uygulanan hafif bir baskı oranı, toprakta aşırı bir sıkışıklık meydana getirmeden tohumun toprakla temasını artırdığı için bitkinin çıkış oranını artırdığını söyleyebiliriz (Şekil 3 ve 4).



Şekil 4. Tarla silindirinin farklı baskı seviyelerinin bitki çıkış oranına etkisi

SONUÇ ve ÖNERİLER

Diyarbakır ili iklim koşullarında nohut ekiminden sonra kullanılan silindir baskı seviyelerinin toprağın nem içeriği, sıcaklığı, penetrasyon direnci ve bitki çıkış oranına etkisinin incelendiği bu çalışmanın sonuçları, silindir baskı seviyesinin artışıyla toprağın 15 cm derinliğindeki nem içeriğinin arttığını, sıcaklığının ise önemli düzeyde azaldığını göstermiştir. Silindir baskı seviyelerinin penetrasyon direnci değerleri üzerine etkisi, toprağın 0-15 cm derinliğinde önemli bulunmuş, 15 cm'den sonraki derinliklerde penetrasyon direncine etkisi bakımından uygulamalar arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıkların olmadığı görülmüştür. Genel olarak, uygulanan sıkıştırma düzeyi arttıkça

penetrasyon direncinde de artış gözlenmiştir. Çalışmada kullanılan uygulamaların bitki çıkış oranına etkisi bakımından, en yüksek çıkış oranı 20-26 kPa'lık baskı seviyelerinde elde edilmiştir. Baskı seviyesinin 26 kPa'dan fazla olması çıkış oranında düşümlere neden olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, çalışmanın yürütüldüğü toprak ve iklim koşulları için ekimden sonra 20-26 kPa'lık bir baskı ile toprağın sıkıştırılmasının nohut tarımında toprağın fiziksel özellikleri ve bitki çıkış oranına etkisi bakımından uygun olduğu görülmüştür.

KAYNAKÇA

Altıkat S, Çelik A, Turgut N 2006. Yazlık Buğdayda Farklı Tohum Yatağı Parçalama ve Sıra Üzeri

- Sıkıştırma Düzeylerinin Bitki Çıkışı, Gelişimi ve Verime Olan Etkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 37 (2):197-205.
- Berti MT, Johnson BL, Henson RA. 2008. Seeding Depth and Soil Packing Affect Pure Live Seed emergence of Cuphea. Industrial Crops and Products. 27: 272–278
- Chen G, Weil RR, Hill RL 2014. Effects of Compaction and Cover Crops on Soil Least Limiting Water Range and Air Permeability. Soil Tillage Research. 136: 61-69.
- DMBM 2018 Diyarbakır Meteoroloji Bölge Müdürlüğü Kayıtları
- Gemtos TA, Lellis T 1997. Effects of Soil Compaction, Water and Organic Matter Contents on Emergence and Initial Plant Growth of Cotton and Sugar Beet. Journal of Agricultural Engineering Research. 66(2): 121-134.
- Hakansson I, Lipiec J 2000. A Review of Usefulness of Relative Bulk Density Values in Studies of Soil Structure and Compaction. Soil and Tillage Research. 53(2): 71-85.
- Hanks RJ, Thorp EC 1956. Seedling Emergence of Wheat as Related to Soil Moisture Content, Bulk Density, Oxygen Diffusion Rate and Crust Strength. Soil Science Society American Proceedings. 20: 307-310.
- Huang D, Han JG, Wu WL, Wu JY 2008. Soil Temperature Effects on Emergence and Survival of *Iris Lactea* Seedlings, New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 36:3, 183-188
- Klassen, E.P. and Watts, J 1998. Effects of Rolling A Clay Loam Field, To Press in Stones on Dry Edible Bean and Dry Pea Production. Progress Reports on Pulse Research in Western Canada, 3:15-16.
- Mamman E, Ohu JO 1998. The Effect of Tractor Traffic on Air Permeability and Millet Production in A Sandy Loam Soil in Nigeria. Ife Journal of Technology. 8(1): 1-7.
- Masaka J, Khumbula N 2007. The Effect of Soil Compaction Levels on Germination and Biometric Characteristics of Coffee (*Coffea arabica*) Seedlings in the Nursery. International Journal of Agricultural Research, 2: 581-589.
- Mosaddeghi MR, Hajabbasi MA, Hemmat A, Afyuni M, 2000. Soil Compactibility as Affected by Soil Moisture Content and Farmyard Manure in Central Iran. Soil and Tillage Research, 55(1-2):87-97.
- Ozpınar S, Ozpınar A, 2015. Tillage effects on soil properties and maize productivity in western Turkey. Archives of Agronomy and Soil Science, 61(7): 1029-1040.
- Ozpınar S, Ozpınar A, Cay A, 2018. Soil management effect on soil properties in traditional and mechanized vineyards under a semiarid Mediterranean environment. Soil Tillage Research, 178: 198-08.
- Özgöz E, Altuntaş E, Taşer ÖF, 2001. Anıza Ekim Makinasında Farklı Sıkıştırma Basınçlarının Toprak Sıkışıklığına ve Tarla Filiz Çıkış Derecesine Etkisi. Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi. Şanlıurfa
- Shafiq M, Hassan MA, Ahamad S 1994. Soil Physical Properties as Influenced by Induced Compaction under Laboratory and Field Conditions. Soil Tillage Research, 29(1-2): 13-22.
- Tong J, Zhang Q, Guo L, Chang Y, Guo Y, Zhu F, Chen D, Liu X 2015. Compaction Performance of Biomimetic Press Roller to Soil. Journal of Bionic Eng. 12:152–159.

Trakya Bölgesinde Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin İllere Göre Belirlenmesi

Derya İlkay ABDİKOĞLU^{1*} 

Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Tekirdağ, Türkiye

<https://orcid.org/0000-0003-0273-3323>

✉: deryailkay@nku.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada Türkiye ve Trakya bölgesi ile Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illerinin tarımsal mekanizasyon düzeyi göstergeleri hesaplanarak, 2008 – 2017 yılları arasındaki mekanizasyon düzeyindeki değişim incelenmiş, iller arasında ve Türkiye ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Ayrıca trend analizi ile 2018 – 2023 yılları için işlenen alana düşen traktör gücü tahmin edilmiştir. Son 10 yılda 1000 ha alana düşen traktör sayısında Türkiye’de %27.9, Trakya bölgesinde %3.7, Edirne’de %13.9 ve Kırklareli’nde %6.1 oranında artış olurken, Tekirdağ’da %5.8 oranında azalma mevcuttur. Bunun nedeni yıllar içerisinde Tekirdağ ilinde traktör sayısındaki artış oranının, işlenen alandaki artış oranı kadar yüksek olmamasıdır. Türkiye’de işlenen alana düşen traktör gücü sürekli artış eğiliminde olup 2008 yılında 1.63 kW/ha iken 2017 yılında 2.12 kW/ha’dır. Trakya bölgesinde bu rakam 2008 yılında 2.62 kW/ha iken 2017 yılında 2.80 kW/ha’ya yükselmiştir. 2008 yılında traktör başına alet/makine sayısı Türkiye’de 7.68, Trakya bölgesinde 9.18 iken, 2017 yılında Türkiye’de 7.26, Trakya bölgesinde 9.24’tür. Edirne ve Kırklareli illerinde yıllar içinde alet/makine sayısı, traktör sayısına göre daha fazla arttığından traktör başına alet/makine sayısı artmaktadır. Trend analizi sonuçlarına göre işlenen alana düşen traktör gücünün Trakya bölgesinde 2023 yılında 3.01 kW/ha olması tahmin edilmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 03.04.2019

Kabul Tarihi : 17.05.2019

Anahtar Kelimeler

Mekanizasyon düzeyi
Mekanizasyon göstergeleri
Tekirdağ
Edirne
Kırklareli

Determining of Agricultural Mechanization Level in Thrace Region by Provinces Abstract

ABSTRACT

In this study, agricultural mechanization indicators of Turkey, Thrace Region, Edirne, Kırklareli and Tekirdağ provinces has calculated for 2008 - 2017. The changes in the mechanization level has examined and comparisons was made. By using trend analysis, the tractor power per agricultural area for 2018-2023 was estimated. In the last 10 years, number of tractors per 1000 ha has increased 27.9% in Turkey, 3.7% in Thrace region, 13.9% in Edirne and 6.1% in Kırklareli but it has decreased 5.8% in Tekirdağ province. This is due to the fact that the rate of increase in the number of tractors in the Tekirdağ province was not as high as the rate of increase in the agricultural area. Tractor power per agricultural area in Turkey is constantly increasing. While it was 1.63 kW/ha in 2008, it was 2.12 kW/ha in 2017. In Thrace region while it was 2.62 kW/ha in 2008, it has increased to 2.80 kW/ha in 2017. While tools/machines per tractor was 7.68 and 9.18 in Turkey and in Thrace region, respectively, for 2008, it was 7.26 and 9.24 in Turkey and Thrace region, respectively for 2017. There is an increase in tools/machines per tractor in Edirne and Kırklareli provinces because of the number of tools/machines increased more than those of tractors. According to the trend analysis results, it is estimated that the tractor power in the area will be 3.01 kW/ha in 2023 in the Thrace region.

Research Article

Article History

Received : 03.04.2019

Accepted : 17.05.2019

Keywords

Mechanization level
Mechanization indicators
Tekirdağ
Edirne
Kırklareli

GİRİŞ

Tarımsal mekanizasyon, tarımda ileri teknolojilerin uygulanmasını, ayrıca toprak, su, gübre, ilaç, vb. girdilerin etkin kullanımını olanaklı kılarak, verimliliği sağlayan önemli bir üretim aracıdır (Korucu ve ark., 2015). Tarımsal mekanizasyon düzeyi bölgelerin teknik ve ekonomik yapısına bağlı olarak değişim gösterebilmektedir. Tarımsal mekanizasyon göstergeleri kullanılarak tarımsal mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi; illerin, bölgelerin ve ülkelerin tarımsal mekanizasyon düzeylerinin karşılaştırılması ve değerlendirilmesi açısından önemlidir.

Tarımsal üretimde kullanılan temel güç kaynağı traktördür. Bu nedenle tarım traktörleri, bölgelerin tarımsal mekanizasyon düzeylerinin belirlenmesinde dikkate alınan en önemli göstergedir. En yaygın kullanılan traktör esaslı mekanizasyon düzeyi göstergeleri işlenen alana düşen traktör gücü (kW/ha), 1000 ha işlenen alana düşen traktör sayısı (traktör sayısı/1000 ha), traktör başına işlenen alan (ha/traktör sayısı) ve traktör başına alet/makine sayısı (alet-makine sayısı/traktör)'dir (Sabancı ve ark., 2003).

Türkiye'de bölgelerin ve illerin mekanizasyon düzeyinin belirlenmesine yönelik birçok çalışma mevcuttur. Bölge bazında yapılan çalışmalarda Özpınar (2001) Marmara bölgesinin, Özgüven ve ark. (2010) ile Korucu ve ark. (2015) Türkiye'nin tarımsal bölgelerinin, Baran ve ark. (2014) Batı Marmara bölgesinin, Özmen (2014) TRA1 Düzey 2 bölgesinin, Altuntaş (2016) Türkiye'nin coğrafi bölgelerinin, Bozkurt (2016) Harran Ovasının, Akar ve Çelik (2017) Muş Ovasının tarımsal mekanizasyon düzeyini belirlemişlerdir. Durgut ve Arın (2005), Trakya yöresinde bağcılık yapan işletmelerin mekanizasyon düzeylerini belirlemişlerdir. İl bazında yapılan çalışmalarda ise Kök (1993) Tunceli, Işık ve ark. (2003) Bursa, Koçak (2006) Bitlis, Arıöz (2007) Ağrı, Altıkat ve Çelik (2009) Erzurum, Altıkat ve Çelik (2011) Iğdır, Akar ve ark. (2012) Hatay, Gökdoğan (2012) Isparta, Lüle ve ark. (2012) Adıyaman, Gökdoğan (2014) Hakkari, Bilim ve ark. (2014) Gaziantep, Altıntaş (2015) Eskişehir, Korucu ve ark. (2015) Kahramanmaraş, Doruk (2016) Denizli, Kayhan ve ark. (2017) Kırklareli, Oğuz ve ark. (2017) Konya, Aslantürk ve Altuntaş (2018) Malatya illerinin tarımsal mekanizasyon düzeylerini incelemişlerdir. Koçtürk ve Onurbaş Avcıoğlu (2007) tüm illerin mekanizasyon düzeylerini belirlemişlerdir. Conley ve Lambert (1981) traktör beygir gücü üzerinde etkili olan faktörleri, Unakıtan ve Akdemir (2007, 2015) Türkiye'de, Biondi ve ark. (2012) ise İtalya, Fransa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde, traktör talebi üzerinde etkili olan faktörleri belirlemişler ve traktör talebini kısa dönem için tahmin etmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı, Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illeri ile Türkiye için traktör sayılarını ve tarım

alanlarını baz alarak son 10 yıla ait tarımsal mekanizasyon göstergelerini hesaplayarak mekanizasyon düzeyini belirlemek, elde edilen sonuçları il bazında birbirleriyle ve Türkiye ile karşılaştırmak ve yıllar içerisinde mekanizasyon düzeyinde meydana gelen değişimi belirlemektir. Ayrıca trend analizi ile 2018 – 2023 yılları için işlenen alana düşen traktör gücünün tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmanın verileri Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TÜİK) alınmıştır. Çalışmada Edirne, Kırklareli, Tekirdağ ve Türkiye'ye ait 2008 – 2017 yılları arasındaki tarım alanları ve traktör sayılarına ilişkin veriler kullanılmıştır. Bu veriler değerlendirilerek Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illeri hem birbirleriyle hem de Türkiye ve Trakya bölgesi değerleriyle karşılaştırılmıştır. Mekanizasyon düzeyinin belirlenmesinde 1000 ha alana düşen traktör sayısı (traktör/1000 ha), bir traktöre düşen toplam alan (ha/traktör) ve birim alana düşen traktör gücü (kW/ha) göstergeleri esas alınmıştır. Bu göstergelerin hesaplanmasında toplam tarım alanları, traktör sayısı ve ortalama traktör gücü değerlerinden (Lüle ve ark., 2012) yararlanılmıştır. Elde edilen veriler beygir gücü cinsinden olup, 0.7457 ile çarpılarak kW'a dönüştürülmüştür.

Traktör gücünün tahmin edilmesinde trend analizi kullanılmıştır. Trend (eğilim) analizi bir zaman serisinin uzun dönemdeki ana eğilimi olarak tanımlanan eğilimin bir doğru veya bir eğri ile ifade edilmesidir (Yavuz, 2016). Trend analizinde ele alınan zaman serisini en iyi temsil edecek trend denklemi belirlendikten sonra, gelecek dönem için tahminler elde edilir. Trendin tahmini, en küçük kareler yöntemi, hareketli ortalama ve yarıyıl ortalamalar yöntemi ile yapılabilir. Bu çalışmada trend eğrisinin denklemini bulmak için en küçük kareler yöntemi kullanılmıştır. Ancak trend eğrisinin denklemini bulmak için en küçük kareler yönteminin farklı denklemler türlerinin (doğrusal, logaritmik, üssel, vd.) incelenmesi gerekmektedir (Witt ve Witt, 1992). Bu çalışmada farklı denklemler türleri incelenmiş ve determinasyon katsayısı (r^2) en yüksek olan logaritmik trend denklemi uygulanarak analiz yapılmıştır.

Son 10 yıldaki traktör sayıları Çizelge 1'de gösterilmiştir. Türkiye'de 2017 yılı traktör sayısı 2008 yılı traktör sayısına göre %22.05 artarak 1306611 adet olmuştur. Trakya bölgesinde 2008 yılı traktör sayısı 57665 iken 2017 yılı traktör sayısı 59484'tür. Trakya bölgesinde son 10 yıldaki artış oranı %3.15'tir. 2008 – 2017 yılları arasında Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ'da traktör sayılarındaki artış oranları ise sırasıyla %2.18, %6.43 ve %1.98'dir.

2008 – 2017 yılları arasında tarım alanları Çizelge 2’de gösterilmiştir. Türkiye’de toplam tarım alanları miktarı son 10 yılda %4.57 azalarak yaklaşık 23.39 milyon ha olmuştur. Trakya bölgesinde 2008 yılında yaklaşık 951 bin ha olan tarım alanları, 2017 yılında

%0.53 azalarak yaklaşık 946 bin ha olmuştur. Son 10 yılda Edirne’de tarım alanlarında %10.36’lık bir azalma olurken, Kırklareli’nde %0.29’luk ve Tekirdağ’da %8.35’lik artış meydana gelmiştir.

Çizelge 1. 2008 – 2017 yılları traktör sayıları.

Yıllar	Türkiye	Trakya Bölgesi	Edirne	Kırklareli	Tekirdağ
2008	1070528	57665	23448	14165	20052
2009	1073334	57789	23404	14235	20150
2010	1096484	58463	23717	14602	20144
2011	1124795	58884	23792	14704	20388
2012	1178049	59588	23870	14857	20861
2013	1213374	59382	23861	15040	20481
2014	1243100	58535	23686	15038	19811
2015	1260152	58575	23719	15053	19803
2016	1273399	59227	23865	14943	20419
2017	1306611	59484	23958	15076	20450

Kaynak: TÜİK, 2018

Çizelge 2. 2008 – 2017 yılları tarım alanları (ha).

Yıllar	Türkiye	Trakya Bölgesi	Edirne	Kırklareli	Tekirdağ
2008	24505223	951146.6	350381	234653.1	366112.5
2009	24294681	929644.8	343227.4	230546.2	355871.2
2010	24394205	954451.9	361653.2	232358.3	360440.4
2011	23613761	910647.7	328176.6	225059.6	357411.4
2012	23781999	816683.3	302334.5	191418.9	322929.9
2013	23805512	823635.1	291154.2	211665.7	320815.2
2014	23940714	890761.9	313808	227290.7	349663.2
2015	23933614	922524.7	314449.4	225800.2	382275
2016	23762572	957588.7	320120.3	236930.2	400538.2
2017	23385093	946095.6	314098	235326.1	396671.5

Kaynak: TÜİK, 2018

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Türkiye ve Trakya bölgesi ile Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illerinin tarımsal mekanizasyon düzeyi göstergeleri hesaplanmıştır. Çizelge 3’te 1000 ha işlenen alana düşen traktör sayısı (traktör sayısı/1000 ha) değerleri gösterilmiştir. 2008 – 2017 yılları arasında Türkiye’de işlenen alana düşen traktör sayısı sürekli artmaktadır. Bunun sebebi tarım alanları azalırken, traktör sayısının artmasıdır. 1000 ha işlenen alana düşen traktör sayısı Trakya bölgesinde 2008 yılında 60.63 traktör/1000ha iken, 2017 yılında 62.87 traktör /1000 ha olmuştur. Tekirdağ ilinde ise traktör sayısı yıllar içinde çok değişmezken, tarım alanları artmaktadır. Bu nedenle Tekirdağ ilinde işlenen alana düşen traktör sayısı azalmaktadır. Altuntaş (2016), çalışmasında 2013 yılı verilerini kullanarak 1000 ha işlenen alana düşen traktör sayısını Marmara bölgesi için 127.49 traktör /1000 ha olarak hesaplamıştır. Baran ve ark. (2014), Balıkesir, Çanakkale, Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illerini kapsayan Batı Marmara bölgesinde 1000 ha işlenen alana düşen traktör sayısını 80.46 traktör /1000 ha olarak hesaplamışlardır. Koçtürk ve Onurbaş Avcıoğlu (2007), çalışmalarında 1000 ha işlenen alana düşen

traktör sayısını Edirne, Kırklareli, Tekirdağ illeri ve Marmara bölgesi için sırasıyla 65.8 traktör /1000 ha, 57.8 traktör /1000 ha, 55.3 traktör /1000 ha ve 94.3 traktör /1000 ha olarak hesaplamışlardır.

Traktör başına işlenen alan (ha/traktör sayısı) Çizelge 4’te gösterilmiştir. 2008- 2017 yılları arası Türkiye’de traktör başına işlenen alan miktarında sürekli bir azalış mevcuttur. Traktör başına işlenen alan miktarı Trakya bölgesi, Edirne ve Kırklareli’nde genel eğilim azalış yönündeyken, Tekirdağ’da ise artış yönündedir. Traktör başına işlenen alan Marmara bölgesinde 7.84 ha/traktör (Altuntaş, 2016), Batı Marmara bölgesinde 12.43 ha/traktör (Baran ve ark., 2014), Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illerinde sırasıyla 15.2 ha/traktör, 17.3 ha/traktör ve 18.1 ha/traktör (Koçtürk ve Onurbaş Avcıoğlu, 2007) olarak hesaplanmıştır.

İşlenen alana düşen traktör gücü (kW/ha) değerleri Çizelge 5’te gösterilmiştir. Son 10 yılda Türkiye’de işlenen alana düşen traktör gücü sürekli bir artış göstermektedir. İşlenen alana düşen traktör gücü Trakya bölgesinde 2012 yılına kadar artarken, 2012 yılından sonra azalmıştır. Bunun nedeni Trakya bölgesinde son 10 yılda traktör gücü sürekli artış gösterirken, tarım alanlarının 2012 yılına kadar

azalması ve 2012 yılından sonra yeniden artmasıdır. İşlenen alana düşen traktör gücü Marmara bölgesinde 5.48 kW/ha (Altuntaş, 2016), Batı Marmara bölgesinde 3.07 kW/ha (Baran ve ark., 2014), Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illerinde sırasıyla 2.67 kW/ha, 2.34 kW/ha ve 2.24 kW/ha (Koçtürk ve Onurbaş Avcıoğlu, 2007) olarak hesaplanmıştır.

2017 yılında işlenen alana düşen traktör gücü değerleri 2008 yılı değerleri ile karşılaştırıldığında Edirne ve Kırklareli'nde artış, Tekirdağ'da ise azalış görülmüştür. Bu durum Tekirdağ ilindeki traktör gücündeki artışın, işlenen alan miktarındaki artış kadar yüksek olmamasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 3. 1000 ha işlenen alana düşen traktör sayısı (traktör sayısı/1000 ha).

Yıllar	Türkiye	Trakya Bölgesi	Edirne	Kırklareli	Tekirdağ
2008	43.69	60.63	66.92	60.37	54.77
2009	44.18	62.16	68.19	61.74	56.62
2010	44.95	61.25	65.58	62.84	55.89
2011	47.63	64.66	72.50	65.33	57.04
2012	49.54	72.96	78.95	77.62	64.60
2013	50.97	72.10	81.95	71.06	63.84
2014	51.92	65.71	75.48	66.16	56.66
2015	52.65	63.49	75.43	66.67	51.80
2016	53.59	61.85	74.55	63.07	50.98
2017	55.87	62.87	76.28	64.06	51.55

Çizelge 4. Traktör başına işlenen alan (ha/traktör sayısı).

Yıllar	Türkiye	Trakya Bölgesi	Edirne	Kırklareli	Tekirdağ
2008	22.89	16.49	14.94	16.57	18.26
2009	22.63	16.09	14.67	16.20	17.66
2010	22.25	16.33	15.25	15.91	17.89
2011	20.99	15.47	13.79	15.31	17.53
2012	20.19	13.71	12.67	12.88	15.48
2013	19.62	13.87	12.20	14.07	15.66
2014	19.26	15.22	13.25	15.11	17.65
2015	18.99	15.75	13.26	15.00	19.30
2016	18.66	16.17	13.41	15.86	19.62
2017	17.90	15.91	13.11	15.61	19.40

Çizelge 5. İşlenen alana düşen traktör gücü (kW/ha).

Yıllar	Türkiye	Trakya Bölgesi	Edirne	Kırklareli	Tekirdağ
2008	1.63	2.62	2.73	2.37	2.67
2009	1.65	2.69	2.79	2.43	2.76
2010	1.69	2.67	2.69	2.49	2.78
2011	1.78	2.83	2.98	2.62	2.84
2012	1.86	3.17	3.26	3.12	3.12
2013	1.92	3.16	3.39	2.86	3.14
2014	1.95	2.88	3.13	2.67	2.79
2015	1.98	2.83	3.13	2.89	2.55
2016	2.02	2.74	3.10	2.74	2.45
2017	2.12	2.80	3.19	2.81	2.49

2008 – 2017 yılları arasında Türkiye'de traktör başına alet/makine sayısının azaldığı, Trakya bölgesinde ise fazla değişim olmadığı görülmektedir (Çizelge 6). Traktör başına düşen alet/makine sayısında Edirne ve Kırklareli illerinde artış görülürken, Tekirdağ'da azalma görülmektedir. Bu durum yıllar içinde Tekirdağ ilinde traktör sayısında önemli bir değişim olmazken, tarım alet ve makineleri sayısının azalması ile açıklanabilir. Koçtürk ve Onurbaş Avcıoğlu (2007),

çalışmalarında traktör başına alet/makine sayısı Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illeri için sırasıyla 5 ekipman/traktör, 6.4 ekipman/traktör, 8 ekipman/traktör olarak hesaplamışlardır.

Trakya bölgesindeki 2008-2017 yılları arasındaki işlenen alana düşen traktör gücü (kW/ha) değişimden yola çıkılarak trend analizi yardımıyla 2018-2023 yılları için işlenen alana düşen traktör gücü tahmin edilmiştir. Yapılan trend analizine göre işlenen alana

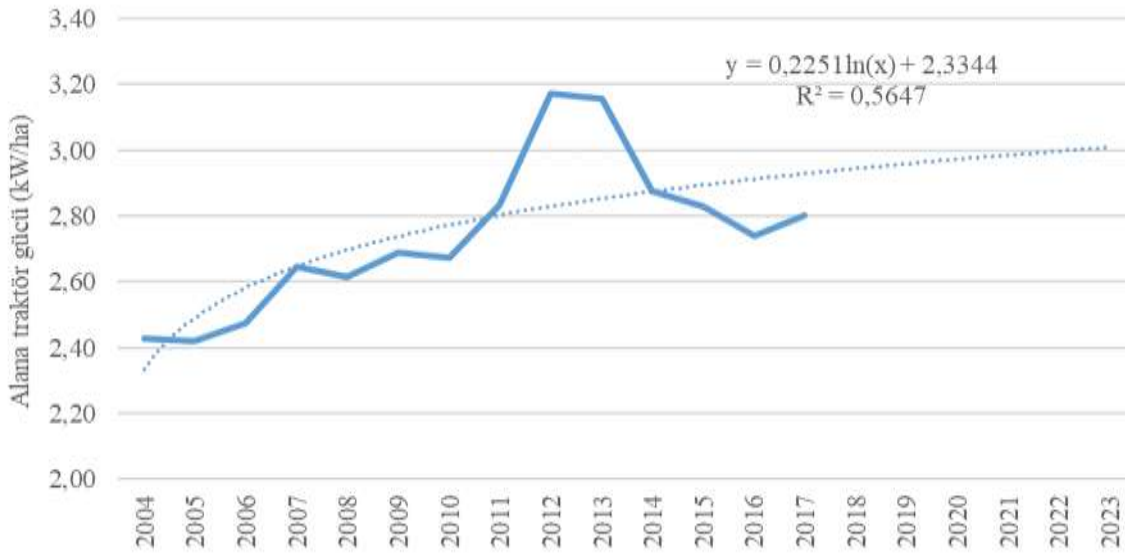
düşen traktör gücünün 2018 yılında 2.94 kW/ha, 2023 yılında 3.01 kW/ha olması beklenmektedir.

Arazi toplulaştırmasıyla birlikte işletme başına düşen arazi büyüklüğü artmaktadır. Bunun sonucunda işletmeler yüksek güçte bir traktörle daha az işgücü

kullanarak, daha hızlı ve daha verimli olarak çalışabilmektedir. Ekonomik ömrünü dolduran traktörlerin yerine daha yüksek güce sahip traktörlerin satın alınması da işlenen alan başına traktör gücünü arttıran bir nedendir.

Çizelge 6. Traktör başına alet/makine sayısı (alet-makine sayısı/traktör).

	Türkiye	Trakya Bölgesi	Edirne	Kırklareli	Tekirdağ
2008	7.68	9.18	8.92	8.31	10.09
2009	7.69	9.18	8.89	8.34	10.13
2010	7.71	9.22	8.81	8.28	10.37
2011	7.64	9.24	8.90	8.29	10.32
2012	7.45	9.39	8.94	8.54	10.49
2013	7.33	9.28	8.98	8.58	10.15
2014	7.26	9.14	9.06	8.61	9.63
2015	7.26	9.30	9.12	8.81	9.88
2016	7.29	9.23	9.09	8.85	9.66
2017	7.26	9.24	9.13	8.81	9.67



Şekil 1. Trakya bölgesinde işlenen alana düşen traktör gücü trend analizi.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, Trakya bölgesinin tarımsal mekanizasyon düzeyinin Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli illeri bazında 2008-2017 yılları arasındaki değişimleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Trakya bölgesindeki tarım alanları ve traktör sayıları incelendiğinde, işlenen tarım alanı yönünden ilk sırayı Tekirdağ alırken, en fazla traktöre sahip olan il Edirne'dir. Kırklareli hem işlenen alan hem de traktör sayısı açısından sonuncu sıradadır. Traktör başına düşen alet/makine sayısında ise Tekirdağ ilk sırada yer almaktadır.

Son 10 yılda 1000 ha alana düşen traktör sayısında Türkiye ve Trakya bölgesi ile Edirne ve Kırklareli illerinde artış gözlenmiştir. Tekirdağ ilinde ise azalma mevcuttur. Bunun nedeni yıllar içerisinde Tekirdağ ilinde traktör sayısındaki artış oranının, işlenen alandaki artış oranı kadar yüksek olmamasıdır.

Traktör başına işlenen alan incelendiğinde son 10 yılda Türkiye'de sürekli bir azalış görülmektedir. Traktör başına işlenen alan miktarı Trakya bölgesi, Edirne ve Kırklareli'nde genel eğilim azalış yönündeyken, Tekirdağ'da ise artış yönündedir.

Son 10 yılda Türkiye'de işlenen alana düşen traktör gücü sürekli artmaktadır. Yıllar içerisinde dalgalanma olmakla birlikte Trakya bölgesi ile Edirne ve Kırklareli illerinde artış, Tekirdağ ilinde ise azalma görülmektedir.

2008 – 2017 yılları arasında Türkiye'de traktör başına alet/makine sayısı azalmakta, Trakya bölgesinde ise fazla değişim olmamaktadır. Edirne ve Kırklareli illerinde yıllar içinde alet/makine sayısı, traktör sayısına göre daha fazla arttığından traktör başına alet/makine sayısı artmaktadır.

Trakya bölgesinde genel olarak işletme yapıları parçalı ve işletmeler küçük ölçeklidir. İşletme

yapısına uygun traktör ve tarım makinaları seçiminde yapılan hatalar, ekonomik kullanım süresini doldurmuş traktör ile tarım alet ve makinaları varlığı, ortak makine kullanımının azlığı gibi nedenler Trakya bölgesinde tarımsal mekanizasyon düzeyinin gelişmesini olumsuz yönde etkilemektedir.

Trakya bölgesinin mekanizasyon düzeyinin istenilen düzeyde olması için işletme büyüklüğü ve üretim desenine uygun traktör ile alet ve makinaların planlanması gerekmektedir. Sahip olunan traktör ile alet ve makinaların uyumu ve bunların birlikte etkin kullanımı da önemlidir. Bu nedenle traktör ile tarım alet ve makinaların kullanımına yönelik eğitim ve bilgilendirme çalışmalar yapılmalı, böylece yeterli işletme büyüklüğüne sahip olmayan işletmelerde ortak kullanım yaygınlaştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Akar M, Çelik A 2017. Muş Ovası Tarım İşletmelerinin Tarımsal Mekanizasyon Özellikleri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(4):491-498.
- Akar M, Malash MZ, Çelik A 2012. Hatay İlinin Tarımsal Mekanizasyon Özellikleri. 27. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, 5-7 Eylül, Samsun.
- Altıkat S, Çelik A 2009. Erzurum İlinin Mekanizasyon Özellikleri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40 (2): 57-70.
- Altıkat S, Çelik A 2011. Iğdır İlinin Tarımsal Mekanizasyon Özellikleri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(4): 99-106.
- Altuntaş E 2015. Eskişehir İli Tarım İşletmelerinde Traktör Kullanımının Ekonomik Analizi. *Ankara Üniversitesi Fen Bil. Ens., Tarım Ekonomisi ABD, Doktora Tezi*, 302 s.
- Altuntaş E 2016. Türkiye'nin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin Coğrafik Bölgeler Açısından Değerlendirilmesi. *Türk Tarım- Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4 (12): 1157-1164.
- Arıöz M 2007. Ağrı İlinde Tarım İşletmelerinin Tarımsal Yapı ve Mekanizasyon Özellikleri, *Ankara Üniversitesi Fen Bil. Ens., Tarım Makinaları ABD, Yüksek Lisans Tezi*, 88 s.
- Aslantürk B, Altuntaş E 2018. Malatya İlinin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 7(2): 15-26.
- Baran MF, Gökdoğan O, Durgut MR 2014. Batı Marmara Bölgesi'nin Tarımsal Mekanizasyon Özellikleri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1 (4): 561-67.
- Bilim C, Korucu T, Semerci T 2014. Gaziantep İlinin Tarımsal Mekanizasyon Özellikleri. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 17(2): 14-23.
- Biondi P, Monarca D, Panaro A 1998. Simple Forecasting Models for Farm Tractor Demand in Italy, France and the United States. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 71: 25-35.
- Bozkurt M 2016. Şanlıurfa İli Harran Ovasında Tarımsal Yapı, Mekanizasyon Özellikleri, Üretim Teknik ve Teknolojilerinin Belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bil. Ens., Biyosistem Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi*, 39 s.
- Conley DM, Lambert DA 1981. Farm Tractor Horsepower Demand in Illinois. *North Central Journal of Agricultural Economics*, 3(2): 119-124.
- Doruk İ 2016. Denizli İlinin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin İncelenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 3(4): 324-331.
- Durgut MR, Arın S 2005. Trakya Yöresi Bağcılığının Mekanizasyon Düzeyi ve Sorunları. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(3): 287-297.
- Gökdoğan O 2012. Isparta İlindeki Tarımsal İşletmelerin Tarımsal Yapısı ve Mekanizasyon Özellikleri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2): 13 - 17.
- Gökdoğan O 2014. Hakkari İlinin Tarımsal Mekanizasyon Durumu. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(1): 98-101.
- Işık E, Güler T, Ayhan A 2003. Bursa İline İlişkin Mekanizasyon Düzeyinin Belirlenmesine Yönelik Bir Çalışma. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(2): 125-136.
- Kayhan İE, Aydın B, Baran MF 2017. Kırklareli İli Tarım İşletmelerinin Tarımsal Yapısı ve Mekanizasyon Düzeyi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(3): 263-270.
- Koçak M 2006. Bitlis İlinin Tarımsal Mekanizasyon Durumu, Sorunları ve Çözüm Önerileri. *Ankara Üniversitesi Fen Bil. Ens., Tarım Makinaları ABD, Yüksek Lisans Tezi*, 84 s.
- Koçtürk D, Onurbaş Avcıoğlu A 2007. Türkiye'de Bölgelere ve İllere Göre Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin Belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 3(1): 17-24.
- Korucu T, Aybek A, Sivrikaya F 2015. Türkiye'nin Tarım Bölgeleri Bazında Mekanizasyon Düzeyinin Yersel Değişim Haritalarının Oluşturulması ve Değerlendirilmesi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 18(4): 77-90.
- Korucu T, Aybek A, Sivrikaya F, Gürlek E, Mert C, Kozak B 2015. Kahramanmaraş İlinin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin Haritalanması ve Değerlendirilmesi, *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 18(2): 10-24.
- Kök M 1993. Tunceli İlinin Tarımsal Mekanizasyon Özellikleri ve Bu Özelliklerin Bölgenin Tarım Potansiyeli Açısından İrdelenmesi Üzerine Bir Araştırma. *Çukurova Üniversitesi Fen Bil. Ens., Tarım Makinaları ABD, Yüksek Lisans Tezi*, 58 s.
- Lüle F, Koyuncu T, Engin KE 2012. Adıyaman İlinin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyi. 27. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, 5-7 Eylül, Samsun.
- Oğuz C, Bayramoğlu Z, Ağızan S, Ağızan K 2017. Tarım İşletmelerinde Tarımsal Mekanizasyon Kullanım Düzeyi, Konya İli Örneği. *Selçuk Tarım*

- ve Gıda Bilimleri Dergisi, 31(1): 63-72.
- Özgüven M, Türker U, Beyaz A 2010. Türkiye'nin Tarımsal Yapısı ve Mekanizasyon Durumu. GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 7(2): 89-100.
- Özmen TB 2014. Erzurum, Erzincan ve Bayburt İllerinin (Tra 1 Düzey 2 Bölgesi) Tarımsal Mekanizasyon Özelliklerinin Değerlendirilmesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bil. Ens., Tarım Makinaları ABD, Yüksek Lisans Tezi, 66 s.
- Özpınar S 2001. Marmara Bölgesi'nin Tarımsal Mekanizasyon Özelliklerinin Belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi, 13-15 Eylül, Şanlıurfa.
- Sabancı A, Sümer SK, Say MS, Has M 2003. Türkiye'de Ekonomik Traktör Parkı ve Gelişimi. Tarımsal Mekanizasyon 21. Ulusal Kongresi, 3-5 Eylül, Konya.
- TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu. Tarımsal Alet ve Makina İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=134&locale=tr> (Erişim Tarihi: 03.12.2018).
- Unakıtan G, Akdemir B 2007. Tractor Demand Projection in Turkey. Biosystems Engineering, 97: 19- 25.
- Unakıtan G, Akdemir B 2015. Prediction of Combine's Number by Using ARMAX Model in Turkey. Balkan and Near Eastern Journal of Social Sciences, 1(1): 1-6.
- Witt SF, Witt CA 1992. Modeling and Forecasting Demand in Tourism. Academic Press, London, 208 s.
- Yavuz H 2016. Hayvancılık Destekleme Politikalarının Tarımsal İşletmeler Açısından Değerlendirilmesi: Amasya İli Örneği. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bil. Ens., Tarım Ekonomisi ABD, Yüksek Lisans Tezi, 110 s.

Türkiye’de Üretilen Bahçe Traktörlerinde Denetim Elemanları Yerleşim Ergonomisinin Değerlendirilmesi

Ali ÇAĞLAR¹, Sarp Korkut SÜMER²

^{1,2}Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Çanakkale

¹<https://orcid.org/0000-0002-5912-5751>, ²<https://orcid.org/0000-0001-7679-6154>

✉: alicaglar@engineer.com

ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye’de üretilen bahçe traktörlerinin denetim elemanlarının standart ölçülere uygunluğunun ve ergonomisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Ölçümlerde TS ISO 4253 ve TS 10279 EN ISO 5353 standartlarından yararlanılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre, denetim elemanlarının ilgili standartlara uygunluğu belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca, çeşitli araştırmacılar tarafından ortaya konulan ergonomik yaklaşım ve sınırlara göre, traktörlerin denetim elemanları, kullanım kolaylığı bakımından da değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, seçilmiş bahçe traktörlerinin denetim elemanlarının ilgili standarda uygunluğunun %36.8 ile %78.9 arasında değiştiği, önerilen ergonomik sınırlara uygunluğunun ise %75.0 ile %92.9 oranları arasında olduğu belirlenmiştir. Traktörlerde karşılaşılan tehlikeler ve ergonomik risk etmenleri, ilgili standart ve yönetmeliklere uyularak ya da tasarım süreçlerinde alınacak önlemlerle kabul edilebilir düzeylere indirilebilmektedir. Ancak, bu amaca hizmet eden ilgili standardın tüm traktör tiplerini kapsaması nedeniyle, oldukça küçük hacimlere sahip bahçe traktörlerinde, standart gereklerin karşılandığı durumlarda da, ergonomi ve iş güvenliği bakımından çeşitli uygunsuzlukların olduğu belirlenmiştir. İlgili standardın bahçe traktörleri için yeniden gözden geçirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 25.03.2019

Kabul Tarihi : 25.05.2019

Anahtar Kelimeler

Ergonomi

Bahçe Traktörleri

Denetim Elemanları

Ergonomic Evaluation of The Control Layouts of Horticulture Type Tractors Manufactured in Turkey

ABSTRACT

Objective of this research was to determine the compliance of horticulture type tractors produced in Turkey in terms of their standard sizes and ergonomics. Standards of TS ISO 4253 and TS 10279 EN ISO 5353 were used in the measurements. in order to determine the compliance of the control elements with the related standards.. In addition, according to the ergonomic approach and the limits introduced by various researchers, the control elements of tractors were also evaluated for ease of use. Results indicated that, the compliance of the control elements of the selected horticulture type tractors to the relevant standards varied between 36.8% and 78.9% and that the compliance with the recommended ergonomic limits was between 75.0% and 92.9%. The hazards encountered in tractors and the level of ergonomic risk factors can be reduced to an acceptable level with some compulsory applications (standards and regulations) or with precautions to be taken during the design stage of tractors. However, due to the fact that the relevant standard for this purpose includes all types of tractors, in the case of small sized horticulture tractors, various non-conformities in terms of ergonomics and safety were determined. It c was concluded that the relevant standard should be re-examined for horticulture type tractors.

Research Article

Article History

Received : 25.03.2019

Accepted : 25.05.2019

Keywords

Ergonomics

Horticulture Type Tractors

Control Elements

GİRİŞ

Tarımsal faaliyetlerde mekanizasyonun ilk ve temel amacı üretimde artış sağlamaktır. Ancak bu artışın, insan işini kolaylaştırmadan ve zevkli hale getirmeden gerçekleştirilmesi olası değildir (Sabancı ve Sümer, 2015). Tarımsal mekanizasyon sistemlerinin büyük bir bölümünde kuvvet kaynağı olarak traktör kullanılmakta ve tarımsal üretim sistemi içerisinde insan, mekanizasyon açısından en fazla traktör ile etkileşim halinde çalışmaktadır (Saral ve Avcioğlu, 2002). Bu nedenle, tarımsal mekanizasyon sisteminde insan makina ilişkileri üzerindeki çalışmalarda çoğunlukla tarım traktörü dikkate alınmaktadır (Hunt, 1973; Tezer, 1977; Sabancı 1981). Tarım traktöründe çalışma ortamı, sürücü yerinde oturan insanın içinde bulunduğu fiziksel koşullardır. Bu ortamda insan ile çevresindeki tüm cisimler arasında, insan özelliklerine uygun bir bütünleşmenin ya da uyumun sağlanması gereklidir. Söz konusu uyum incelenirken insanın antropometrik ve fizyolojik özellikleri yanında makine denetim elemanlarının yerleşim özelliklerinin de dikkate alınması gerekmektedir. İnsan-makina arasındaki etkileşimin optimum ölçüler ile tasarlanması ve insan yeteneklerinin sınırları aşılmadan rahat bir ortam içinde çalışılması ile yüksek bir iş başarısı sağlanabilir (Koçtürk ve Avcioğlu, 2010). Tarım traktörleri, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de tarımsal üreticilere sunulmadan önce çeşitli zorunlu testlerden geçirmektedir. Bu testler, insan ile traktör arasında bir arayüz olan denetim elemanlarının yerleşimlerini de içermektedir. Bu nedenle, traktör imalatçıları denetim elemanları yerleşimi üzerine yürütülen tasarımlarda ilgili standartları dikkate almaktadırlar. Araştırmacılar, traktör denetim elemanlarının yerleşiminin standartlar ve operatör özellikleri ile uyumunu inceleyen çalışmalar yürütmüşlerdir.

Sabancı (1981), Türkiye’de yaygın olarak kullanılan traktörlerin ergonomik özelliklerini incelemiştir. Yaygın kullanıma sahip tarla traktörleri denetim elemanı yerleşim özellikleri, 290 bireylik örnek gruptan alınan antropometrik ölçülerle karşılaştırılmıştır. Araştırmada denetim elemanı yerleşimi üzerine ulusal standartların geliştirilmesi ve ISO standartlarının ülkemiz koşullarına uygunluğunun araştırılmasının gerektiği vurgulanmıştır. Yadav ve Tewari (1998), traktörlerde operatör konforu üzerine yürütmüş oldukları çalışmada, traktör koltuğu ile denetim elemanlarının sürücünün rahatlıkla kullanabileceği, insan antropometrik özelliklerine uygun olarak tasarımının yapılması gerektiğini ve tarla koşullarının ilgili tasarımlarda dikkate alınması gerektiğini rapor etmişlerdir. Yisa (2002), Nijerya’da kullanılan traktörlerin operatörlere uygunluğunun değerlendirildiği bir çalışma yürütmüştür. Çalışmada, uygun traktör seçilirken; traktöre erişim, koltuk

tasarımı, traktör direksiyon tasarımı gibi özelliklerin dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır. Koçtürk ve Avcioğlu (2006), tarım traktörlerinde denetim elemanları yerleşim ölçülerini TSE standardıyla karşılaştırmışlardır. Materyal olarak Türkiye’de tarla tarımında yaygın kullanıma sahip traktör modellerinin incelendiği çalışmada, traktörlerin %70’inin TSE standardına uygun olduğu belirlenmiştir. Kumar ve ark. (2009), Hindistan’da kullanılan traktörlerin denetim elemanları yerleşimi ve operatör mahali hacminin uygunluğunun değerlendirilmesi üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada, incelenen traktörlerde neredeyse tüm denetim elemanları için yer değişikliği öngörülmüştür. Koçtürk ve Avcioğlu (2010), tarım traktörleri sürücü oturma yerlerinin Ankara kırsal kesiminde çalışan kadınların antropometrik özelliklerine uyumunu incelemiştir. Materyal olarak seçilen traktörlerin %70’inin, kumanda alanı ölçüleri açısından %60-80 arasında TSE standardına uyduğu belirlenmiştir. Melemez ve Tunay (2010), ormancılıkta yükleyici traktörler ile operatör arasındaki uyumun ergonomik olarak değerlendirilmesi amacıyla, Batı Karadeniz Bölgesinde tomruk yükleme işlerinde çalışan traktör operatörlerine ait bazı fiziksel parametreleri ölçmüşler ve yapılan değerlendirmeler sonucunda, ormancılıkta yüksek oranda titreşime maruz kalan tomruk yükleme çalışmalarının daha verimli ve sağlıklı bir şekilde yapılması için öneriler sunmuşlardır. Velioğlu ve ark. (2013), 2006/42 Makina Yönetmeliğini dikkate alarak 9 adet tarla traktörü üzerinde denetim elemanlarına ait ölçümler yapmışlar, uygunluğunu değerlendirmişler ve sonuç olarak özellikle ayak denetim elemanlarında uygunsuzluklar tespit etmişlerdir.

Konu ile ilgili az sayıda yürütülmüş çalışmalar incelendiğinde traktör denetim elemanlarının yerleşimlerinin ilgili standartlara uyum konusunda sorunların olduğu ve daha önemlisi insan gereksinimlerinin tam olarak karşılanamadığı görülmektedir. Son yıllarda çok sayıda traktör üreticisi tarafından Türkiye traktör parkına sunulan çeşitli bahçe traktörleri, kullanıcılar tarafından geçmiş yıllara göre daha fazla tercih edilmekte ve park içerisindeki payı artmaktadır. Ancak Türkiye’de tarla traktörlerine kıyasla daha küçük hacimli bahçe traktörlerinde denetim elemanlarının yerleşimi üzerine herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yurt dışı kaynaklı literatürde benzer çalışmalar olmakla birlikte, bahçe traktörleri üzerine bu konuda herhangi bir değerlendirme yapılmamıştır. Yürütülmüş çalışmalar incelendiğinde, daha büyük hacimlerde ergonomik kusurlar ve standartlara uyum sorunlarının belirlenmiş olduğu dikkate alınırca, bahçe traktörlerinde söz konusu uygunsuzlukların daha fazla olabileceği öngörülebilir.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de üretimi gerçekleştirilen bahçe traktörleri denetim elemanları yerleşim özelliklerinin ilgili standartlara uygunluğunu belirlemek ve ergonomik prensipler dikkate alınarak operatör tarafından kullanım kolaylığını ve konforunu değerlendirilmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada, Türkiye’de üretimi gerçekleştirilen ve yaygın kullanıma sahip traktör markalarına ait bahçe traktörlerinin modelleri ve güç değerleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Araştırma materyali olarak seçilen traktörler

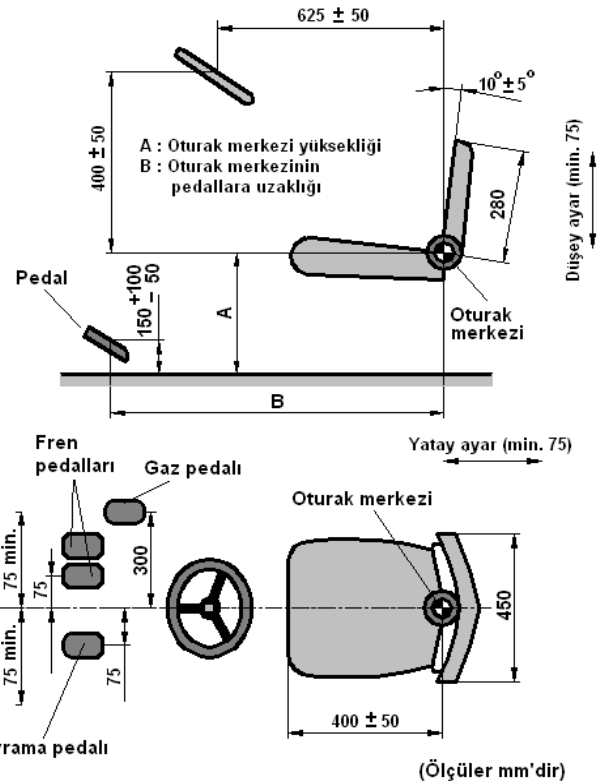
Marka	Model	Güç (kW)
TRA	TRA1	48-65
	TRA2	36
	TRA3	37-53
	TRA4	37-48
TRB	TRB1	37
	TRB2	47-56
TRC	TRC1	40-48
TRD	TRD1	37
	TRD2	37-58
TRE	TRE1	43-58
TRF	TRF1	37-40
	TRF2	37-48

Çalışmada traktörlerin denetim elemanları yerleşim özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan ölçümlerde; TS ISO 4253 (Tarım Traktörleri – Sürücü Oturma Yeri – Boyutlar) ve TS 10279 EN ISO 5353 (Koltuk Referans Noktası) standartları dikkate alınmıştır.

Seçilen bahçe traktörü modellerinin denetim elemanları yerleşim özelliklerinin değerlendirilmesinde kullanılacak büyüklüklerin belirlenmesinde, ilgili standartlar ve ergonomik ilkeler dikkate alınmıştır. Ayrıca ölçülen büyüklüklerin sayısal verilerin yanında kullanım açısından da ergonomik olup olmadığının belirlenmesi için boyları 164-182 cm ve kütleleri 52-83 kg arasında olan operatörlerden yararlanılmıştır. Operatörler, Anadolu insanı için Güleç (2007) tarafından belirlenen %90 kapsamındaki boy ve kütle verileri dikkate alınarak seçilmiştir.

Standartlara Uygunluk

Tarım traktörlerinin denetim elemanları yerleşim özelliklerini kapsayan TS ISO 4253 standardında belirtilen büyüklüklerin ölçülmesine yönelik yapılan çalışmalarda öncelikle koltuk referans noktası (KRN) belirlenmiştir. KRN’nin belirlenmesinde TS 10279 EN ISO 5353 standardı direktifleri dikkate alınmıştır. TS ISO 4253 standardında yer alan bazı denetim elemanı ölçü ve toleransları ile ilgili bir görsel Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. TS ISO 4253 Tarım traktörleri – sürücü oturma yeri – boyutlar

Ergonomik Uygunluk

Çalışmada konu üzerine yürütülmüş araştırmaların sonuçları dikkate alınarak, denetim elemanlarının ergonomisinin değerlendirilmesinde ölçüt olabilecek büyüklükler de belirlenmiş ve ölçülmüştür. Söz konusu ergonomik değerlendirme ölçütleri için dikkate alınan çalışmalar aşağıda sıralanmıştır;

- El ve ayak denetim alanları (Sabancı; 1981) (Şekil 2),
- Optimum ve maksimum ayak ulaşım alanları (Sanders and McCormick, 1993) (Şekil 3),
- Motorlu taşıt kabinleri için önerilen tasarım özellikleri (Sanders and McCormick, 1993) (Şekil 4),
- Optimum ve maksimum ayak ulaşım alanları (Sanders and McCormick, 1993) (Şekil 3)

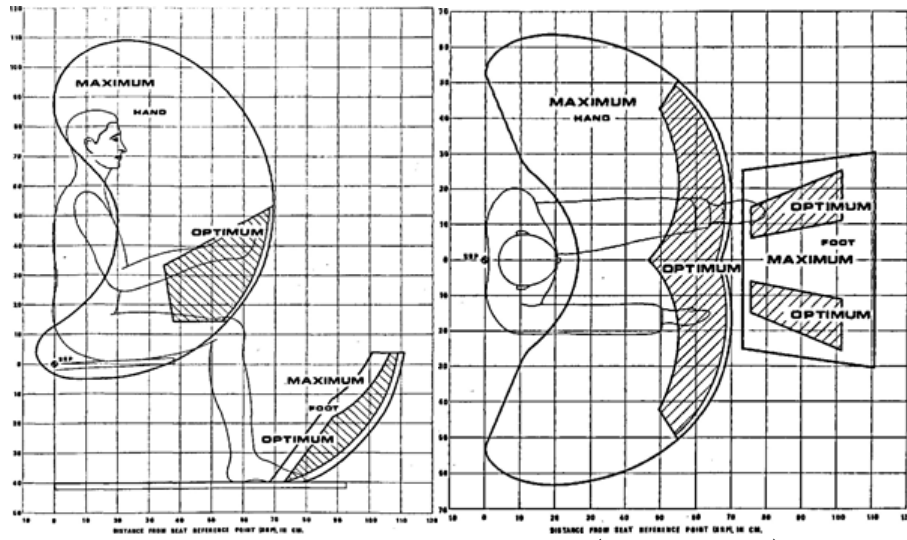
Ölçülen Büyüklükler

Çalışma kapsamında ölçülen büyüklükler Çizelge 2’de yer almaktadır. Ölçümlerinin tamamlanmasından sonra, her bir traktörün denetim elemanları özelliklerinin, ilgili standarda uygunluğu ve ergonomisi değerlendirilmiştir.

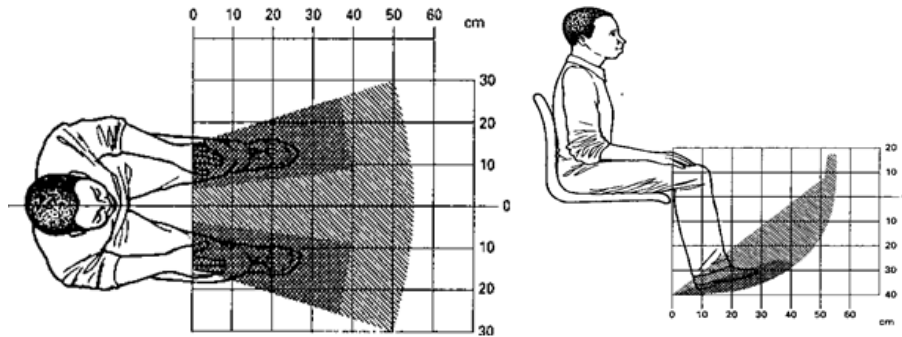
Yapılan ölçümler dikkate alınarak, öncelikle altı markaya ait 13 model bahçe traktörlerinin genel değerlendirmesi yapılmıştır ve tartışılmıştır. Daha sonra her bir markaya ait modellerin denetim elemanlarının standarda uygunluğu ve ergonomisi ayrı başlıklar altında incelenmiştir. Genel değerlendirmede, traktörlere ait ortak sorunlar,

ergonomik uygunsuzluklar, genel eğilimler ortaya konulmuştur. Ayrıca traktörlerin söz konusu standart

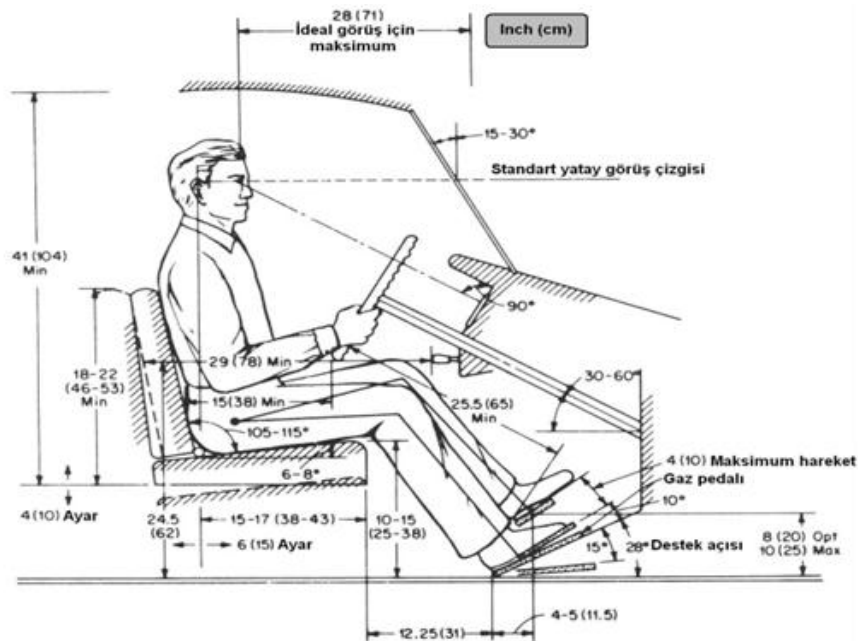
ve ergonomik uygunluk oranları dikkate alınarak kıyaslamalar yapılmıştır.



Şekil 2. El ve ayak denetim alanları (Sabancı; 1981)



Şekil 3. Optimum ve maksimum ayak ulaşım alanları (Sanders and McCormick, 1993)



Şekil 4. Motorlu taşıt kabinleri için önerilen tasarım özellikleri (Sanders and McCormick, 1993)

Çizelge 2. Denetim elemanları ile ilgili ölçülen büyüklükler

Ölçülen Büyüklükler	Kısaltmalar
*KRN İle Gaz Pedalı Merkezi Arası Mesafe	AG1
*KRN İle Kavrama Pedalı Merkezi Arası Mesafe	AK1
*KRN İle Fren (Sağ) Pedalı Merkezi Arası Mesafe	AFR1
*KRN İle Fren (Sol) Pedalı Merkezi Arası Mesafe	AFL1
*KRN Ekseni ile Gaz Pedalı Merkezinin Yatay Uzaklığı	AG2
*KRN Ekseni ile Kavrama Pedalı Merkezinin Yatay Uzaklığı	AK2
*KRN Ekseni ile Fren(sağ) Pedalı Merkezinin Yatay Uzaklığı	AFR2
*KRN Ekseni ile Fren(sol) Pedalı Merkezinin Yatay Uzaklığı	AFL2
*KRN Ekseni ile Gaz Pedalı Merkezi Arasındaki Yükseklik	AG3
*KRN Ekseni ile Fren Pedalı Merkezi Arasındaki Yükseklik	AF3
*KRN Ekseni ile Kavrama Pedalı Merkezi Arasındaki Yükseklik	AK3
Gaz Pedal Merkezi ile Zemin Arasındaki Uzaklık	AG4
Fren Pedal Merkezi ile Zemin Arasındaki Uzaklık	AF4
Kavrama Pedal Merkezi ile Zemin Arasındaki Uzaklık	AK4
Gaz Pedalı Maksimum Basma mesafesi	AG5
Fren Pedalı Maksimum Basma mesafesi	AF5
Kavrama Pedalı Maksimum Basma mesafesi	AK5
*KRN ile Direksiyon merkezi arasındaki Mesafe	ED1
*KRN Ekseni ile Direksiyon merkezi arasındaki yükseklik	ED2
KRN ekseni ile vitesin yatay uzaklığı	EV1
KRN ekseni ile vitesin düşey uzaklığı	EV2
KRN ekseni ile üç nokta askı düzeni denetim elemanları yatay uzaklığı	EH1
KRN ekseni ile üç nokta askı düzeni denetim elemanları düşey uzaklığı	EH2
KRN ekseni ile kuyruk mili kavrama kolunun yatay uzaklığı	EK1
KRN ekseni ile kuyruk mili kavrama kolunun düşey uzaklığı	EK2
KRN ekseni ile el gazının düşey uzaklığı	EG1
KRN ekseni ile el gazının yatay uzaklığı	EG2
*Koltuğun Sırt kısmının uzunluğu	K1
*Koltuğun Sırt kısmının genişliği	K2
*Koltuğun Sırt Kısmının Açısı	K3
*Koltuğun alt kısmının uzunluğu (KRN noktasından itibaren)	K4
*Koltuğun alt kısmının genişliği (En dar yerinden ölçülecek)	K5
*Koltuğun alt kısmının açısı	K6
Koltuğun bel dolgusu	K7

*Standartlar dikkate alınarak belirlenen büyüklükler

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

TS ISO 4253 standardına göre denetim elemanlarına ait ölçüm boyutları değerlendirmesinde, standarda uygunluğun %36.8 ile %79.0 oranları arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 3).

Tüm traktörlerde ölçülen AF3, AK3, K1 büyüklüklerin tüm marka ve modellerde standarda uygun olduğu saptanmıştır. K2 büyüklüğü, TRA1 modelleri haricinde hiçbir marka ve modelde ilgili standardı karşılayamamaktadır.

Standartı en az oranda karşılayan TRE marka traktörlerde (TRE1) AG2, AK2, AF3, AK3, K1, K3, K5 boyutlarının kabul edilebilir sınırlar arasında olduğu belirlenmiştir. TRC marka traktörün ise (TRC1) genel olarak standarda daha uygun olduğu ve sadece AG1, ED1, ED2, K2 boyutların standardı karşılayamadığı görülmüştür.

Ölçülen boyut ve özelliklerin ergonomisi dikkate alındığında, %75.0 (TRA2) ile %92,9 (TRF2) oranları

arasında ergonomik uygunluk olduğu saptanmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Traktörlere ait standart ve ergonomik uygunluk oranları

Marka ve Modeller	Standart, %	Ergonomik, %
TRA	TRA1	73,68
	TRA2	63,15
	TRA3	42,10
	TRA4	52,63
TRB	TRB1	52,63
	TRB2	63,15
TRC	TRC1	78,94
TRD	TRD1	57,89
	TRD2	52,63
TRE	TRE1	36,84
TRF	TRF1	73,68
	TRF2	68,42

Ayak denetim elemanlarından gaz pedalının yerden yüksekliği (AG4) büyüklüğüne ait ölçüm sonuçlarına göre, bu denetim elemanı boyutunun üç traktör modeli (TRF1, TRF2, TRD1) dışındaki tüm modellerde optimum değer (100 mm) altında kaldığı belirlenmiştir. Traktörlerde gaz pedalı yüksekliğinin optimum boyutların altında, diğer bir ifade ile yeterince yüksekte olmaması, ayak denetiminde hassasiyetin azalmasına neden olmaktadır.

Traktörlerde gaz pedalının literatürde verilen motorlu taşıtlar için önerilen optimum yüksekliğin altında tasarlanması, genel olarak tarımsal faaliyetlerde el gazının kullanılmasından ve yerleşim ile ilgili hacim kısıtlarından kaynaklandığı sonucuna varılabilir. Ancak, taşıma faaliyetleri gibi yol kullanımlarında bu tasarım, ergonomik olmayacağı gibi güvenlik zafiyeti de oluşturabilir.

Veliöğlu ve ark. (2013), 9 tarla traktörü üzerinde 2006/42/AT Makine Yönetmeliği (CE) ve ilgili standart göz önüne alınarak, seçilen 13 başlıgın değerlendirilmesi sonucunda toplam 51 adet uygunsuzluk belirlemişlerdir. Koçtürk ve Avcıoğlu (2006), Türkiye traktör parkında yer alan tarla traktörlerinin ilgili standarda uygunluğunun araştırıldığı çalışmalarında 10 tarla traktörünün denetim elemanlarının standardı (TSE 3478, 1980) %58 ile %92 arasındaki oranlarda karşıladığını rapor etmişlerdir. Araştırmacılar sonuç olarak, bu çalışmada olduğu gibi, seçilen traktörlerin standartlara %100 oranında uymadıklarını vurgulamışlardır.

Araştırmacılar tarafından sunulan bu sonuçlara göre, tarla traktörlerinin, bu çalışmada değerlendirilen bahçe traktörlerine göre denetim elemanları yerleşim standardına daha yüksek oranlarda uygun olduğu görülmektedir. Bu farklılığın dikkate alınan standartların farklı kodlarda olmasından kaynaklanabileceği düşünülebilir. "TSE 3478, 1980" standardı günümüzde geçerli değil ve bu standardın yerini güncelleştirilmiş "TS ISO 4253" standardı almıştır. Ancak, güncel ve geçerli olan standart ile geçerliliğini yitirmiş olan eski standart içeriklerinde boyut özellikleri bakımından herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Traktörlerde denetim elemanı yerleşim çalışmalarında her iki tip traktör için, aynı standart dikkate alınmaktadır.

Bahçe traktörlerinde tarla traktörlerine göre önemli düzeyde hacim farklılığı bulunmasına karşın, denetim elemanları tipleri arasında farklılık bulunmamaktadır. Bu denetim elemanları, tarla traktörlerine kıyasla daha küçük hacimlerde olan bahçe traktörlerinde de aynı standart boyut ve özelliklerine göre değerlendirilmektedir. Bu durum, bahçe traktörlerinde denetim elemanı yerleşimlerinin daha düşük oranlarda standarda uygunluğunu açıklamaktadır.

TRA Marka ve Modellerine Ait Değerlendirme

TRA markasına ait modellerde, fren pedalı ve kavrama pedalı merkezlerinin zeminden uzaklığının (AF5, AK5) önerilen ergonomik sınırlar arasında kaldığı saptanmıştır. Pedalların basma mesafeleri incelendiğinde, sadece TRA2 modelinde kavrama pedalının uygun sınırlar arasında olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4). Kavrama pedallarının yapıları incelendiğinde TRA2 traktörünün kavrama ve fren pedallarının diğer üç traktörden farklı olarak askılı tip olmadığı görülmüştür.

TRA2 traktöründe askılı tip yerine zemin bağlantılı kavrama pedalının kullanılması, basma mesafesinin diğer traktörlere kıyasla daha yüksek olmasının nedeni olarak düşünülebilir. Bu saptamayı, bu traktörde fren pedalının da aynı tasarımla diğer traktör fren pedalı basma mesafelerinden dikkate değer bir farkla yüksek olması desteklemektedir.

KRN eksenine ile fren (sağ) pedalı merkezine yatay uzaklığı (AFR2) ile KRN eksenine ile gaz pedalı merkezine yatay uzaklığının (AG2), TRA marka traktör modellerinde ilgili standarda uymadığı, ayrıca ergonomik olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4). KRN eksenine ile gaz pedalı merkezine yatay uzaklığı (AG2)'nin, TRA3 modelinde standartta verilen aralıkta ve ergonomik açıdan uygun özelliklerde olduğu belirlenmiştir. Ancak bu denetim elemanının kullanım kolaylığı ile ilgili önemli bir yerleşim hatasının olduğu görülmüştür. Gaz pedalının fren pedalının altında konumlandırılmış olması, iki pedal arasındaki denetim geçişlerinde gecikmelere neden olabilir.

Bu traktörde ayrıca, gaz pedalı ile fren pedalı arasındaki düşey mesafenin (60 mm) de yetersiz olması, her iki pedalın kullanımını zorlaştıracak gibi, söz konusu denetim geçişlerinin hızını da düşürecektir. Bu tasarım, frene basılma durumunda gaz pedalına da basılmasına neden olabilmektedir. Ayrıca, gaz pedalından ayak kaldırılırken, ayak üst kısmı fren pedalına takılabilmektedir. Fren ve gaz pedalının yakınlığı dikkate alınarak belirlenmiş olan bu olumsuzlukların, özellikle sağ frenin kullanılması durumunda, diğer traktörlerde de ortaya çıkması olasıdır. İnsanın yanıtlama süresinin 1/3 saniye gibi oldukça uzun olduğu düşünüldüğünde (Sabancı ve ark., 2012), gaz pedalının kontrol edildiği süreçte ani bir fren yapma gerekliliği durumunda söz konusu tasarım, çalışmanın ve operatörün güvenliğini olumsuz etkileyebilir.

TRA1 ve TRA2 modellerinde, KRN eksenine ile üç nokta askı düzeni denetim elemanları düşey uzaklığı (EH2)'nin ergonomik kısıtları karşılamadığı, TRA3 ve TRA4 modellerinde ise bu parametrenin ergonomik kısıtlar arasında olduğu belirlenmiştir. Özellikle TRA2 modelinde bu durum nedeniyle, denetim elemanına ulaşımında operatörün zorluk yaşadığı tespit edilmiştir. Ancak, ergonomik kısıtlar dışında olan

TRA1 modelinde ise operatörün bu denetim elemanlarına daha rahat ulaşabildiği ve zorlayıcı bir uzanma hareketine gerek olmadığı görülmüştür (Çizelge 4).

Traktörlerin standarda uygunluğunun TRA1, TRA2, TRA3 ve TRA4 modelleri için sırasıyla %73.7, %63.2, %42.1 ve %52.6 oranlarında olduğu saptanmıştır. Standarda en uygun model %73.7 ile TRA1 olurken, en az uygun olanı %42.1 oranı ile TRA3

modeli olmuştur.

Ergonomik kısıtlar dikkate alınarak yapılan değerlendirmelerde uygunluk oranları ise TRA1, TRA2, TRA3 ve TRA4 modelleri için sırasıyla %78.6, %75.0, %82.1 ve %85.7 olarak belirlemiştir. Ergonomik kısıtlara en uygun model %85.7 oranı ile TRA4 traktör modeliyken, en az uygun modelin ise %75.0 oranıyla TRA2 olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4. TRA traktörlerine ait ölçüm verileri ve referans değerler

Kısaltmalar	Ölçülen Değerler (mm)				Referans Değerler (mm)			
	TRA1	TRA2	TRA3	TRA4	Standart			Ergonomik
	TRA1	TRA2	TRA3	TRA4	Min	Max	Opt	Max
AG1	630	490*	585*	430*	600	720	805	855
AK1	700	600	560*	560*	600	720	805	855
AFR1	720	635	620	560*	600	720	805	855
AFL1	720	635	620	560*	600	720	805	855
AG2	465*x	415*x	260	410*x		400	100±2-200+5	300
AK2	345*x	305*x	335*x	270	75	300	100±2-200+5	300
AFR2	380*x	360*x	430*x	330*x	75	300	100±2-200+5	300
AFL2	280	250	330*x	190	75	300	100±2-200+5	300
AG3	465*x	470*x	465*x	465*x	230-290	400-460	200±5-300	400+5
AF3	395	400	400	400	230-290	400-460	200±5-300	400+5
AK3	400	405	400	400	230-290	400-460	200±5-300	400+5
AG4	70x	70x	65x	70x			100	250
AF4	135	105	120	155			100	250
AK4	130	145	120	130			100	250
AG5	50	50	45	50			100	
AF5	35	60	40	35			100	
AK5	50	125x	40	50			100	
ED1	520	450	550*	480	425	525	500	620
ED2	160*	35*	85*	130*	265-325	325-385	150-500	(-5)-1090
EV1	210	225	235	285			500	620
EV2	80	50	170	90			150-500	(-5)-1090
EH1	230	210	210	275			500	620
EH2	(-125)x	(-240)x	0	65			150-500	(-5)-1090
EK1	0	250	0	280			500	620
EK2	(-20)	(-25)	80	120			150-500	(-5)-1090
EG1	20	60	40	40			150-500	(-5)-1090
EG2	430	430	280	225			500	620
K1	360	460	360	460	260			
K2	450	430*	380*	430*	450			
K3	10	10	9	10	5	15		
K4	280	300	240*	300	260	310		
K5	300	300	300	300	300			
K6	8	8	4*	8	7,5	12		
K7	20	20	10	20			10	50

*TS ISO 4253 standartına uygun olmayan veriler

x Ergonomik olmayan denetim elemanları verileri

TRB Marka ve Modellerine Ait Değerlendirme

TRB markasına ait modellerde, KRN ile kavrama pedali merkezi arası mesafe (AK1), ED2, K2, koltuğun alt kısmının uzunluğu (KRN noktasından itibaren) (K4) boyutlarının her iki model için de standardı karşılamadığı saptanmıştır. TRB1 modelinde AFR1, AFL2, K3, K5 boyutlarının ve TRB2 modelinde AG1,

AFR2, AFL2 boyutlarının standardı karşılamadığı saptanmıştır (Çizelge 5). Modellerin standarda uygunluklarının TRB1 için %52.6 ve TRB2 için %63.2 oranlarında olduğu tespit edilmiştir. Standarda en uygun modelin %63.2 oranı ile TRB1 olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5. TRB marka traktöre ait ölçüm verileri ve referans değerler

Kısaltmalar	Ölçülen Değerler (mm)		Referans Değerler (mm)			
	TRB1	TRB2	Standart		Ergonomik	
			Min	Max	Opt	Max
AG1	670	540*	600	720	805	855
AK1	370*	550*	600	720	805	855
AFR1	420*	655	600	720	805	855
AFL1	420*	665	600	720	805	855
AG2	280	230		400	100±2-200+5	300
AK2	230	270	75	300	100±2-200+5	300
AFR2	285	440*x	75	300	100±2-200+5	300
AFL2	170	380*x	75	300	100±2-200+5	300
AG3	350	430x	230-290	400-460	200±5-300	400+5
AF3	430x	385	230-290	400-460	200±5-300	400+5
AK3	450x	370	230-290	400-460	200±5-300	400+5
AG4	300x	70x			100	250
AF4	200	120			100	250
AK4	180	140			100	250
AG5	20	50			100	
AF5	40	30			100	
AK5	80	5			100	
ED1	480	460	425	525	500	620
ED2	215*	160*	265-325	325-385	150-500	(-5)-1090
EV1	40	230			500	620
EV2	(-30)	(-20)			150-500	(-5)-1090
EH1	325	340			500	620
EH2	(-300)x	140			150-500	(-5)-1090
EK1	150	320			500	620
EK2	(-280)x	155			150-500	(-5)-1090
EG1	150	120			150-500	(-5)-1090
EG2	220	200			500	620
K1	380	380	260			
K2	380*	380*	450			
K3	14*	12	5	15		
K4	240*	320*	260	310		
K5	240*	300	300			
K6	4*	6	7,5	12		
K7	30	10			10	50

*TS ISO 4253 standartına uygun olmayan veriler

x Ergonomik olmayan denetim elemanları verileri

Ergonomik yaklaşımlar dikkate alınarak yapılan değerlendirmede, ergonomik kısıtlara en uygun modelin %85.7 ile TRB2 traktörüne ait olduğu bulunmuştur. Ergonomik kısıtlar dikkate alındığında, her iki modelde gaz pedal merkezi ile zemin arasındaki uzaklık (AG4) boyutunun ergonomik olmadığı saptanmıştır. Ayrıca TRB1 modelinde AF3, AK3, EK2 boyutları ve TRB2 modelinde AFR2, AFL2 boyutları ergonomik kısıtları karşılamamaktadır. TRB1 modeli vites konumu EV1, EV2 boyutları ergonomik sınırları sayısal olarak karşılıyor olsa da ergonomik bir vites kullanımı sağlanamamaktadır (Çizelge 5).

TRC Marka ve Modellerine Ait Değerlendirme

TRC markasına ait modelde, KRN ile gaz pedalı

merkezi arası mesafe (AG1), KRN ile direksiyon merkezi arasındaki mesafe (ED1), KRN eksenine ile direksiyon merkezi arasındaki yükseklik (ED2) ve koltuğun sırt kısmının genişliği (K2) boyutlarının standardı karşılamadığı saptanmıştır (Çizelge 6).

TRC marka traktöre ait standarda uygunluk oranı %78.9, ergonomik kısıtlar dikkate alınarak belirlenen uygunluk oranı ise %82.1'dür.

Yapılan ölçümlerde, KRN eksenine ile gaz pedalı merkezinin yatay uzaklığı (AG2), KRN eksenine ile gaz pedalı merkezi arasındaki yükseklik (AG3) ve KRN eksenine ile kuyruk mili kavrama kolunun düşey uzaklığının (EK2) ergonomik kısıtları karşılamadığı belirlenmiştir.

Çizelge 6. TRC Marka traktöre ait ölçüm verileri ve referans değerler

Kısaltmalar	Ölçülen Değerler (mm)	Referans Değerler (mm)			
		Standart		Ergonomik	
TRC1	TRC	Min	Max	Opt	Max
AG1	560*	600	720	805	855
AK1	620	600	720	805	855
AFR1	620	600	720	805	855
AFL1	620	600	720	805	855
AG2	360x		400	100±2-200+5	300
AK2	300	75	300	100±2-200+5	300
AFR2	220	75	300	100±2-200+5	300
AFL2	220	75	300	100±2-200+5	300
AG3	460x	230-290	400-460	200±5-300	400+5
AF3	350	230-290	400-460	200±5-300	400+5
AK3	370	230-290	400-460	200±5-300	400+5
AG4	50x			100	250
AF4	160			100	250
AK4	140			100	250
AG5	140x			100	
AF5	40			100	
AK5	70			100	
ED1	580*	425	525	500	620
ED2	210*	265-325	325-385	150-500	(-5)- 1090
EV1	355			500	620
EV2	190			150-500	(-5)- 1090
EH1	270			500	620
EH2	150			150-500	(-5)- 1090
EK1	225			500	620
EK2	(-325)x			150-500	(-5)- 1090
EG1	340			150-500	(-5)- 1090
EG2	140			500	620
K1	360	260			
K2	360*	450			
K3	4	5	15		
K4	270	260	310		
K5	300	300			
K6	8	7,5	12		
K7	20			10	50

*TS ISO 4253 standartına uygun olmayan veriler
x Ergonomik olmayan denetim elemanları verileri

TRD Marka ve Modellerine Ait Değerlendirme

TRD markasına ait modellerde, KRN ile pedalların merkezleri arasındaki mesafeler (AG1, AK1, AFR1, AFL1), KRN eksenine ile direksiyon merkezi arasındaki yükseklik (ED2) ve koltuğun sırt kısmının genişliğinin (K2) her iki modelde de standardı karşılamadığı saptanmıştır. TRD1 modelinde ED1 ve K3 boyutlarının ilgili standarda uygun olmadığı belirlenmiştir. TRD2 modelinde ise, AG2, AFR2 ve K4

boyutları standardı karşılamamaktadır. Her iki model için de ayak denetim elemanlarının standardı karşılamadığı belirlenmiştir (Çizelge 7).

Modellerin standarda uygunluk oranlarının; TRD1 için %57.9, TRD2 için %52.6 olduğu tespit edilmiştir. Standarda en uygun model %57.9 oranı ile TRD1 modeli olmuştur. Ergonomik kısıtlar dikkate alınarak yapılan değerlendirmede her iki traktörde uygunluk oranının %85.7 olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 7. TRD marka traktöre ait ölçüm verileri ve referans değerler

Kısaltmalar	Ölçülen	Değerler	Referans Değerler (mm)			
	(mm)		Standart		Ergonomik	
	TRD		Min	Max	Opt	Max
AG1	460*	470*	600	720	805	855
AK1	580*	540*	600	720	805	855
AFR1	580*	540*	600	720	805	855
AFL1	580*	540*	600	720	805	855
AG2	240	470*		400	100±2-200+5	300
AK2	260	210	75	300	100±2-200+5	300
AFR2	220	330*x	75	300	100±2-200+5	300
AFL2	140	240	75	300	100±2-200+5	300
AG3	450x	400	230-290	400-460	200±5-300	400+5
AF3	410x	310	230-290	400-460	200±5-300	400+5
AK3	360	310	230-290	400-460	200±5-300	400+5
AG4	115	90x			100	250
AF4	155	190			100	250
AK4	190	180			100	250
AG5	75	80			100	
AF5	15	40			100	
AK5	70	100			100	
ED1	580*	520	425	525	500	620
ED2	210*	140*	265-325	325-385	150-500	(-5)-1090
EV1	330	440			500	620
EV2	120	150			150-500	(-5)-1090
EH1	240	270			500	620
EH2	(-200)x	(-250)x			150-500	(-5)-1090
EK1	220	260			500	620
EK2	(-300)x	(-100)x			150-500	(-5)-1090
EG1	10	90			150-500	(-5)-1090
EG2	310	230			500	620
K1	310	390	260			
K2	355*	430*	450			
K3	20*	10	5	15		
K4	280	320*	260	310		
K5	300	300	300			
K6	8	8	7,5	12		
K7	10	30			10	50

*TS ISO 4253 standartına uygun olmayan veriler
x Ergonomik olmayan denetim elemanları verileri

KRN eksenini ile üç nokta askı düzeni denetim elemanları düşey uzaklığı (EH2) ve KRN eksenini ile kuyruk mili kavrama kolunun düşey uzaklığı (EK2) boyutlarının her iki model için de ergonomik olmadığı saptanmıştır. TRD1 modelinde ayrıca AG3, AK3 boyutları da ergonomik değerler arasında değildir. TRD2 modelinde ise AFR2, AG4 boyutları ergonomik kısıtları karşılamamaktadır (Çizelge 7).

TRE Marka ve Modellerine Ait Değerlendirme

TRE markasına ait traktör modelinde, KRN ile pedalların merkezleri arasındaki mesafeler (AG1, AK1, AFR1, AFL1), KRN eksenini ile fren (sol ve sağ) pedalları merkezlerinin yatay uzaklığı (AFR2, AFL2), KRN eksenini ile gaz pedalı merkezi arasındaki

yükseklik (AG3), KRN ile direksiyon merkezi arasındaki uzaklık ve yüksekliği (ED1, ED2), koltuğun sırt kısmının genişliği, alt kısmının uzunluğu (KRN noktasından itibaren), alt kısmının açısı (K2, K4, K6) boyutları, ilgili standardı karşılayamamaktadır (Çizelge 8).

TRE marka traktörün standardı %36.8 oranında karşıladığı saptanmıştır. Ergonomik kısıtlar dikkate alındığında uygunluğun %78.6 oranında olduğu belirlenmiştir.

Ergonomik kısıtlar dikkate alındığında, KRN eksenini ile fren (sol ve sağ) pedalı merkezinin yatay uzaklığı (AFR2, AFL2), KRN eksenini ile pedal merkezleri arasındaki yükseklik (AG3, AF3, AK3), gaz pedal merkezi ile zemin arasındaki uzaklık (AG4)

boyutlarının önerilen sınırlar arasında olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 8).
Bu traktör modelinde, ayak denetim elemanlarının (gaz, fren ve kavrama pedalları) standart ve

ergonomik kısıtların hiçbirini karşılayamadığı, diğer denetim elemanlarının ise daha az kusurlar içerdiği belirlenmiştir.

Çizelge 8. TRE marka traktöre ait ölçüm verileri ve referans değerler

Kısaltmalar	Ölçülen Değerler (mm)	Referans Değerler (mm)		Ergonomik	
	TRE	Standart		Opt	Max
AG1	450*	600	720	805	855
AK1	460*	600	720	805	855
AFR1	480*	600	720	805	855
AFL1	510*	600	720	805	855
AG2	190		400	100±2-200+5	300
AK2	300	75	300	100±2-200+5	300
AFR2	410*x	75	300	100±2-200+5	300
AFL2	310*x	75	300	100±2-200+5	300
AG3	520*x	230-290	400-460	200±5-300	400+5
AF3	430x	230-290	400-460	200±5-300	400+5
AK3	460x	230-290	400-460	200±5-300	400+5
AG4	70x			100	250
AF4	140			100	250
AK4	130			100	250
AG5	20			100	
AF5	50			100	
AK5	40			100	
ED1	530*	425	525	500	620
ED2	140*	265-325	325-385	150-500	(-5)-1090
EV1	280			500	620
EV2	40			150-500	(-5)-1090
EH1	400			500	620
EH2	60			150-500	(-5)-1090
EK1	370			500	620
EK2	120			150-500	(-5)-1090
EG1	230			150-500	(-5)-1090
EG2	60			500	620
K1	330	260			
K2	420*	450			
K3	10	5	15		
K4	230*	260	310		
K5	300	300			
K6	6*	7,5	12		
K7	20			10	50

*TS ISO 4253 standartına uygun olmayan veriler

x Ergonomik olmayan denetim elemanları verileri

TRF Marka ve Modellerine Ait Değerlendirme

TRF markasına ait modellerde, KRN ile gaz pedalı merkezi arası mesafe (AG1), KRN ile direksiyon merkezi arasındaki uzaklık ve yüksekliği (ED1, ED2), koltuğun sırt kısmının genişliği (K2) ve koltuğun alt kısmının uzunluğu (KRN noktasından itibaren) (K4) boyutlarının her iki model için de standardı karşılamadığı saptanmıştır. TRF2 modeli için ayrıca, KRN eksenini ile kavrama pedalı merkezinin yatay uzaklığı (AK2) boyutunun da standarda uygun olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 9).

Modellerin standarda uygunluk oranlarının TRF1 için %73.7, TRF2 için %68.4 olduğu tespit edilmiştir. Standarda en uygun modelin %73.7 ile TRF1 olduğu bulunmuştur. Ergonomik kısıtlar dikkate alındığında uygunluğun TRF2 modeli için %92.9, TRF1 modeli için %85.7 oranında olduğu belirlenmiştir.

İki traktör modelinde, KRN eksenini ile gaz pedalı merkezinin yatay uzaklığı (AG2) büyüklüğü, ergonomik kısıtları karşılamamaktadır.

TRF1 modelinde ayrıca, KRN eksenini ile gaz pedalı merkezi arasındaki yükseklik (AG3), KRN eksenini ile

üç nokta askı düzeni denetim elemanları ve kuyruk mili kavrama kolunun düşey uzaklığının (EH2, EK2) ergonomik kısıtlara uygun olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 9.).

TRF2 modelinde ise AG2'ye ek olarak, KRN eksenine ile kavrama pedalı merkezine yatay uzaklığı (AK2) boyutları da ergonomik kısıtlara uygun değildir.

Çizelge 9. TRF traktöre ait ölçüm verileri ve referans değerler

Kısaltmalar	Ölçülen Değerler (mm)		Referans Değerler (mm)			
	TRF1	TRF2	Standart		Ergonomik	
			Min	Max	Opt	Max
AG1	550*	520*	600	720	805	855
AK1	620	650	600	720	805	855
AFR1	640	640	600	720	805	855
AFL1	640	640	600	720	805	855
AG2	310x	355x		400	100±2-200+5	300
AK2	240	315*x	75	300	100±2-200+5	300
AFR2	290	215	75	300	100±2-200+5	300
AFL2	220	265	75	300	100±2-200+5	300
AG3	440x	385	230-290	400-460	200±5-300	400+5
AF3	310	250	230-290	400-460	200±5-300	400+5
AK3	330	290	230-290	400-460	200±5-300	400+5
AG4	100	100			100	250
AF4	250	250			100	250
AK4	220	205			100	250
AG5	80	80			100	
AF5	10	45			100	
AK5	40	55			100	
ED1	640*	600*	425	525	500	620
ED2	160*	170*	265-325	325-385	150-500	(-5)- 1090
EV1	380	360			500	620
EV2	140	10			150-500	(-5)- 1090
EH1	310	430			500	620
EH2	(-210)x	100			150-500	(-5)- 1090
EK1	350	250			500	620
EK2	(-230)x	20			150-500	(-5)- 1090
EG1	150	170			150-500	(-5)- 1090
EG2	230	290			500	620
K1	340	340	260			
K2	380*	380*	450			
K3	7	7	5	15		
K4	250*	250*	260	310		
K5	300	300	300			
K6	12	12	7,5	12		
K7	20	20			10	50

*TS ISO 4253 standartına uygun olmayan veriler

x Ergonomik olmayan denetim elemanları verileri

SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, standarda uygunluk ile kullanım kolaylığı arasında paralellik olmadığı görülmüştür. Örneğin TRF2 traktöründe denetim elemanlarının %92.6 oranında ergonomik olduğu, ancak bu traktörün ilgili standardı %68.4 oranında karşılamakta olduğu saptanmıştır. TRA3

traktöründe gaz pedalının standarda uygun olmasına rağmen, fren pedalının altında ve çok yakın olması nedeniyle ergonomik bir kullanıma sahip olmadığı belirlenmiştir.

Üç nokta askı düzeni denetim elemanları, traktörde arkadaki ekipmanın kontrolü için sıklıkla kullanılan denetim elemanıdır. Bu denetim elemanı TRA2, TRB1,

TRD1, TRD2, TRF1 traktörlerinde ergonomik bir kullanım sunmamaktadır. Fakat TRA1 model traktörde ergonomik sınırları sayısal olarak karşılamadığı ifade edilse de, operatörün kullanım sırasında ergonomik bir problem ile karşılaşmadığı gözlemlenmiştir.

El ile kontrol edilen denetim elemanlarında özellikle üç nokta askı düzeni ve kuyruk mili kavrama kolu denetim elemanları ergonomik problemlerin tespit edildiği denetim elemanlarıdır. Bu problemlerin en aza indirgenmesi için kavrama kolu yerine elektronik bir tuş vasıtası ile kuyruk mili kavrama kolu kontrol edilebilir. Üç nokta askı düzenine kontrolü için ise kontrol kolları, koltuğun hizasında, elin optimum veya maksimum ulaşabileceği noktadan uzakta konumlandırılmamalıdır.

Ölçülen bahçe traktörlerinde standardı en yüksek oranda karşılayan traktör TRC1 (%78.9), standartları en az karşılayan traktör ise TRE1 (%36.8) olarak saptanmıştır. Ergonomik kısıtlar incelendiğinde ise en ergonomik traktör TRF2 (%92.5), en az ergonomik olan traktör ise TRA2 (%75) olarak belirlenmiştir. Modellerin yüzdeleri de incelendiğinde traktörlerin ergonomik uygunluğu, standartlara olan yüzdesel uygunluğa göre daha yüksektir. Bu duruma göre traktör üreticilerinin standartlara uyumdan çok ergonomik kullanıma daha fazla önem verdikleri söylenebilir.

Genel anlamda bahçe traktörlerinin denetim elemanlarının yerleşimindeki sıkıntılar, tarla tipi traktörlerdeki standartların (TS ISO 4253) bahçe tipi traktörlerde de karşılanmaya çalışılmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle fren ve gaz pedallarının konumu küçük çalışma alanından kaynaklı standartları karşılayamamakta ve ergonomik kusurlara sebep olmaktadır. Bu sıkıntının çözümü olarak bahçe traktörlerine uygun yeni standart veya ayak denetim elemanlarının yeniden tasarlanıp daha ergonomik ve standartları yakalayacak biçimde yapılması gerekmektedir. Söz konusu yerleşim kusurları, özellikle birbirlerine yakın konumlandırılan fren ve gaz pedallarında yoğunlaşmaktadır.

Traktörlerde standartlaşmış olan sağ ve sol fren uygulamasının bahçe traktörlerinde tek bir fren pedalı ile sağlanabilmesi, saptanan sorunları önemli düzeyde azaltacaktır. Aynı sağ ve sol fren işlevinin farklı düzenlemeler ile sağlanabildiği bu tasarım ile bahçe traktörlerindeki kısıtlı alan daha efektif kullanılabilir.

TEŞEKKÜR

Bu makale, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi destekli “FYL-2017-1350” Numaralı ve “Türkiye’de Üretilen Bahçe Traktörlerinde Denetim Elemanları Yerleşim Ergonomisinin Değerlendirilmesi” başlıklı Yüksek Lisans Tez projesi verileri kullanılarak hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Diebschlag W, Heidinger F, Dupies H, Hartung E, Meiller H 1995. Seat Ergonomics Aspects of Industrial Medicine and Technology Relating to Seat Design. Verlag moderne Industrie, D – 86 895, Landsberg/Lech, Germany.
- Güleç E 2007. Anadolu İnsanın Antropometrik Boyutları, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Kesin Raporu. Proje No: 20030901018. Ankara.
- Hunt D 1973. Farm Power and mMachinery Management. IowaJawa State University Press, Ames, Iowa.
- ILO 2000. International Labour Office, Safety and Health in Agriculture. Retrieved September 26, 2016, from http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_110193.pdf
- Koçtürk D, Avcıoğlu AO 2006. Traktörlerde Kumanda Organları Yerleşim Özelliklerinin TSE Standardına Uygunluğunun Belirlenmesi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi 12(4):364-368
- Koçtürk D, Avcıoğlu AO 2010. Ankara Kırsalında Çalışan Kadınların Antropometrik Ölçüleri ve Traktör Sürücü Oturma Yerlerine Uygunluğu, Selçuk Üniversitesi Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi 24(4): 53-59
- Kumar A, Bhaskar G, Singh JK 2009. Assessment of controls layout of Indian tractors. Applied Ergonomics 40 (2009) 91–102.
- McCormick EJ 1970. Human Factors Engineering. McGraw-Hill, Inc. New York.
- Melemes K, Tunay M 2010. Yükleyici Traktör Sürücülerinin Vücut Yapısı Özelliklerinin Belirlenmesi, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 47(2):145-150
- Sabancı A 1981. Tarım Traktörlerinin Ergonomik Nitelikleri Üzerinde Bir Araştırma. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Tarımsal Mekanizasyon Bölümü, Adana.
- Sabancı A, Sümer SK, 2015. Ergonomi. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic.Ltd.Şti., ISBN:978-605-5426-79-8. 3. Baskı. 472 s. Ankara
- Sabancı A, Sümer SK, Say SM 2012. Endüstriyel Ergonomi. Nobel yayınevi, ISBN: 978-605-133-329-8. Birinci Basım. 261 s. Ankara
- Sanders MS, Mc Cormick E 1993. Human Factors in Engineering and Design, McGraw-Hill Inc., Seventh Edition, Singapore.
- Saral A, Onurbaş Avcıoğlu A 2002. *Motorlar ve Traktörler*. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayın no: 1529, Ders kKitabı: 482, 294s, Ankara.
- Tezer E 1977. Tarımsal Mekanizasyon Eğitim Gereksinmesi ve Düzenlenmesi. Çağdaş Tarım Tekniği No: 1, Adana.
- TSE 2018. TS 10279 EN ISO 5353 Koltuk Referans

- Noktası Tayininde Kullanılan Tertibat. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TSE 2018. TS ISO 4253 Tarım Traktörlerinde Sürücü Oturağı Boyutları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Velioğlu H, Taşbaş H, Silleli H, Kantaş M, Olum S 2013. Tarım Traktörlerinin 2006/42/AT Makine Direktifine Göre Değerlendirilmesi, Tarım Makinaları Bilimi Dergisi 9(2),159-166
- Yadav R, Tewari VK 1998. Tractor Operator Workplace Design, A Review. Journal of Terramechanics, India.
- Yisa MG 2002. Ergonomics of tractors assembled in Nigeria. Biosystems engineering Engineering 81(2):169-177.

Seralarda Isı Perdesi Kullanımının Isı Tasarrufuna Etkisinin Belirlenmesi ve Ekonomik Açıdan Bir Değerlendirme

Abdullah Nafi BAYTORUN¹, Adil AKYÜZ², Sait ÜSTÜN³, Ali ÇAYLI⁴

¹Çukurova Üniv. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Adana, ^{2,3}Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv. Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, ⁴ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv. Türkoğlu Meslek Yüksekokulu, Kahramanmaraş

¹<https://orcid.org/0000-0002-5971-6893>, ²<https://orcid.org/0000-0002-2120-0680>, ³<https://orcid.org/0000-0002-9978-6140>

⁴<https://orcid.org/0000-0001-8332-2264>

✉: baytorun@cu.edu.tr

ÖZET

Seralarda ısıtma maliyetlerinin düşürülmesi; ısı gereksiniminin azaltılması, ısı enerjisinin ucuz, verimli ve çevreci bir şekilde elde edilmesi, enerjinin iletimi esnasında ortaya çıkan kayıpların azaltılması ile mümkündür. Modern seralarda yapısal iyileştirmeler ile ısı gereksiniminin azaltılmasının yanında, ısı enerjisinin korunumu amacıyla ısı perdesi kullanımı tercih edilmektedir. Ancak ısı perdeleri sera yatırım maliyeti içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Bu nedenle ısı perdesi ile etkin bir şekilde tasarruf sağlanması için sızdırmazlık durumu ve tasarruf oranlarının yatırım yapılmadan önce analiz edilmesi önem arz etmektedir.

Bu çalışmada Doğu Akdeniz iklim koşullarında yan duvarları polikarbonat ve çatısı tek kat PE örtülü olan ve alüminyum şeritli ısı perdesi kullanılan, toplam 7392 m² taban alanı sahip 55 m uzunluğunda üç bölmeden oluşan bir serada, ısı perdesinin sızdırmazlık durumu ve ısı perdesi ile sağlanabilen yakıt tasarrufu araştırılmıştır. Elde edilen bulgular ısı perdesi sızdırmazlık katsayısının 0.30 ve yakıt tasarruf oranının %28 olduğunu göstermektedir. Yapılan çalışmada ayrıca ekonomik açıdan ısı perdesi yatırımına ilişkin değerlendirmelerde bulunulmuştur.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 14.04.2019

Kabul Tarihi : 24.05.2019

Anahtar Kelimeler

Seralarda ısıtma

Isı koruma

Isı tasarrufu

Isı perdesi

Enerji verimliliği

Determination of the Effect of Thermal Screen Usage on Heat Saving in Greenhouses and an Evaluation from Economic Perspective

ABSTRACT

Reducing the heat requirement, obtaining heat energy in a cheap, efficient and environmentally friendly manner is possible by reducing the losses that occur during the transmission of energy. In addition to reducing the heat requirement by structural improvements in modern greenhouses, it is also preferred to use thermal screen for the protection of heat energy. However, the thermal screen has an important place in the greenhouse investment cost. For this reason, it is important to analyze the air-tightness and saving rates of the thermal screen before investing in order to effectively saving with the thermal screen.

In this study, thermal insulation and fuel saving rate of thermal screen were investigated in the greenhouse in Eastern Mediterranean climate conditions in Turkey. The greenhouse side walls were covered with polycarbonate and the roof was covered with single layer PE. Its length was 55 m and total floor area was 7392 m². It had three compartments and aluminum striped thermal screen were used. The findings showed that the thermal screen air-tightness coefficient was 0.30 and the fuel saving rate was 28%. Also, the thermal screen investment was evaluated from an economic perspective.

Research Article

Article History

Received : 14.04.2019

Accepted : 24.05.2019

Keywords

Greenhouse heating

Heat protection

Heat saving

Thermal screens

Energy efficiency

GİRİŞ

Düzenli olarak ısıtılan yüksek teknolojiye sahip seralarda ısıtma giderleri işletme giderleri içerisinde bölgenin iklimine bağlı olarak ilk veya işçilikten sonra ikinci sırada yer almaktadır. Akdeniz bölgesinde düzenli olarak ısıtılan seralarda ısıtma giderleri %20 - 25 ile ikinci sırayı alırken, soğuk bölgelerde birinci sırada yer alır (Baytorun ve ark., 2017a). Seralarda ısı korunumu amacıyla ısı enerjisinin seraya iletilmesindeki kayıpların azaltılması, ısı perdelerinin kullanılması ve rüzgârdan koruma gibi bazı teknik önlemler uygulanmaktadır (Von Zabeltitz, 1986). Bu teknik önlemlerle tasarruf edilebilecek ısı enerjisi oranları %5-40 arasında değişmekle birlikte en fazla ısı tasarrufu ısı perdeleri ile sağlanabilmektedir (Ruhm ve ark., 2007). Isı perdesi ve diğer tasarruf önlemleri ile ısıtma maliyetleri açısından dezavantajlı olan bölgelerde rekabet şansı artırılabilir (Çaylı ve Temizkan, 2018).

Enerji tasarrufu amacıyla uygulanan yöntemin, kış aylarında minimum düzeyde olan güneş ışığının seraya girişini fazla etkilememesine özellikle dikkat edilmelidir. Seralarda enerji tasarrufu amacıyla çatı bölgesinde çift katlı örtü malzemesinin kullanılması seraya ulaşan ışık miktarını azaltırken aynı zamanda CO₂ ve nem sorunu yaratabilmektedir (Tantau, 2012a, Baytorun, 2016). Isı kayıplarının azaltılması amacıyla yapılan yalıtım sonucunda, sera içindeki nemin de yükselmesi dikkate alınmalıdır. Bu sebeple son yıllarda yaygın olarak çatı bölgesinde tek katlı örtü ve gece saatlerinde iyi yalıtılmış hareketli ısı perdelerinin kullanılması önerilmektedir (Baytorun, 2016). Isı perdeleri ortamda ısı transferini azaltarak ek bir ısı direnç sağlar (Arinze ve ark., 1986, Sethi ve Sharma, 2008). Bu perdelerin gündüz saatlerinde toplanmasıyla fotosentez için gerekli ışığın (PAR) seraya ulaşması sağlanır. Ilıman iklim bölgelerinde ısıtma için gerekli olan ısı enerjisinin tamamına, soğuk bölgelerde %70-75'ine gece saatlerinde ihtiyaç duyulduğundan, ısı perdeleri ile sistem iyi projelendirilip malzeme iyi seçildiğinde önemli düzeyde ısı tasarrufu sağlanabilir (von Zabeltitz, 1982, Baytorun, 2016). Aynı zamanda ısı perdeleri ısıtma yapılmayan seralarda don olayı riskini azaltmak için de kullanılabilir (Teitel ve ark., 1996).

Isı perdelerinin seçiminde ise küçük yüzey alanına sahip olmalarına, farklı malzemenin kolay monte edilebilmesine ve malzemede çekme gerilmesinin az olmasına dikkat edilmelidir (Meyer, 1982). Seralarda kullanılan perdeler, enerji koruma, gölgeleme, karartma ve gündüz enerji koruma perdeleri olarak farklı amaçlar için kullanılırlar. Süs bitkileri üretiminin yapıldığı modern seralarda her üç perdenin ayrı amaçlar için kullanımı söz konusu olmaktadır. Ancak son yıllarda bu perdelerin gece saatlerinde enerji tasarrufu amacıyla birlikte kullanıldığı görülmektedir (Tantau, 2012a).

Almanya'da geleceğe yönelik düşük enerji gereksinimli seralar (ZINEG) konusunda yapılan çalışmalarda, ısı camla kaplı serada iki kat enerji ve gölgeleme perdesinin birlikte kullanılması durumunda %70 enerji tasarrufu sağlanabilmektedir (Tantau, 2012b). Bu oran ısı perdesinin kullanılmadığı tek kat camla örtülü seraya göre %84'lere kadar yükselmektedir (Tantau, 2012a).

Meyer ve ark. (2014) Almanya iklim koşullarında yaptığı çalışmada çift katlı ETFE (Etilen TetraFlorEtilen) ile kaplı serada farklı ısı perdelerinin sera çatı ve yan duvarlarda kullanılması durumunda ulaşılabilen tasarruf oranlarını; çatıda tek kat ısı perdesi kullanılması durumunda %55, çatıda çift kat enerji perdesi yan duvarda stor tipi perde kullanılması durumunda %90, çatıda ısı ve gündüz perdesi yan duvarlarda stor tipi perde kullanılması durumunda %80 olduğunu bildirmektedirler. Rath (1992) ise alüminyum dokusu az olan ısı perdesi ile %40, alüminyum dokusu fazla olan ısı perdesi ile %50 oranında tasarruf edilebileceğini rapor etmiştir. Tek kat enerji perdesi yardımıyla seralarda %32 enerji tasarrufu sağlanabilirken, bu oranın çift kat perde ile %48'lere ve çift kat enerji perdesi ile %52'lere çıkarılabilmektedir. Domke (2011) serada sadece gündüz perdelerinin kullanılması durumunda gece saatlerinde ihtiyaç duyulan ısı enerjisi gereksinimini %25, gündüz saatlerinde ise %9 azaltılabildiğini bildirmiştir.

Seralarda kullanılan perdelerin ısı tasarruf oranları perdelerin sızdırmazlıklarına bağlı olarak değişmektedir (Meyer, 1984, Müller, 1987). Isı perdelerinin yan duvar ve sera cepheleriyle birleştiği yerler sızdırmaz olmalıdır. Aksi takdirde ısınan havanın yükselerek bu aralıklardan geçip çatı örtü malzemesi tarafından dış ortama taşınması ısı tasarrufunu azaltmaktadır (Çaylı ve ark., 2016, Önder ve Baytorun, 2016). Aynı zamanda ısı perdesi sızdırmazlığı iyi olan seralarda rüzgar hızına bağlı olarak ortaya çıkan ısı kayıpları en düşük düzeydedir (Schmidt ve ark., 2011).

Seralarda ısı gereksinimi kullanılan ısıtma sistemlerinin tipi ve sera donanımına bağlı olarak da değişmektedir (Baytorun ve ark., 2018b, a). Isı gereksinimi hesaplamaları, serada ortaya çıkan gerçek sıcaklık ve seranın özelliğine bağlı sıcaklık yükselmesi dikkate alınarak saatlik iklim değerlerine göre yapılmalıdır (Baytorun ve ark., 2018c). Isı gereksinimi hesaplamalarında doğru sonuçlar elde edebilmek için iklim verilerinin, araştırmanın yapıldığı yerden toplanması da oldukça önemlidir (Çaylı ve ark., 2018b). Aynı zamanda sera çevre koşullarının teknolojik cihazlarla takip edilmesi ve ihtiyaç duyulan koşulların otomatik olarak sağlanması durumunda da enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Bu amaçla geliştirilen bazı düşük maliyetli donanım ve yazılım çözümleri üzerine yapılan araştırmalar da vardır

(Çaylı ve ark., 2017, Çaylı ve Mercanlı, 2017, Çaylı ve ark., 2018a).

Sera yapıları bölgenin iklim koşullarına göre inşa edilerek gerekli ısı tasarruf önlemlerinin alınması, ısıtma giderlerinden kaynaklı üretim maliyetlerinin düşürülmesi açısından önemlidir (Boyacı ve ark., 2016). Bununla birlikte seralar için seçilen ısıtma sisteminin doğru olarak projelenmesi, enerji tasarrufu ve ilk yatırım giderlerinin azaltılması açısından büyük bir öneme sahiptir (Akyüz ve ark., 2017). Ayrıca ısıtma sistemlerinde yaygın olarak kullanılan katı yakacak kazanlarında serada ihtiyaç duyulan ısı yüküne bağlı olarak yanma işleminin düzenlenmesi oldukça zor olduğundan ısı enerjisi etkin bir şekilde kullanılamaz. Bu amaçla ihtiyaç fazlası ısıнын sıcak su tankında (buffer) depolanması, tüketilen yakıttan elde edilen ısı enerjisinin etkin kullanımı için çözüm olarak sunulmuştur (Baytorun ve ark., 2017b).

Serada ısı kaybını artıran diğer bir faktörde dış ortamdaki rüzgâr hızıdır. Artan rüzgâr hızı, ısı perdesi kullanılan seraya kıyasla daha yüksek ısı kayıplarına

neden olur. Isı perdeleri ısı kayıplarını azaltarak ısı tasarrufu sağlar (Sethi ve Sharma, 2008, Çaylı ve Akyüz, 2019).

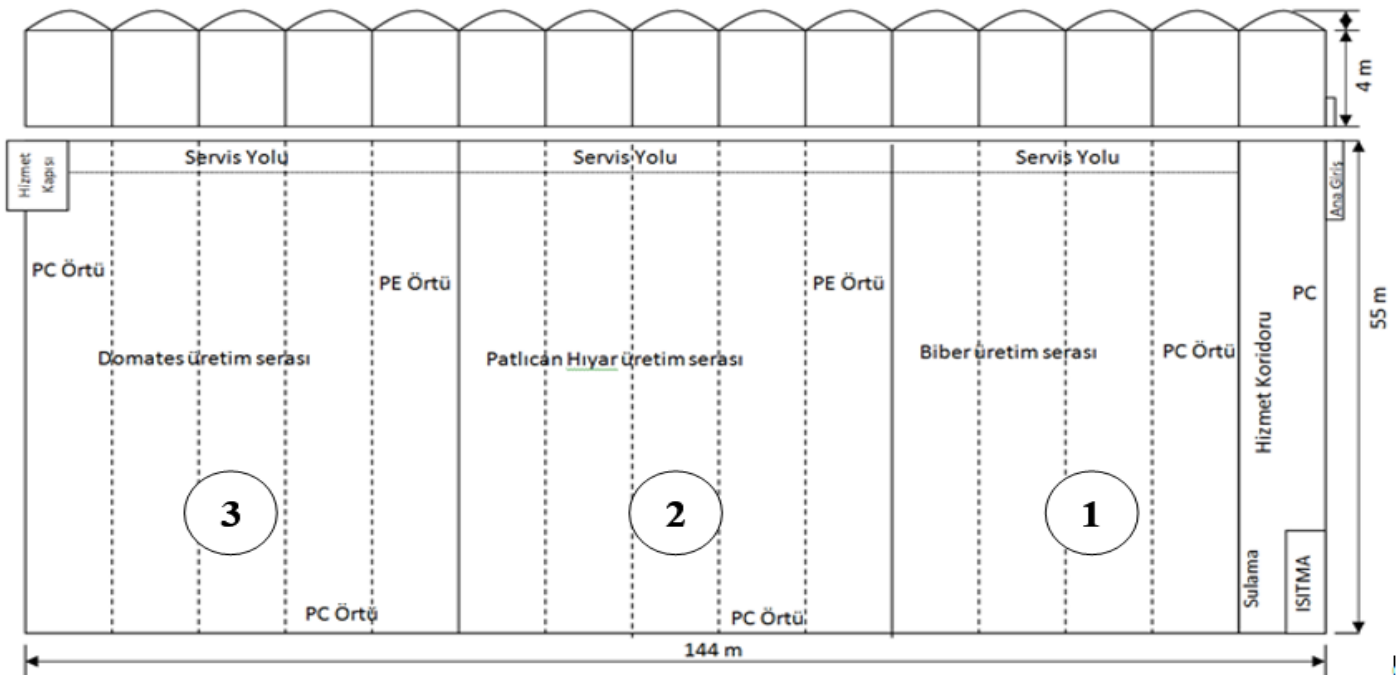
Yapılan bu çalışmada düzenli olarak ısıtılan plastik örtülü serada kullanılan ısı perdelerinin, üretici koşullarında etkinliğinin ve tasarruf oranlarının belirlenmesi ve ısı perdelerinin altında ortaya çıkan iklim etmenlerinin izlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Araştırma Osmaniye İli, Cevdetiye ilçesinde (36E14, 37N03) kurulan orta teknolojiye sahip plastik seralarda yürütülmüştür. Araştırmada kullanılan blok seranın boyutları ve teknik özellikleri Çizelge 1'de, şematik görünümü ise Şekil 1'de verilmiştir. Seranın çatısında 180 mikron kalınlığında tek kat katkılı PE plastik, yan duvarlarda ise çift kat (8 mm aralıklı) polikarbonat (PC) plakalar kullanılmıştır. Sera üç bölmeden oluşup birinci bölmede biber, ikinci bölmede hıyar ve patlıcan, üçüncü bölmede domates yetiştirilmiştir.

Çizelge 1. Araştırma serasının teknik özellikleri

Sera	Teknik Özellikler
Tip / Model	Gotik Çatılı (9600) – Çatıda Çift Kelebek Havalandırma
Çatı örtüsü	Polietilen Plastik 180 mikron
Yan duvar örtüsü	Çift Kat (8 mm) PC
Bloktaki tünel sayısı	15, Tünellerden biri hizmet koridoru
Bloktaki bölme sayısı	3
Oluk altı yükseklik	4.0 m
Mahya yüksekliği	6.15 m
Tünel Uzunluğu	55 m
Bölme alanları	Bölme-1: 2112 m ² , Bölme-2: 2640 m ² , Bölme-3: 2640 m ²



Şekil 1. Araştırma serasının şematik görünümü

Serada havalandırma çatıda bulunan havalandırma kapakları ile sağlanmıştır. Havalandırma kapaklarının açıklık oranı sera taban alanının %40'dır. Havalandırma açıklıklarından seraya böceklerin girmesini önlemek amacıyla böcek tülü gerilmiş ve havalandırma sıcaklığı 20°C'ye ayarlanmıştır.

Isıtma sıkıştırılmış doğal gaz (CNG) yakıt kullanan merkezi kalorifer sistemiyle yapılmıştır. Günlük gaz tüketimleri otomatik olarak birer saat aralıklı olarak kaydedilmiş ve bilgisayar yardımı ile takip edilmiştir. Serada en düşük sıcaklık 15°C'ye ayarlanmıştır. Seralarda ısı koruma amacıyla gölgeleme oranı %55 ve enerji tasarruf oranı %58 olan şeffaf akrilik ve alüminyum şeritlerden oluşan ısı perdesi (PH 55) kullanılmıştır. Isı perdesi saat 8.00'de toplanmış ve saat 17.00'de açılacak şekilde elle kumanda edilerek yönetilmiştir. Isı perdesinin yakıt tasarrufunu belirlemek için belirli günlerde perde kapatılmadan serada ölçümler yapılmıştır.

Serada sulama damla sulama ile gerçekleştirilmiştir. Bitki besin maddeleri damla sulama ile birlikte verilmiştir.

Sıcaklık ve oransal nem değerlerinin kaydedilmesinde On-Set HOBO U12 marka veri kaydediciler kullanılmıştır. Bu cihazlar (-20°C - 70°C aralığında, ± 0.35°C doğruluk oranında sıcaklık ölçümü ve %5 - %95

arasında, %2.5 hassasiyette oransal nem ölçümü yapabilmektedirler. Sera bölmelerinde perde altındaki veri kaydediciler yerden 1 m yüksekliğe, perde üzerindeki veri kaydediciler ise çatı bölgesinde perde ve mahya arasına gelecek şekilde yerden 5.5 m yüksekliğe yerleştirilmiştir. Sıcaklık ve nem değerleri 15 dakika aralıklarla ölçülüp kaydedilmiştir. Sera dışındaki sıcaklık değerleri ise dış ortamdaki meteoroloji istasyonundan yerden 2 m yüksekliğe yerleştirilen aynı model veri kaydedici ile ölçülmüştür. Serada kurulu ısı perdesi sisteminin sızdırmazlığı Eşitlik 1'e göre belirlenmiştir (Von Zabeltitz, 1986, Öztürk, 2008, Von Zabeltitz, 2011).

$$V_{sız} = \frac{\theta_{p,üst} - \theta_o}{\theta_{p,alt} - \theta_o} \quad (1)$$

Eşitlikte;

$V_{sız}$: Perdenin sızdırmazlık katsayısı (-)

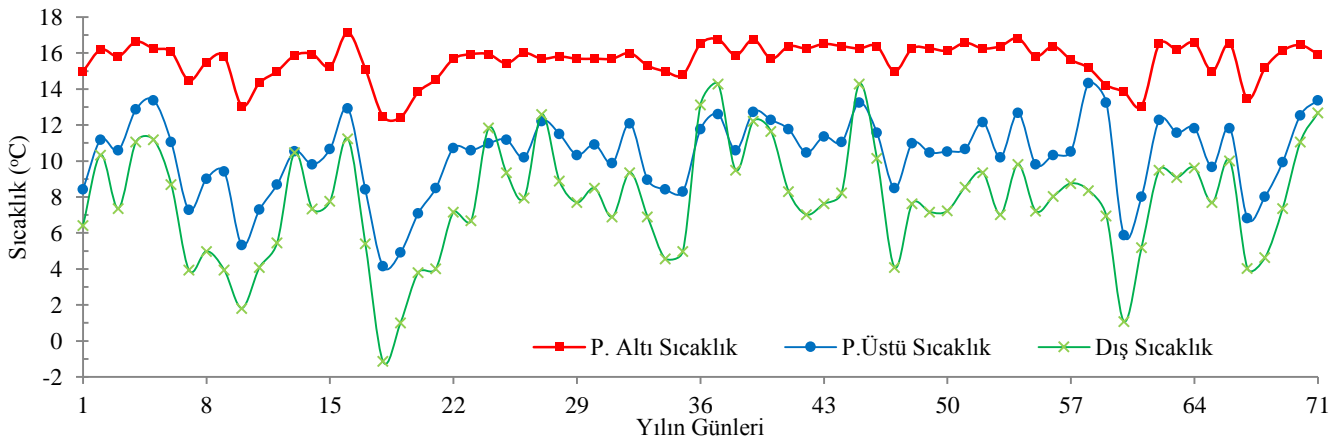
$\theta_{p,alt}$: Perde altı sıcaklık (°C)

$\theta_{p,üst}$: Perde üstü sıcaklık (°C)

θ_o : Dış sıcaklık (°C)

BULGULAR ve TARTIŞMA

Osmaniye iklim koşullarında PE plastik serada gece saatlerinde (00.00-05.00) perde üstünde, altında ve dış ortamda ölçülen ortalama sıcaklık değerleri Şekil 2'de verilmiştir.

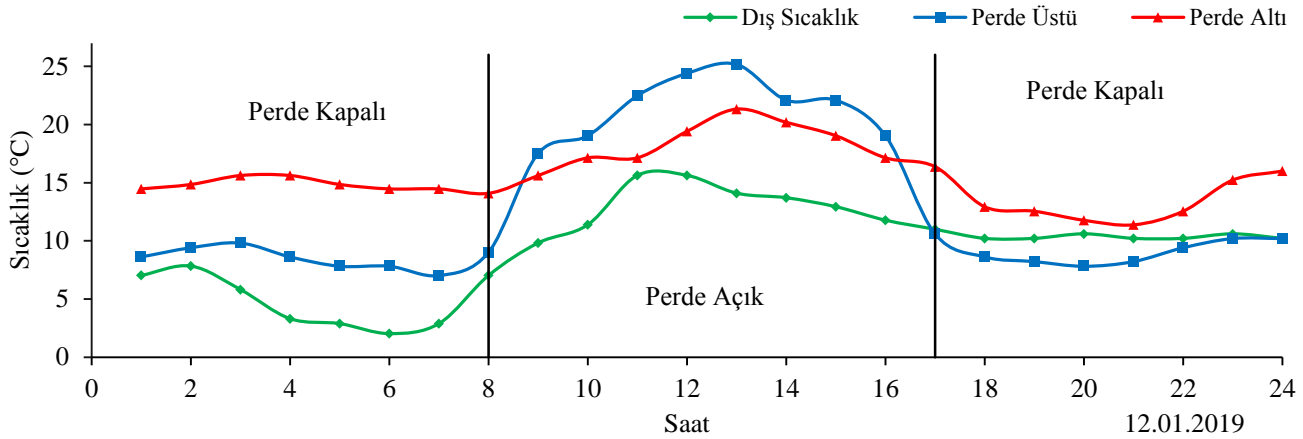


Şekil 2. Gece saatlerindeki perde altı, perde üstü ve dış sıcaklık (1 Ocak – 15 Mart 2019)

Şekilden de görüleceği gibi 1 Ocak- 15 Mart 2019 tarihleri arasında gece saatlerindeki ortalama dış sıcaklık değerleri -1.0°C ila 14°C arasında değişirken, serada ortalama gece sıcaklıkları perde altında 16°C civarında seyretmiştir. Ancak dış sıcaklığın çok düşük olduğu günlerde iç sıcaklık değeri 12.5°C'ye kadar düşmüştür. Perde altındaki sıcaklık dış sıcaklıktan fazla etkilenmezken, perde üzerindeki sıcaklık dış sıcaklığın seyrine bağlı olarak değişim göstermiştir. Gökyüzünün açık olduğu bazı gecelerde perde üzerindeki sıcaklık değerleri dış sıcaklık değerlerinin altına düşmüştür. Bunun nedeni PE plastiğin belirli bant aralığındaki uzun dalgalı ısı ışınlarını

geçirmesidir (Von Zabeltitz, 1986, Baytorun, 2016).

Hıyar ve patlıcan üretimi yapılan Bölme-2'de günün saatlerine bağlı olarak ortaya çıkan sıcaklık değişimleri 12 Ocak 2019 günü için Şekil 3'de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi gece ısı perdelerinin kapalı olduğu saatlerde serada sıcaklık 15°C civarında seyredirken dış sıcaklık minimum 2°C'ye, perde üzerindeki sıcaklık dış sıcaklığa bağlı olarak 7°C'ye kadar düşmüştür. Perde üstü ve perde altı sıcaklık değerleri arasında yaklaşık 6°C sıcaklık farkı kaydedilmiştir. Sıcaklık farkının yüksek olması ısı perdesi sızdırmazlık durumunun iyi olduğunu göstermektedir.



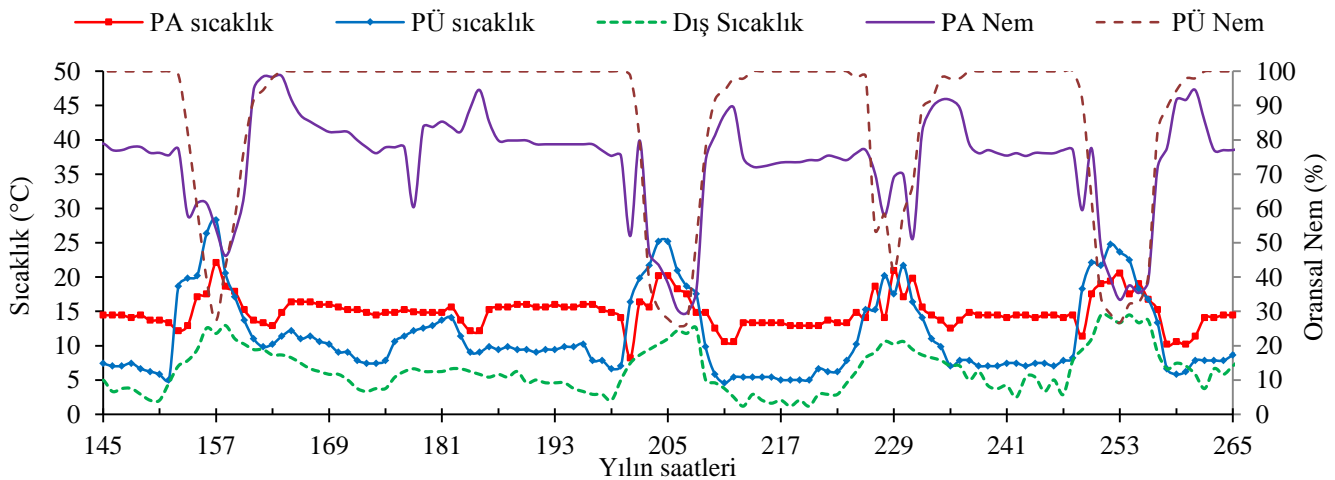
Şekil 3. Bölme-2'de 12 Ocak 2019 tarihinde sıcaklık değerleri

Araştırmanın yapıldığı serada ısı perdeleri sabah saat 8.00'de toplanmış ve serada artan sıcaklığa bağlı olarak ısıtma sistemi kapatılmıştır. Güneşin doğuşuna bağlı olarak dış ortam ve serada sıcaklık değerleri yükselerek saat 13.00'de en yüksek değerine ulaşmıştır. Gündüz saatlerinde ısıtmanın yapılmadığı serada bitki sıra aralarında sıcaklık 21°C'ye yükselirken, perde üzerinde çatı bölgesindeki sıcaklık 25°C olarak kaydedilmiştir. Günün ilerleyen saatlerinde güneş ışınımının azalmasına bağlı olarak sera ve dış sıcaklık değerleri düşmeye başlamış, saat 17.00'de ısı perdeleri kapatılmış, saat 18.00'den sonra perde altındaki sıcaklık değerleri 11°C'de, perde üzerindeki sıcaklık değerleri ise dış sıcaklık değerlerinin altında seyretmeye başlamıştır. Isıtma sistemi saat 21.00'den sonra devreye alınmış ve serada sıcaklık yükselmeye başlamıştır. Serada sıcaklık saat 23.00'de ayarlanan sıcaklık değerine ulaşmıştır (Şekil 3). Isı perdesinin kapatılmasından hemen sonra ısıtma sistemi devreye alınmadığından perde üzerindeki sıcaklık dış sıcaklığına altına düşmüştür. Plastik seralarda en büyük sorun PE plastiğin belirli bant genişliğindeki IR ışınları geçirmesidir (Von Zabeltitz, 2011). Bu durum özellikle açık gökyüzü koşullarında

serada sıcaklığın dış sıcaklık değerlerinin altına düşmesine neden olur. Şekil 3'de de görüleceği gibi perde üzerindeki sıcaklık ısıtmanın devreye girmesinden sonra gece saat 00.00'da dış sıcaklık değerlerine ulaşabilmiştir.

Isı perdeleri serada ısı kayıplarını önlerken perde altında oransal nemin yükselmesine neden olurlar. Isı perdelerinin kullanılmadığı seralarda örtü yüzey sıcaklığı dış sıcaklık nedeniyle çığ noktası sıcaklığına ulaştığından, seradaki nemin örtü yüzeyinde yoğunlaşmasına bağlı olarak seradaki nem azalmaktadır (Von Zabeltitz, 2011, Baytorun, 2016). Ancak bu durum, yoğunlaşan su damlacıklarının bitkilerin üzerine damlaması ve hastalıkların ortaya çıkması nedeniyle arzu edilmemektedir. Isı perdelerinin kullanıldığı seralarda perde sıcaklıkları çığ noktası sıcaklıklarına ulaşmadığı için yoğunlaşma olmamakta ve bitkilerin transpirasyonu nedeniyle perde altındaki nem aşırı yükselmektedir.

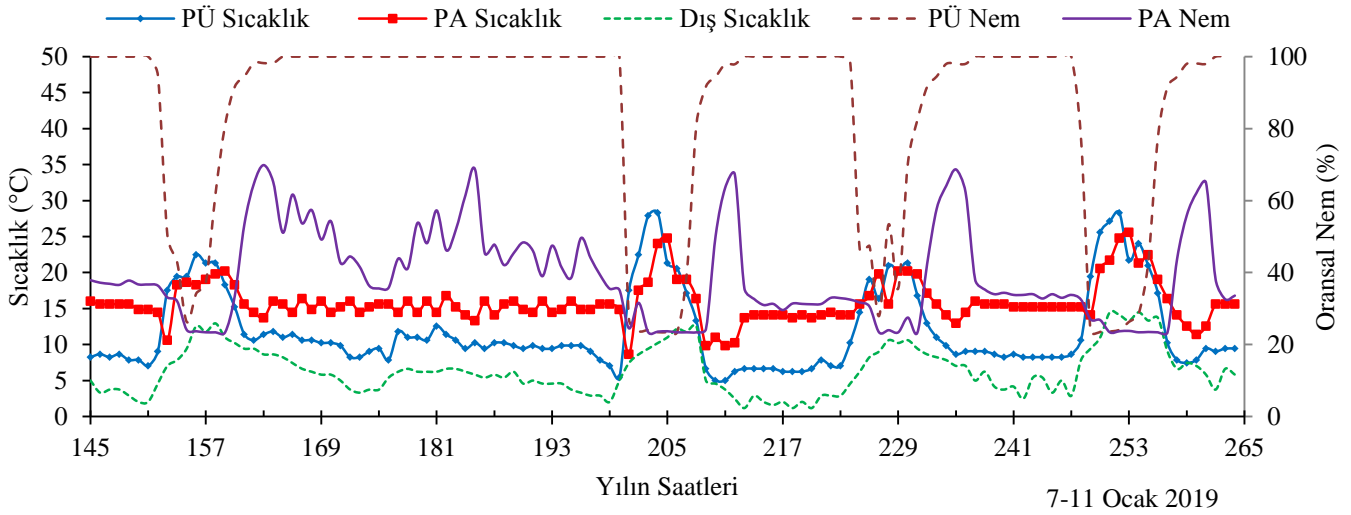
Araştırmanın yürütüldüğü seradaki Bölme-2'de 7-11 Ocak 2019 tarihleri arasında ölçülen sıcaklık ve nem değerleri Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Bölme-2'de 7-11 Ocak 2019 tarihleri arasında sıcaklık ve nem değerleri

Şekilden de görüleceği gibi perde altındaki nem değerleri seradaki sıcaklığa bağlı olarak gece saatlerinde %75-98 arasında değişim göstermiştir. Serada ısıtmanın henüz devreye alınmadığı saatlerde perde altındaki nem değerleri %98'e yükselirken, ısıtmanın devreye girmesi sonucu nem değerleri %75'e kadar düşmüştür. Perde üzerindeki nem değerleri ise perde üstü sıcaklığının düşmesi nedeniyle gece saatlerinde %100'e ulaşmıştır (Şekil 4). Seradaki

orsansal nem dış iklim koşulları yanında, serada üretilen bitkinin yaprak alan indeksine bağlı olarak değişmektedir. Serada üretilen bitkinin yaprak alan indeksi değeri büyük olduğunda, transpirasyonla ortama verdikleri su buharı artmakta, bu durum serada nemin yükselmesine neden olmaktadır. Şekil 5'te biber yetiştirilen Bölme-1'de 7-11 Ocak 2019 tarihleri arasında yapılan sıcaklık ve nem ölçümleri verilmiştir.



Şekil 5. Bölme-1'de 7-11 Ocak 2019 tarihleri arasında sıcaklık ve nem değerleri

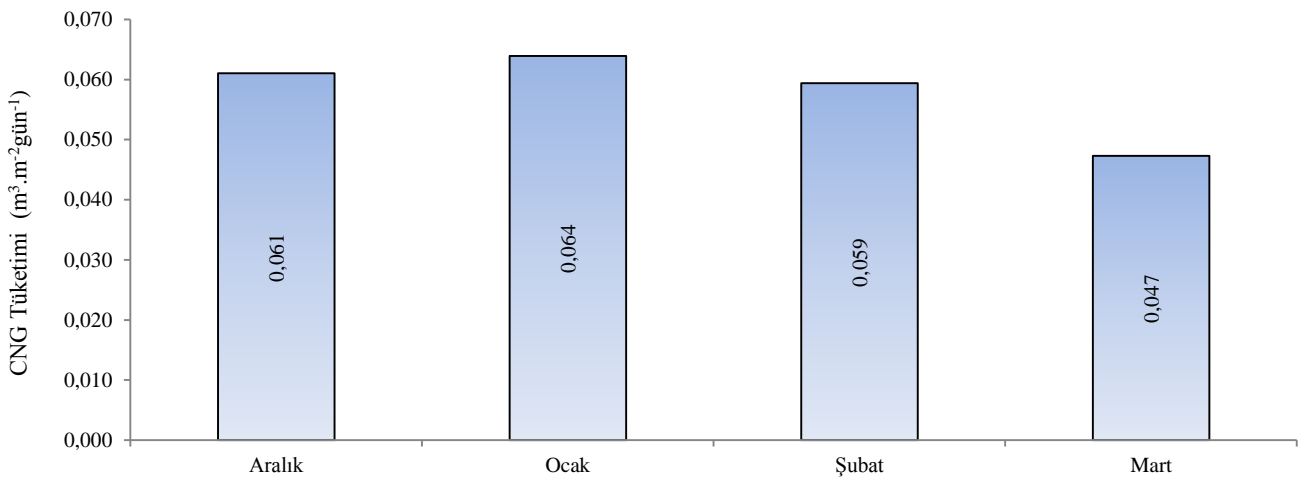
Şekil 5 incelendiğinde perde altında gece saatlerinde ortaya çıkan nem değerleri en fazla %70 civarında olmuştur. Bunun da nedeni biber bitkisinin yaprak alan indeksi değerinin küçük olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak perde üzerindeki nem değerleri gece saatlerinde sıcaklığın düşmesine bağlı olarak %100'e ulaşmaktadır.

Araştırmanın yapıldığı serada düzenli ısıtma 11 Aralık'ta başlamıştır. Aralık ayında kullanılan toplam CNG miktarı 9927 m³/ay, ocak ayında 14653 m³/ay, şubat ayında 12292 m³/ay ve mart ayının 18'ine kadar 6294 m³/ay olmuştur. Birim sera alanı için aylara bağlı

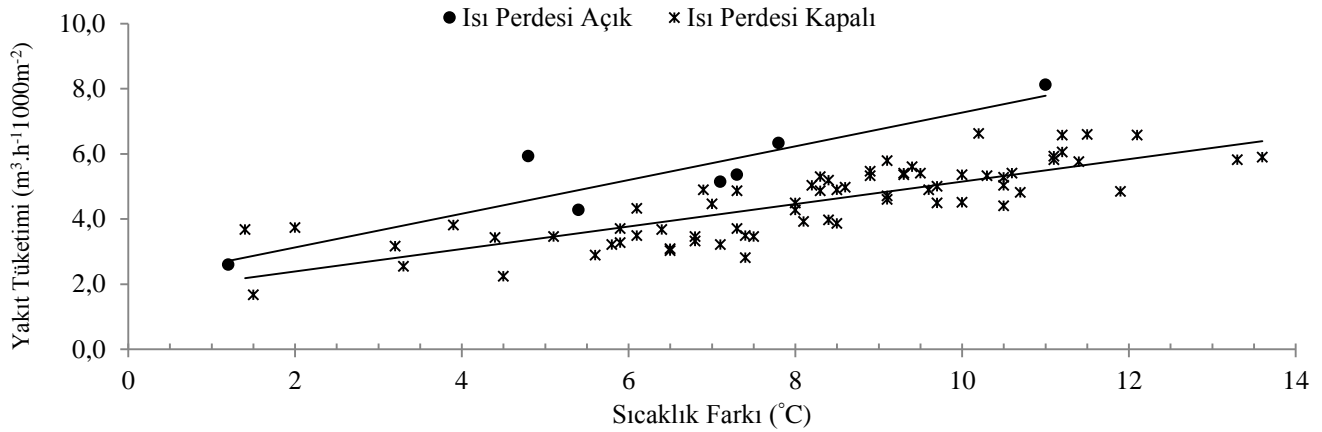
günlük ortalama CNG tüketimleri Şekil 6'da verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi en yüksek CNG tüketimi ocak ayında gerçekleşmiştir.

Serada tüketilen yakıt miktarına bağlı olarak ulaşılan sıcaklık farkı (ΔT) ısı perdesinin açık ve kapalı olduğu koşullar için Şekil 7'de verilmiştir.

Şekil 7 incelendiğinde artan sıcaklık farkına bağlı olarak tüketilen yakıt miktarının doğrusal olarak arttığı görülmektedir. Serada ulaşılan sıcaklık farkına ile tüketilen yakıt miktarı arasında yapılan regresyon analizinde Çizelge 2 verilen eşitlikler elde edilmiştir.



Şekil 6. Aylara göre birim alan için tüketilen günlük CNG miktarı



Şekil 7. Serada ulaşılan sıcaklık farkına bağlı olarak tüketilen CNG miktarları

Çizelge 2. Sıcaklık farkı ile tüketilen yakıt miktarı arasındaki ilişkilere ait eşitlikler

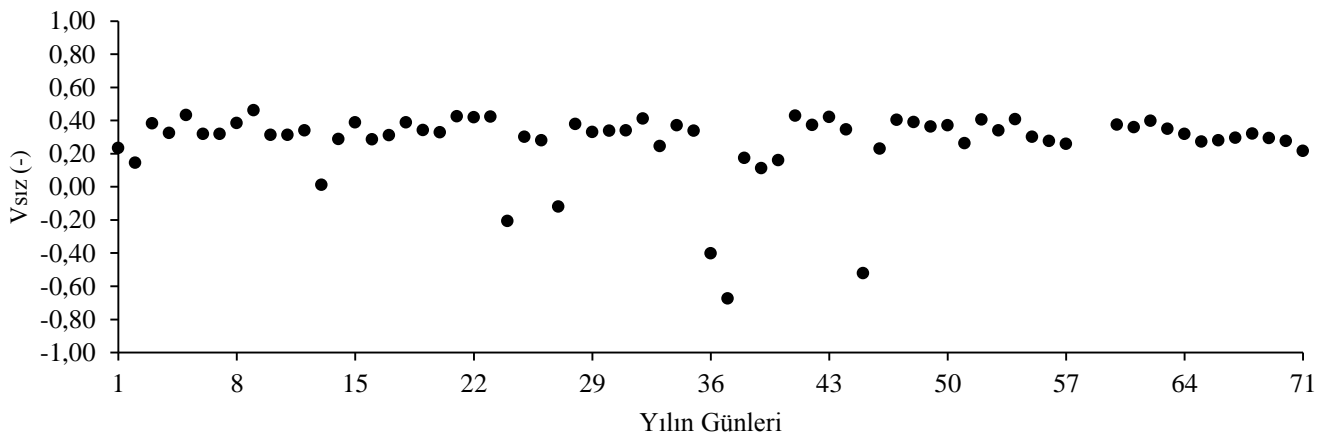
Isı Perdeleri	m_{yak}	R^2
Isı Perdeleri	$m_{yak}=0.5169*\Delta T+2.0984$	$R^2 = 0.83$
Isı perdeleri	$m_{yak}=0.3453*\Delta T+1.698$	$R^2 = 0.66$

Araştırmanın yapıldığı serada ısı perdesinin kapatılması durumunda tasarruf edilen yakıt miktarı %28 olarak hesaplanmıştır. Çaylı ve Akyüz (2019) Aynı özellikteki sera için ısı perdesi ile tasarruf oranını %36 olduğunu bildirmektedir. (Bailey, 1976) alüminyum şeritli ısı perdesi ile tek kat camla kaplı serada %28 oranında tasarruf sağlanabileceğini rapor etmiştir. Le Quillec ve ark. (2004) ise ısı perdeleri ile % 22-27 arasında tasarruf sağlanabileceğini bildirmiştir. Daha birçok araştırmacı bu konuda yaptıkları çalışmalarda %20-%70 arasında tasarruf sağlanabileceğini bildirmişlerdir (Mihara ve Hayashi, 1979, Chandra ve Albright, 1980, Fuller ve ark., 1984, Jolliet ve ark., 1984, Meyer, 1984, Arinze ve ark., 1986,

Pirard ve ark., 1994, Critten ve Bailey, 2002, Yüksel, 2012, Newell ve ark., 2015). Ancak bu verilen tasarruf oranları sera yapısı, örtü malzemesi, sızdırmazlık durumu ve rüzgâr hızı gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışmada elde edilen %28 oranındaki bulgunun, literatürde benzer özellikteki araştırmalardaki bulgulara yakın bir değer olduğu görülmüştür.

Seralarda kullanılan ısı perdelerinin tasarruf oranları perdelerin sızdırmazlıklarına bağlıdır. İdeal koşullarda ısı perdelerinin sızdırmazlıklarını temsil eden V_{siz} katsayısının 0.30 civarında olması arzu edilir. V_{siz} katsayısının 1'e yaklaşması ısı perdesi sızdırmazlığının kötü olduğu anlamına gelmektedir (Meyer, 1982, Müller, 1987).

Araştırma serası Bölme-2'de kullanılan ısı perdeleri için yılın farklı günlerinde hesaplanan V_{siz} değerleri Şekil 8'de verilmiştir.

Şekil 8. Isı perdesinin kullanıldığı serada V_{siz} değerleri

Şekilden de görüleceği gibi ısı perdesinin kapalı olduğu gece saatlerinde V_{siz} değerleri bazı günlerde 0'ın altında hesaplanmıştır. Buna, daha öncede belirtildiği gibi gökyüzünün açık olduğu gecelerde perde üzerindeki sıcaklığın dış sıcaklık altına düşmesi neden

olmuştur. Normal koşullar için hesaplanan V_{siz} değerlerinin 0.20-0.40 arasında değişmektedir. Ortaya çıkan sapmalar gökyüzü koşullarından ve perdenin sızdırmazlığından kaynaklanmıştır.

Çizelge 3'te araştırmanın yapıldığı sera bölmelerinde

1 Ocak-15 Mart döneminde her gün için gece saat 24.00 sabah saat 05.00 arasındaki değerler için hesaplanan maksimum, minimum ve ortalama $V_{süz}$ değerleri verilmiştir.

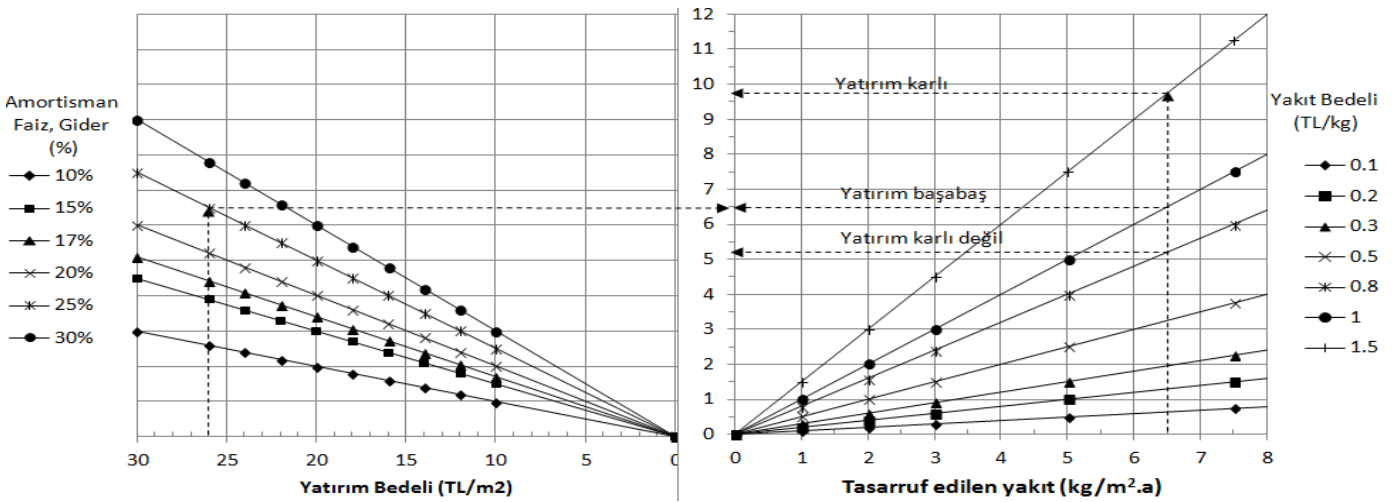
Çizelge 3. Bölmeler için hesaplanan $V_{süz}$ değerleri

$V_{süz}$	Bölme-1	Bölme-2
Maksimum	0.50	0.46
Minimum	0.11	0.11
Ortalama	0.34	0.33

Çizelge-3' de görüleceği gibi biber yetiştirilen Bölme-1 için hesaplanan $V_{süz}$ değerleri 0.11-0.50 arasında

değişirken, hıyar ve patlıcan üretiminin yapıldığı Bölme-2'de bu değerler 0.11-0.46 arasında değişmiştir. Bölme-1 için hesaplanan ortalama $V_{süz}$ değeri 0.34 olurken Bölme-2'de bu değer 0.33 olarak bulunmuştur. Hesaplanan bu değerlere göre her iki bölme arasında önemli bir fark bulunmamaktadır.

Çalışmada ısı perdelerinin yatırım maliyeti ve sağladığı ısı tasarrufuna bağlı maliyet karşılaştırılması da yapılmıştır. Bu amaçla Şekil 9'de ısı perdelerinin farklı faiz ve amortisman oranlarına karşılık gelen yatırım maliyetleri ve serada kullanılan yakıtın bedeline bağlı olarak ısı perdelerinin sağladıkları yakıt tasarrufları verilmiştir.



Şekil 9. Isı perdelerinin yatırım bedeli ve sağlayacakları ısı tasarrufuna bağlı maliyet karşılaştırması.

Seralarda ısı perdesinin kurulmasına karar vermeden önce tasarruf edilen yakıt miktarı ve yakıt bedelinden gidilerek yatırıma karar verilmelidir. Seralarda kurulacak olan ısı perdesinin yatırım bedeli 26 TL/m², amortisman ve banka faizleri oranı %25 olduğu koşullarda ve ısı perdesi yardımıyla üretim periyodu boyunca 6.5 kg/m² yakıt tasarrufu sağlandığında, kullanılan yakıtın bedeli 1.5 TL/kg olduğunda yapılacak olan yatırım karlı olacaktır. Sera ısıtımında kullanılan yakıt bedeli 1 TL/kg olduğunda yatırım ile tasarruf edilen yakıt giderleri başa baş olacaktır. Bu durum atmosfere verilen emisyon dikkate alındığında anlam kazanacaktır. Ancak yakıt bedelinin 1 TL/kg'dan daha ucuz olması durumunda ısı perdesi için yapılacak yatırımlar kârlı olmayacaktır.

SONUÇ

Düzenli olarak ısıtılan seralarda ısı korunumu, üretim maliyetinin düşürülmesi ve karbon ayak izinin küçültülmesi açısından büyük bir öneme sahiptir. Seralarda enerji verimliliğinin yükseltilmesinde en çok kullanılan teknik önlemlerden birisi ısı perdeleridir. Isı perdelerinin amaca uygun seçilmesi ve yalıtımlarının sağlanması ısı korunumu açısından önemlidir. Isı perdelerinden beklenen tasarrufun sağlanabilmesi için $V_{süz}$ değerinin 0.30 değerine yakın

olmalıdır. Uygulamada kurulu olan ısı perdelerinin etkinliğini belirlemek amacıyla perde üzerinde, altında ve dış ortamda yapılacak sıcaklık ölçümlerinden gidilerek ısı perdelerinin sızdırmazlıkları belirlenmelidir. Seralarda ısı perdesi ile tasarruf edilen enerji miktarına, sera yan duvar ve cephelerindeki izolasyon durumu önemli oranda etki etmektedir. Türkiye'de son yıllarda yüksek teknolojiye sahip seralarda kurulan ısı perdelerinin yan duvar ve cephelerdeki birleşimlerinde yeterli izolasyon sağlanamadığı için ısı perdelerinden beklenen tasarruf sağlanamamaktadır. Isı perdelerinde ithal malzeme kullanıldığından maliyetleri oldukça yüksektir. Bu nedenle ısı perdesi kullanımı için, sağlayacakları yakıt tasarrufu, yakıt bedeli ve yatırım giderleri dikkate alınarak karar verilmelidir.

KAYNAKLAR

- Akyüz A, Baytorun AN, Çaylı A, Üstün S, Önder D 2017. Seralarda Isıtma Sistemlerinin Projelenmesinde Gerekli Olan Isı Gücünün Belirlenmesinde Yeni Yaklaşımlar. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi 20(3):209-217. doi:10.18016/ksudobil.266155.
- Arinze EA, Schoenau GJ, Besant RW 1986. Experimental and computer performance

- evaluation of a movable thermal insulation for energy conservation in greenhouses. *Journal of Agricultural Engineering Research* 34:97-113. doi:10.1016/S0021-8634(86)80003-8.
- Bailey B 1976. Thermal screens for reducing heat losses from glasshouses. *Technical and Physical Aspects of Energy Saving in Greenhouses* 70:26-34.
- Baytorun AN. 2016. Seralar, Sera Tipleri, Donanımı ve İklimlendirilmesi. 1. baskı. Nobel Akademik Yayıncılık. Nobel kitabevi, İstanbul. 444s.
- Baytorun AN, Akyüz A, Üstün S, Çaylı A 2018a. Sera Isı Gereksinimi Hesaplama Modelinin "ISIGER-SERA" Çukurova Koşullarında Test Edilmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi* 21(5):699-707. doi:10.18016/ksudobil.396127.
- Baytorun AN, Akyüz A, Üstün S, Çaylı A 2018b. Testing Greenhouse Heat Requirement Calculation Model" ISIGER-SERA" in Cukurova Conditions. *KSU Tarım ve Doğa Dergisi-KSU Journal of Agriculture and Nature* 21(5):699-707. doi:10.18016/ksudobil.396127.
- Baytorun AN, Üstün S, Akyüz A, Çaylı A 2017a. Antalya İklim Koşullarında Farklı Donanımlara Sahip Seraların Isı Enerjisi Gereksiniminin Belirlenmesi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 5(2):144-152. doi:10.24925/turjaf.v5i2.144-152.960.
- Baytorun AN, Üstün S, Akyüz A, Çaylı A 2017b. Determination of Heat Storage Tank (buffer) Capacity in Greenhouse Heating Systems. *Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture* 32(2):53-64. doi:10.21605/cukurovaummfd.358357.
- Baytorun AN, Zaimoğlu Z, Akyüz A, Üstün S, Çaylı A 2018c. Comparison of Greenhouse Fuel Consumption Calculated Using Different Methods with Actual Fuel Consumption. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology (TURJAF)* 6(7):850-857.
- Boyacı S, Akyüz A, Baytorun AN, Çaylı A 2016. Kırşehir ilinin örtüaltı tarım potansiyelinin belirlenmesi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi* 5(2):142-157. doi:10.17100/nevbiltek.284738.
- Chandra P Albright LD 1980. Analytical Determination of the Effect on Greenhouse Heating Requirements of Using Night Curtains. *T Asae* 23(4):994-1000.
- Critten DL Bailey BJ 2002. A review of greenhouse engineering developments during the 1990s. *Agricultural and Forest Meteorology* 112:1-22. doi:10.1016/S0168-1923(02)00057-6.
- Çaylı A, Akyüz A 2019. The Experimental Determination of The Impact of Overall Heat Consumption Coefficient and Thermal Screens on Heat Saving in Plastic Greenhouses. *KSU Journal Of Agriculture and Nature* 22(2):271-281. doi:10.18016/ksutarimdoga.vi.493745.
- Çaylı A, Akyüz A, Baytorun AN, Boyacı S, Üstün S, Kozak FB 2017. Control of Greenhouse Environmental Conditions with IOT Based Monitoring and Analysis System. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 5(11):1279-1289. doi:10.24925/turjaf.v5i11.1279-1289.1282
- Çaylı A, Akyüz A, Baytorun AN, Üstün S, Boyacı S 2016. Determination of Structural Problems Causing Heat Loss with the Thermal Camera in Greenhouses. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi* 19(1):5-14.
- Çaylı A, Akyüz A, Baytorun AN, Üstün S, Mercanlı AS 2018a. The Feasibility of a Cloud-Based Low-Cost Environmental Monitoring System Via Open Source Hardware in Greenhouses. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi* 21(3):312 - 322.
- Çaylı A, Akyüz A, Kaya EH, Çiçekli Y, Yıldız MÇ 2018b. A Comparison on The Spatial Variability of Some Meteorological Data: Kahramanmaras Case Study. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi* 21(2):175-184. doi:10.18016/ksudobil.320511.
- Çaylı A Mercanlı AS 2017. The Impact of Greenhouse Environmental Conditions on the Signal Strength of wi-fi Based Sensor Network. *International Journal of Advanced Research (IJAR)* 5(6):774-781. doi:10.21474/IJAR01/4475.
- Çaylı A, Temizkan Y 2018. Determination of The Effect of Heat Saving Precautions and Cladding Materials on Heat Requirement via Expert System in The Kahramanmaras Region Greenhouses. *KSÜ Journal Of Agriculture and Nature* 21(3):312-322. doi:10.18016/ksudobil.321559.
- Domke O 2011. Neue Entwicklungen bei doppelagigen Energieschirmmaterialien und beim Einsatz von Tagesenergieschirmen. *Fachtagung Energieeffizienz, "Energie-Innovationen im Gartenbau – Neue Ideen aus Praxis und Forschung"*, 9. November 2011 im Gartenbauzentrum Straelen 1(1).
- Fuller R, Sites R, Blackwell J 1984. A thermal screen system for greenhouse energy conservation. *Effect of greenhouse design parameters on conservation of energy for greenhouse environmental control. Energy* 27:777-794.
- Jolliet O, Bourgeois M, Danloy L, Gay J-B, Mantilleri S, Moncousin C 1984. Test of a greenhouse using low temperature heating. *Greenhouse Construction and Covering Materials* 170:219-226.
- Le Quillec S, Brajeul E, Lesourd D, Loda D. 2004. Thermal screen evaluation in soilless tomato crop under glasshouse. Pages 709-716 in *Proc. International Conference on Sustainable Greenhouse Systems-Greensys2004* 691.
- Meyer J 1982. Bewertung von beweglichen Energieschirmen in [sic] Hinblick auf den Wärmeverbrauch von Gewächshäusern. 11.

- Meyer J 1984. The influence of thermal screens on energy consumption of greenhouse. *Gartenbauwissenschaft* 49:74-80.
- Meyer J, Schockert K, Laun N, Schlipen M, Kreuzpainter A 2014. Niedrigenergiegewachshaus mit CO₂-neutralen Heizsystem. *Zukunft Initiative Niedrigenergie Gewachshaus (ZINEG). Ansätze und Ergebnisse*.
- Mihara Y., Hayashi M 1979. Studies on the Insulation of Greenhouses-1. *J Agric Meteorol* 35(1):13-19.
- Müller G 1987. Energieschirme unter Praxisbedingungen Bewertung und Optimierung im Hinblick auf Energieverbrauch und Klimaführung. *Dissertation. Institut für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft Universität Hannover*.
- Newell A, Yao H, Ryker A, Ho T, Nita-Rotaru C 2015. Node-capture resilient key establishment in sensor networks: Design space and new protocols. *ACM Computing Surveys (CSUR)* 47(2):24.
- Önder D., Baytorun AN 2016. Akdeniz Bölgesi İklim Koşullarında Seralarda Kullanılan Isı Perdelerinin Sera İçi Sıcaklığına ve Enerji Tasarrufuna Etkilerinin Belirlenmesi.
- Öztürk HH. 2008. *Sera İklimlendirme Tekniği*, 320 s.baskı. Hasad Yayıncılık, İstanbul.
- Pirard G, Deltour J, Nijskens J 1994. Controlled operation of thermal screens in greenhouses. *Plasticulture (France)*.
- Rath T 1992. Einsatz wissensbasierter Systeme zur Modellierung und Darstellung von gartenbautechnischem Fachwissen am Beispiel des hybriden Expertensystems HORTEX. *Gartenbautechnische Informationen (Germany)*. no. 34.
- Ruhm G, Gruda N, von Allwörden A, Steinborn P, Hattermann H, Bokelmann W, Schmidt U 2007. *Energiekonzepte für den Gartenbau-Untersuchungen zu den Auswirkungen weiterer Heizölpreissteigerungen auf sächsische Gartenbauunternehmen, daraus abgeleitete innovative Handlungsfelder und Strategien*. 20/2007:214.
- Schmidt U, Huber C, Dannehl D, Rocksch T, Tantau HJ, Meyer J 2011. Effect of Special Climate Conditions in Closed Greenhouses on Coefficient of Performance and Plant Growth - Preliminary Tests for Optimizing Closed Greenhouse Control. *Acta Horti* (893):429-436.
- Sethi VP., Sharma SK 2008. Survey and evaluation of heating technologies for worldwide agricultural greenhouse applications. *Solar Energy* 82(9):832-859. doi:10.1016/j.solener.2008.02.010.
- Tantau H 2012a. Erfahrungen aus dem ZINEG-Projekt mit dem Einsatz unterschiedlicher Energieschirme BGT kolloquium Berlin.
- Tantau HJ 2012b. Energieeinsparungen von 80 % bei Topfpflanzen möglich. *ZINEG Hannover* 8(11):8-11.
- Teitel M, Peiper U, Zvieli Y 1996. Shading screens for frost protection. *Agricultural and forest meteorology* 81(3-4):273-286.
- Von Zabeltitz C 1982. Forschung für die Technik der Pflanzenproduktion in Gewächshäusern. *Grundlagen der Landtechnik* 32(5):152-155.
- Von Zabeltitz C. 1986. *Gewachshäuser - Handbuch des Erwerbsgartners*. Handbuch des Erwerbsgartners. Ulmer -Verlag, Stuttgart.
- Von Zabeltitz C 2011. *Integrated Greenhouse Systems for Mild Climates: Climate Conditions, Design, Construction, Maintenance, Climate Control*. *Integrated Greenhouse Systems for Mild Climates: Climate Conditions, Design, Construction, Maintenance, Climate Control*:285-311. doi:10.1007/978-3-642-14582-7_12.
- Yüksel A 2012. *Sera Yapım Tekniği*, ISBN: 978-975-8377-82-4, Hasad Yayıncılık Ltd. Şti., İstanbul, 272s.

Pestisitlerin ve Odun Sirkesinin Bazı Mikrobiyal ve Fiziko-Kimyasal Toprak Parametrelerine Etkilerinin Araştırılması

İbrahim KOÇ¹, Erdal Necip YARDIM²

¹Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 13000, Kampüs Rahva-Bitlis, ²Bitlis Eren Üniversitesi Rektörlüğü, 13000, Kampüs Rahva / Bitlis

¹<https://orcid.org/0000-0003-0803-6801>, ²<https://orcid.org/0000-0002-0860-9887>

✉:ibrahimkoc47@gmail.com

ÖZET

Bu çalışma, buğday agro-ekosisteminde kullanılan pestisitler ve odun sirkesinin toprakta bulunan fungal ile bakteriyel mikroorganizmalar ve toprak pH ile EC değerlerine etkilerini araştırmak amacıyla yapılmıştır. Çalışma, 2014-2015 ve 2015-2016'da tarla denemesi şeklinde tesadüf blokları deneme deseninde dört tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemede kullanılan odun sirkesi ve pestisitler sırt pülverizatörü yardımıyla 1) pestisit muamelesi, 2) pestisit muamelesine karşılık gelen %0.5, %1, %2, %3, %4 ile %5 ml odun sirkesi muameleleri ve 3) sadece şebeke suyu verilen kontrol muameleleri şeklinde yapılmıştır. Deneme alanı toprak örneklerinden *Aspergillus niger*, *Penicillium digitatum* ve *Penicillium italicum* mikrofungus türleri izole edilmiştir. Pestisit ve odun sirkesi muamelelerinin, araştırılan parametrelere etkisini belirlemek amacıyla tekrarlanan ölçümlü varyans analizi yapılmıştır. Analizler sonucunda, muamelelerin belirlenen özellikleri istatistiksel olarak önemli düzeylerde etkilemediği ($P>0.612$), buna karşın muamele öncesi ve sonrası arasındaki farkların önemli olduğu görülmüştür ($P=0.000$). Sonuç olarak, kullanılan pestisit ve odun sirkesinin belirlenen parametreler üzerinde olumsuz bir etki göstermediği sonucuna varmak mümkündür.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 26.02.2019

Kabul Tarihi : 16.05.2019

Anahtar Kelimeler

Bakteri
EC
Mikrofungus
pH

Investigation of the Effects of Pesticides and Wood Vinegar on Some Microbial and Physico-chemical Soil Parameters

ABSTRACT

This study was conducted to determining the effects of pesticides and wood vinegar on microorganisms including fungi and bacteria, soil pH and EC values in wheat agroecosystem. The study was designed as a randomized block field trial with four repetitions in 2014-2015 and 2015-2016. Wood vinegar and pesticides were applied via a backpack sprayer. The treatments were consisted of pesticide, wood vinegar (0.5, 1, 2, 3, 4 and 5% ml) which equate to pesticide treatment, and the control (only tap water) treatments. *Aspergillus niger*, *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum* microfungi species were isolated from experimental soil samples. Repeated measurement variance analysis was performed to determine the effect of pesticide and wood vinegar treatments on the parameters investigated. Result of the analyzes indicated that the treatments did not significantly affect the determined properties ($P>0.612$), whereas the differences between the pre and post treatment were significant ($P=0.000$). It can be concluded that the pesticide and wood vinegar used did not have a negative effect on the determined parameters.

Research Article

Article History

Received : 26.02.2019

Accepted : 16.05.2019

Keywords

Bacteria
EC
Microfungi
pH

To Cite : Koç İ, Yardım EN 2019. Pestisitlerin ve Odun Sirkesinin Bazı Mikrobiyal ve Fiziko-kimyasal Toprak Parametrelerine Etkilerinin Araştırılması. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 22(6): 896-904. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.550376.

GİRİŞ

Pestisitler, yüzyıllarca tarımsal faaliyetlerde bitki

koruma amaçlı kullanılmıştır (Mahmood ve ark., 2016). Pestisitlerin yararlılığı inkâr edilememesine

rağmen, çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkileri de göz ardı edilemez (Quinn ve ark., 2011). Toprakta uzun süre kalan pestisitler, faydalı mikroorganizmaların faaliyetlerini engellemekte, kısmen veya tamamen yok olmasına sebep olmaktadır (Boşgelmez ve ark., 2000). Pestisitlerin yoğun kullanımından ötürü, bazı olumsuz durumlar oluşmaktadır. Bu durumlar, alternatif metotların ve biyopestisitlerin aranmasını kaçınılmaz kılmaktadır (Erdoğan ve Toros, 2005). Biyopestisitler; hayvanlar, bitkiler, bakteriler ve çeşitli mineraller gibi doğal maddelerden elde edilmektedir (Yarsan ve Çevik, 2007). Doğal pestisit potansiyelindeki odun sirkesi (OS), ısıtılma işlemiyle elde edilen (pyrolysis liquids) bir üründür. Bu ürünün Neanderthal zamanında kullanıldığı bulunmuştur (Tiilikkala ve ark., 2010). Kim ve ark. (2008) çalışmalarında Jang'tan söz ederek, OS'un %80-90'ı su ve geri kalan kısmının da 200'den fazla organik birleşikten oluştuğunu bildirmişlerdir. Jothityangkoon ve ark. (2008), OS'un asetik asit ile birlikte organik asitler, alkan, alkol, fenolik ve ester bileşikler gibi ana bileşenlerden meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Yatagai ve ark. (2002), Nurhayati ve ark. (2005), Jothityangkoon ve ark. (2008), Baimark ve Niamsa (2009), Chalermisan ve Peerapan (2009), Velmurugan ve ark. (2009), Eric ve ark. (2012), Mao ve ark. (2010), Ibrahim ve ark. (2013), Oramahi ve Yoshimura (2013), Saberi ve ark. (2013), Namli ve ark. (2014), Koç ve ark. (2017), Koç ve Yardım (2018), Koç ve ark. (2018b) ve Koç (2019)'un çalışmalarında OS'un biyopestisit etkisini gözlemlediklerine dair ifadelerine rastlanılmaktadır. Ancak OS'un bu özelliğinin yanı sıra toprak ve toprağın barındırdığı mikrobiyal faktörlere ve bitkiye faydalı olduğu hakkında Mu ve ark. (2003), Shi (2003), Rakmai (2009), Cai ve ark. (2012), Saberi ve ark. (2013), Namli ve ark. (2014), Koç ve ark. (2018a) ve Koç ve ark. (2019)'nın tespitleri görülmektedir. Namli ve ark. (2014), Sera denemesi ile yaptıkları çalışmalarında tüm OS uygulanmış toprakların pH değerlerinin kontrole göre değiştiğini bulmuşlardır. Ekundayo (2003), 11 adet pestisiti

önerilen dozlarda bahçe toprağına muamele ettiği çalışmasında, Agrosan®'in bakteri yoğunluğunu en çok inhibe eden çeşit olduğunu ifade etmiştir. Karaboz ve Meriçli-Yapıcı (2008), ALS-inhibe edici herbisitlere karşı Azotobacter toleransının, tarımsal uygulamalarda kullanılan herbisit düzeylerinin çok üzerinde olduğunu ve tarımda uygulanan herbisit dozlarının toprakta bulunan serbest azot fikse eden Azotobacter gelişimini etkilemediğini saptamışlardır. Demirci ve ark. (2002), bazı funguslara uyguladığı Flusilazole®'un etkili olduğu ve bunu Tebuconazole®, Diniconazole® ile Penconazole®'un izlediği, Cyproconazole® ve Triticonazole®'un en düşük etkiye sahip fungusitler olduğunu tespit etmişlerdir. Küçük ve ark. (2009), in-vitro koşullarında, bazı pestisitlerin bir biyokontrol etmeni olan *T. harzianum*'a etkisini belirleme çalışmasında bir kısım fungusitin fungus izolatlarının gelişimlerini olumsuz etkileyebileceği kanısına varmışlardır. Ayrıca, Dığrak ve ark. (1999), Karaarslan (2000), Sarkar ve ark. (2000), Çolak (2001), Uçan ve Dığrak (2001), Dığrak ve Özçelik (2002) ile Koç ve ark. (2018a)'ın çalışmalarında kullandıkları pestisit ve çalıştıkları biyolojik parametreye göre farklı sonuçlara ulaşmışlardır. Bu çalışmanın amacı, kışlık buğday agro-ekosisteminde kullanılan pestisitler ve odun sirkesinin toprakta mevcut bakteri ve mikrofungus popülasyonlarının yanı sıra, toprak pH ve EC değerlerine olası etkilerini araştırmaktır.

MATERYAL ve METOT

Bu çalışma, Muş ili Berce Alparslan Tarım İşletmesine ait kışlık tohumluk Krasunia odeska buğday tarlasında (Enl.: 38047°33.1577", Boy.: 41032°45.8119", Yük.: 1276 m) yürütülmüştür. Muş ilinde karasal bir iklim hüküm sürmektedir. Burada yaz mevsimi genellikle kısa ve serin, kış soğuk ve kar yağışlı olup ilkbahar ve sonbahar mevsimleri çok kısa sürmektedir (TUİK, 2016). Çalışma alanı bölgesinin iklimsel verileri, Muş il meteoroloji müdürlüğünden temin edilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Muş ili 2014-15, 2015-16 yılları ve uzun yıllar ortalaması (UYO)) iklim verileri (Anonim, 2016)

Yağış (mm)			Ortalama Sıcaklık (°C)			Nispi Nem (%)		
2014-15	2015-16	UYO	2014-15	2015-16	UYO	2014-15	2015-16	UYO
740.4	790.1	740.5	11.55	11.48	10.62	55.02	54.00	60.79

Çizelge 2. 2014-2015 ve 2015-2016 yıllarında pestisit ve farklı dozlarda OS uygulanan buğday parsellerindeki ortalama nem (%) miktarı

Yıllar	Örneklem Tarihi	Ortalama Nem (%)
	19.05.2015	21.93
2014-2015	25.06.2015	19.31
	21.04.2016	28.36
2015-2016	25.06.2016	13.23

Deneme alanındaki toprağın tekstürü Bouyoucos (1951)'e göre yapılmış olup killi özelliktedir (kil oranı: %63.29, silt oranı: %25.8 ve kum oranı: %10.9). Toprak örneklerinin ortalama nem miktarları (%), Kacar (2012)'a göre tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Deneme, 2014-2015 ve 2015-2016 yıllarında tesadüf blokları deneme deseninde dört tekerrürlü olarak kurulmuştur. Parsellerin büyüklüğü 5m×5m=25 m² olup, bloklar ve parseller arasında en az 2 m mesafe bırakılmıştır.

Denemede kullanılan OS, tavuk gübresinin gazlaştırma makinesi aracılığıyla biyokömür ve OS ürünlerini geliştiren bir firmadan elde edilmiştir (Namlı ve ark., 2014). Pestisit ve gübre, denemenin kurulduğu işletmenin zararlı, hastalık, yabancı ot mücadelesi ve buğday besleme için kullandıkları ürünlerden kullanılmıştır.

Denemede kullanılan pestisit ve OS, 16 L hacimli bir sırt pülverizatörü yardımıyla denemenin kurulduğu işletmenin ilaçlama ve uygulama takvimi takip edilerek uygulanmıştır. Yapılan muameleler; 1) pestisit muamelesi, 2) pestisit muamelesine karşılık gelen %0.5, %1, %2, %3, %4 ve %5 ml OS muameleleri, 3) sadece şebeke suyu verilen kontrol muamelesi şeklinde yapılmıştır.

Denemenin her iki yıl için ayrı ayrı olmak üzere tüm parsellere taban gübresi (NP 20-20-0, 13.7 kg ha⁻¹) ve boy gübresi (%46 üre, 10 kg ha⁻¹) verilmiştir. Pestisit muamelesi yapılan parsellere: [2014-2015 için, Weed killer D® (etken madde: 2,4-D Acid Dimethylamin, 100 ml ha⁻¹, Koruma) ve Duett Super® (etken madde: 84 g L Epoxiconazole ve 250 g L Fenpropimorph, 100 ml ha⁻¹, Basf); 2015-2016 için, İnut® (etken madde: 160 g L Prothioconazole + 300 g L Spiroxamine, EC, 100 ml ha⁻¹, Bayer), Harmony Platinum® (etken maddesi: %37.5 Thifensulfuron methyl + %37.5 Tribenuron methyl, DF, 2 g ha⁻¹, Bayer), Duett Super® (etken madde: 84 g L Epoxiconazole ve 250 g L Fenpropimorph, 100 ml ha⁻¹, Basf) ve Tribut Super WG 20® (etken madde: %6.75 Propoxy carbazone-sodium + %4.5 Mesos ulfuron-methyl, WG, 20 g ha⁻¹, Bayer) ile Biopower® (100 ml ha⁻¹, Bayer) karıştırılarak uygulanmıştır]. OS muamelesi yapılan parsellere: her iki yıl için %0.5, %1, %2, %3, %4 ve %5 ml OS uygulanmış, kontrol grubu parsellerine sadece su verilmiştir. 2014-2015'te bir kez, 2015-2016'da dört kez pestisit ve OS muamelesi yapılmıştır.

Toprak örnekleri; muamele öncesi, sonrası ve vejetasyon sonunda olmak üzere her parselin 8 ayrı yerinden (Yardım, 1996; Yardım ve Edwards, 1998) nematod örnekleme aleti yardımı ile (10-30 cm derinlikten) alınmış, ve örnekler iyice karıştırıldıktan sonra paçal haline getirilip +4°C'de muhafaza edilmiştir (Yıldız, 2007; Yıldız ve ark., 2017). Toprak örnekleri sırasıyla 2014-2015 için muamele öncesi, sonrası ve hasat sonu 19 Mayıs, 25 Haziran ve 25 Temmuz 2015'te; 2015-2016 için 21 Nisan, 25 Haziran ve 09 Ağustos 2016'da alınmıştır. pH (toprak reaksiyonu) değerleri, Jackson (1958)'a göre belirlenmiştir. EC değerleri (µS/cm), Richards (1954)'a göre yapılmıştır. Toprak örneklerindeki, toplam mikofungus ve aerobik mezofilik bakteri sayısının tespiti Benson (2001)'a göre yapılmıştır. Bakteri sayımı için PCA, mikofungus sayımı için Rose-bengale Chloramphenicol Agar besiyerleri kullanılmıştır. Verilerin istatistik analizinde IBM SPSS 24 paket programı kullanılmıştır. Yapılan

muamelelerin etkisini belirlemek amacı ile tekrarlanan ölçümlü varyans analizi tekniğinden (Repeated Measurement ANOVA) yararlanılmıştır (Winer ve ark., 1971).

BULGULAR

Odun sirkesi ve pestisit muamelelerin toprak mikofunguslara etkisi

Deneme alanındaki toprak örneklerinden 3 mikofungus türü tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Deneme alanında tespit edilen mikofunguslar

Sıra No	Adı
1	<i>Aspergillus niger</i>
2	<i>Penicillium digitatum</i>
3	<i>Penicillium italicum</i>

Verilere yönelik yapılan tekrarlanan ölçümlü varyans analizi sonucunda her iki yılda da muameleler arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar olmadığı (P>0.520) ve bu durumu zamanın (muamele öncesi ve sonra) etkilemediği (P>0.380) bulunmuştur. Buna karşın muamele dozu fark etmeksizin her iki yılda da muamele öncesi ve sonrası arasındaki farklar önemli görülmüştür (P=0.000). 2014-2015'te ortalama olarak en az muamele sonrası %0.5, %1, %3 ve %5 ml OS'de (0), en çok muamele öncesi %3 ml OS'de (17475000); 2015-2016'da en az muamele öncesi %2 ml OS'de (10), en çok ise muamele sonrası %3 ml OS'de (3450) tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Odun sirkesi ve pestisit muamelelerin toprak aerobik mezofilik bakterilere etkisi

Verilere yönelik yapılan tekrarlanan ölçümlü varyans analizi sonucunda; her iki yıl içinde bakteri sayısı bakımından muameleler arasında istatistiksel olarak önemli bir farkın bulunmadığı (P>0.436) görülmüştür. Diğer bir ifade ile gerek 2014-2015 ve gerekse 2015-2016'da yapılan muamelelerin bakteri sayısını önemli düzeylerde etkilemediği ve bu durumun zamana (muamele öncesi ve sonrası) göre değişmediği tespit edilmiştir (P>0.612). Buna karşın her iki yılda da elde edilen bakteri sayısı bakımından sadece muamele öncesi ve sonrası arasında önemli farklılıklar olduğu görülmüştür (P=0.000). 2014-2015'te ortalama olarak en az muamele sonrası %1 ml OS'de (575000), en çok muamele öncesi %4 ml OS'de (17075000); 2015-2016'da en az muamele öncesi %2 ml OS'de (16000), en çok muamele sonrası %1 ml OS'de (1820000000) bulunmuştur (Çizelge 5).

Odun sirkesi ve pestisit muamelelerin toprak pH değerine etkisi

Verilere yönelik yapılan tekrarlanan ölçümlü varyans analizi sonucunda, pH üzerine sadece zamanın

(muamele öncesi ile sonrası ve hasat sonu) etkili olduğu bulunmuştur ($P=0.000$). pH'nin ortalama olarak muamele öncesine (7.76) göre, muamele sonrasında arttığı (7.90) ve hasat sonrasında ise azaldığı (7.79) bulunmuştur. Minimum pH'nin hasat sonrasında (7.51), maksimum pH'nin muamele sonrasında (8.02)

olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 7). pH ortalaması olarak; muamele öncesinde en az pestistte (7.73), en çok %2 ml OS'de (7.78); muamele sonrasında en az kontrolde (7.87), en çok %1 ml OS'de (7.93); hasat sonunda en az %4 ml OS'de (7.73) ve en çok %0.5 ml OS'de (7.83) bulunmuştur (Çizelge 6).

Çizelge 4. 2014-2015 ve 2015-2016 yıllarında pestisit ve farklı dozlarda OS uygulanan buğday parsellerindeki mikrofungus sayısı

Yıllar	Muameleler	N	Muamele Öncesi (19.05.2015)	Muamele Sonrası (25.06.2015)
			Ort. \pm SH	Ort. \pm SH
2014-2015	%0.5 ml OS	4	5075000 \pm 673764	0.000000 \pm 0.000000
	%1 ml OS	4	4725000 \pm 874047	0.000000 \pm 0.000000
	%2 ml OS	4	5000000 \pm 2644805	25000 \pm 25000
	%3 ml OS	4	17475000 \pm 13113185	0.000000 \pm 0.000000
	%4 ml OS	4	4550000 \pm 551513	50000 \pm 28868
	%5 ml OS	4	5375000 \pm 748749	0.000000 \pm 0.000000
	Pestisit	4	6100000 \pm 1835302	25000 \pm 25000
	Kontrol	4	3775000 \pm 512144	25000 \pm 25000
			Muamele Öncesi (21.04.2016)	Muamele Sonrası (25.06.2016)
2015-2016	%0.5 ml OS	4	2515 \pm 2495	1525 \pm 433
	%1 ml OS	4	32.5 \pm 13.1	2625 \pm 945
	%2 ml OS	4	10.00 \pm 7.07	1425 \pm 557
	%3 ml OS	4	45.0 \pm 14.4	3450 \pm 2152
	%4 ml OS	4	15.00 \pm 9.57	1900 \pm 449
	%5 ml OS	4	35.0 \pm 18.9	2225 \pm 641
	Pestisit	4	20.00 \pm 7.07	2175 \pm 1292
	Kontrol	4	2518 \pm 2494	1775 \pm 275

Çizelge 5. 2014-2015 ve 2015-2016 yıllarında pestisit ve farklı dozlarda OS uygulanan buğday parsellerindeki bakteri sayısı

Yıllar	Muameleler	N	Muamele Öncesi (19.05.2015)	Muamele Sonrası (25.06.2015)
			Ort. \pm SH	Ort. \pm SH
2014-2015	%0.5 ml OS	4	15000000 \pm 10376255	1525000 \pm 549811
	%1 ml OS	4	4925000 \pm 3658637	575000 \pm 149304
	%2 ml OS	4	3475000 \pm 2189892	875000 \pm 545245
	%3 ml OS	4	775000 \pm 775000	875000 \pm 154785
	%4 ml OS	4	17075000 \pm 15283072	825000 \pm 175000
	%5 ml OS	4	950000 \pm 660177	1025000 \pm 413068
	Pestisit	4	3575000 \pm 1463087	975000 \pm 512144
	Kontrol	4	6350000 \pm 3272486	1625000 \pm 228674
			Muamele Öncesi (21.04.2016)	Muamele Sonrası (25.06.2016)
2015-2016	%0.5 ml OS	4	41800 \pm 17937	925000000 \pm 382807611
	%1 ml OS	4	306950 \pm 301017	1820000000 \pm 458384846
	%2 ml OS	4	16000 \pm 8254	500000000 \pm 285948713
	%3 ml OS	4	88250 \pm 71356	180000000 \pm 32403703
	%4 ml OS	4	20375 \pm 18238	522500000 \pm 274450208
	%5 ml OS	4	85550 \pm 84153	447500000 \pm 181951230
	Pestisit	4	22250 \pm 11235	670000000 \pm 204816991
	Kontrol	4	29250 \pm 6019	862500000 \pm 404462091

Çizelge 6. 2014-2015 ve 2015-2016 yıllarında pestisit ve farklı dozlarda OS uygulanan buğday parsellerindeki pH değerleri

Örneklemler	Muameleler	N	pH değeri		
			Ort. \pm SH	En Az	En Çok
Muamele Öncesi	%0.5 ml OS	4	7.75 \pm 0.03	7.72	7.85
	%1 ml OS	4	7.77 \pm 0.04	7.69	7.88
	%2 ml OS	4	7.78 \pm 0.01	7.75	7.82
	%3 ml OS	4	7.78 \pm 0.01	7.75	7.84
	%4 ml OS	4	7.77 \pm 0.01	7.74	7.81
	%5 ml OS	4	7.77 \pm 0.02	7.69	7.81
	Pestisit	4	7.73 \pm 0.03	7.66	7.81
	Kontrol	4	7.78 \pm 0.03	7.71	7.88
Muamele Sonrası	%0.5 ml OS	4	7.88 \pm 0.04	7.80	7.96
	%1 ml OS	4	7.93 \pm 0.01	7.92	7.96
	%2 ml OS	4	7.91 \pm 0.01	7.86	7.95
	%3 ml OS	4	7.92 \pm 0.02	7.88	7.99
	%4 ml OS	4	7.88 \pm 0.02	7.82	7.92
	%5 ml OS	4	7.90 \pm 0.04	7.82	8.02
	Pestisit	4	7.88 \pm 0.02	7.83	7.96
	Kontrol	4	7.87 \pm 0.02	7.82	7.94
Hasat Sonu	%0.5 ml OS	4	7.83 \pm 0.03	7.75	7.89
	%1 ml OS	4	7.78 \pm 0.02	7.72	7.83
	%2 ml OS	4	7.82 \pm 0.02	7.77	7.87
	%3 ml OS	4	7.80 \pm 0.01	7.77	7.84
	%4 ml OS	4	7.73 \pm 0.07	7.51	7.84
	%5 ml OS	4	7.82 \pm 0.01	7.77	7.86
	Pestisit	4	7.80 \pm 0.02	7.76	7.85
	Kontrol	4	7.77 \pm 0.02	7.72	7.85

Çizelge 7. 2014-2015 ve 2015-2016 yıllarında pestisit ve farklı dozlarda OS uygulanan buğday parsellerindeki muamele öncesi, sonrası ve hasat sonu pH değerleri ve Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Örneklemler	N	pH değeri		
		$\bar{X} \mp S_{\bar{X}}$	En Az	En Çok
Muamele Öncesi	32	7.76 \pm 0.01	7.66	7.88 A
Muamele Sonrası	32	7.90 \pm 0.01	7.80	8.02 B
Hasat Sonu	32	7.79 \pm 0.01	7.51	7.89 A

*Farklı harflerle gösterilen örneklemler arasındaki farklar önemlidir ($P \leq 0.05$).

Odun sirkesi ve pestisit muamelelerin toprak EC değerine etkisi

Verilere yönelik yapılan tekrarlanan ölçümlü varyans analizi sonucunda; EC değeri ($\mu\text{S}/\text{cm}$) üzerine sadece zamanın (muamele öncesi ile sonrası ve hasat sonu) etkili olduğu bulunmuştur ($P=0.000$). EC değerinin ortalama olarak muamele öncesine ($910.70 \mu\text{S}/\text{cm}$) göre, muamele sonrasında ($713.38 \mu\text{S}/\text{cm}$) azaldığı ve hasat sonunda ($849.20 \mu\text{S}/\text{cm}$) tekrar arttığı tespit edilmiş olup minimum EC'in muamele sonrasında ($631.00 \mu\text{S}/\text{cm}$) ve maksimum EC'in ise muamele öncesinde ($1191.00 \mu\text{S}/\text{cm}$) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 9). EC ortalaması olarak; muamele öncesinde

en az %2 ml OS'de ($828.30 \mu\text{S}/\text{cm}$), en çok pestisitte ($1019.00 \mu\text{S}/\text{cm}$); muamele sonrasında en az %4 ml OS'de ($674.00 \mu\text{S}/\text{cm}$), en çok %0.5 ml OS'de ($760.50 \mu\text{S}/\text{cm}$); hasat sonunda en az %0.5 ml OS'de ($683.00 \mu\text{S}/\text{cm}$), en çok ise %3 ml OS'de ($926.30 \mu\text{S}/\text{cm}$) bulunmuştur (Çizelge 8).

TARTIŞMA ve SONUÇ

Yapılan muamelelerin toprak bakterilerine etkisi bakımından elde edilen bulguların, Çolak (2001)'in çalışmalarında kullandıkları Tefralin®'in; aerop endospor oluşturan, anaerop ve toplam canlı bakterileri, Dimethenamid®'in; aerop endospor oluşturan ve toplam canlı bakterileri, Akrifol®'un; aerop endospor oluşturan, anaerop ve proteolitik bakterileri, Deltametrin®'in; hiçbir bakteri grubuna ve Vitavax®'in; aerop endospor bakterileri olumsuz etkilemediğine dair bulgularıyla örtüştüğü görülmektedir. Ayrıca Karaboz ve Meriçli-Yapıcı (2008)'in Tribenuron Metil®, Tifensulfuron Metil®, Florasulam® ve Flumetsulam®'ın, Azotobacter gelişimini etkilemediğini ortaya koyduğu bulgularla paralellik göstermektedir.

Pestisitler açısından, kullanılan ilaçların önerilen arazi dozunda kullanılması (Karaboz ve Meriçli-Yapıcı, 2008); OS açısından, kullanılan sirke çeşidinin

Çizelge 8. 2014-2015 ve 2015-2016 yıllarında pestisit ve farklı dozlarda OS uygulanan buğday parsellerindeki EC değerleri ($\mu\text{S/cm}$)

Örneklem	Muameleler	N	EC değeri ($\mu\text{S/cm}$)		
			Ort. \pm SH	En Az	En Çok
Muamele Öncesi	%0.5 ml OS	4	872.00 \pm 72.80	734.00	1065.00
	%1 ml OS	4	917.30 \pm 71.40	795.00	1105.00
	%2 ml OS	4	828.30 \pm 35.30	766.00	909.00
	%3 ml OS	4	916.50 \pm 33.50	822.00	979.00
	%4 ml OS	4	909.80 \pm 34.80	850.00	992.00
	%5 ml OS	4	920.00 \pm 39.00	827.00	1008.00
	Pestisit	4	1019.00 \pm 77.40	826.00	1191.00
	Kontrol	4	902.80 \pm 63.60	756.00	1028.00
Muamele Sonrası	%0.5 ml OS	4	760.50 \pm 44.70	671.00	847.00
	%1 ml OS	4	718.80 \pm 18.20	672.00	754.00
	%2 ml OS	4	683.00 \pm 4.56	675.00	696.00
	%3 ml OS	4	689.30 \pm 20.60	631.00	727.00
	%4 ml OS	4	674.00 \pm 7.18	656.00	691.00
	%5 ml OS	4	750.80 \pm 18.10	704.00	789.00
	Pestisit	4	699.30 \pm 20.10	666.00	756.00
	Kontrol	4	731.50 \pm 31.80	676.00	806.00
Hasat Sonu	%0.5 ml OS	4	683.00 \pm 22.80	700.00	997.00
	%1 ml OS	4	891.30 \pm 27.90	842.00	971.00
	%2 ml OS	4	805.30 \pm 28.00	723.00	849.00
	%3 ml OS	4	926.30 \pm 94.40	727.00	1180.00
	%4 ml OS	4	911.00 \pm 66.50	737.00	1060.00
	%5 ml OS	4	828.80 \pm 24.50	762.00	880.00
	Pestisit	4	844.00 \pm 40.30	775.00	937.00
	Kontrol	4	903.50 \pm 60.50	796.00	1030.00

Çizelge 9. 2014-2015 ve 2015-2016 yıllarında pestisit ve farklı dozlarda OS uygulanan buğday parsellerindeki muamele öncesi, sonrası ve hasat sonu EC değerleri ($\mu\text{S/cm}$) ve Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Örneklem	N	EC değeri ($\mu\text{S/cm}$)		
		$\bar{X} \mp S_{\bar{x}}$	En Az	En Çok
Muamele Öncesi	32	910.70 \pm 19.80	734.00	1191.00 A
Muamele Sonrası	32	713.38 \pm 9.19	631.00	847.00 B
Hasat Sonu	32	849.20 \pm 32.50	700.00	1180.00 A

*Farklı harflerle gösterilen örneklem arasındaki farklar önemlidir ($P \leq 0.05$).

bakterileri etkileyebilecek dozda olmaması, kontrolsüz iklim şartları ve bu ürünün organik olması vesilesiyle hızlı parçalanabilme özelliği gibi durumlardan ötürü bakteriler üzerinde etkili (olumlu ya da olumsuz) olmadığı düşünülmektedir. Ancak pestisit ve OS ile ilgili ulaşılan bulgulardan farklı sonuçlar elde edilen çalışmalar vardır. Örneğin; Shi (2003)'nin yaptığı OS muamelesinin kök bölgesindeki bakteri sayısını teşvik ettiğini bildirmiştir. Koç ve ark. (2019)'un bitki koruma için kullandıkları OS'un toprak bakterilerini olumsuz etkilemediği hatta %3 ml'lik dozlu bakteri sayısını pozitif bir şekilde etkilediğini saptamışlardır. Dığrak ve ark. (1999), pestisit uyguladıkları topraktaki mikrofloranın pestisit gruplarına bağlı olarak farklı derecede etkilendiğini, Platoon® ile muamele ettikleri toprağın toplam mikroorganizma sayısının, inkübasyon süresince kontrol grubundan daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Başka benzer bir

çalışmada Çolak (2001), toprağa uyguladıkları Tefralin®'in proteolitik bakterilere etkisinin inkübasyonun farklı günlerinde değiştiğini, Marchal®'in; aerop endospor ve anaeroplari, Diazinon®'un; toplam canlı, aerop endospor oluşturan ve anaeroplari, Vitavax®'in; toplam canlı ve proteolitik, Dikotom®'un; toplam canlı, anaerop ve proteolitik bakteri gruplarının sayısını arttırdığını saptamıştır. Uçan ve Dığrak (2001)'in kullandıkları Trifluralin Benzamin®'in tarla kapasitesi ve %20 nem kısıntısı yapılan topraktaki mikrofloranın olumsuz etkilenmediği, hatta bazı mikroorganizma gruplarının bu muamelelerden olumlu etkilendiğini ortaya koymuşlardır. Pestisit muamelelerinin topraktaki bakterileri olumsuz etkilediğine dair; Çolak (2001)'in Dimethenamid®'in; anaerop ve proteolitik, Akrifol®'un; toplam canlı, Marchal®'in; toplam canlı ve proteolitik, Diazinon®'un; sadece proteolitik, Vitavax®'in; sadece

anaerop ve Dikotom®'un ise yalnızca aerop endospor bakteri sayısını azalttığı şeklinde ifadeleri vardır. Benzer bulguların Berber ve ark. (2004)'in kullandıkları pestisitlerden üç tanesi hariç diğerlerinin test canlısını olumsuz yönde etkilediğini bildirmişlerdir. Bu verileri destekleyen Uçan ve Dığrak (2001)'in Trifluralin Benzamine® uyguladıkları ve %40-50 nem kısıntısı yaptıkları topraktaki mikroorganizma sayısının diğer deney gruplarına göre daha az olduğu ve Triflural®'in uygulanan toprak ile kontrol grubu arasında belirgin bir farkın olduğunu saptamışlardır. Yapılan çalışmada uygulanan pestisit ve OS'un çeşidi ile dozuna bakılmaksızın sadece uygulama öncesi ile sonrası arasında istatistiksel olarak önemli farklılıkların olması durumunun topraktaki nem oranı ve örneklem zamanı itibariyle topraktaki mikrobiyal faaliyetlerin daha yoğun olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. 2015-2016'da muamele öncesi bakterileri sayısının, muamele sonrasına göre sayıca az olması toprak örneklerinin karın erimesinden hemen sonra alınmasından kaynaklanabileceği varsayılmaktadır. 2015-2016'daki muamele sonrası bakteri sayısının, 2014-2015 muamele sonrası bakterilerden sayıca daha çok olmasının 2015-2016'daki yağış ve yabancı ot miktarının daha çok olmasından kaynaklanabileceği öngörülmektedir.

Yapılan muamelelerin toprak mikrofunguslarına etkisi bakımından elde edilen bulguların, Çolak (2001)'in Vitavax® uyguladığı topraktaki mikrofungus sayısının etkilenmediği ve OS açısından da Jothityangkoon ve ark. (2008)'in yaptıkları muamelede OS'un, toprak mikrofungusların kontrolünde etkili olmadığına dair bulgularıyla örtüşmektedir. Yapılan muamelelerin toprak mikrofungus sayısı üzerinde etkili olmaması durumunun kontrolsüz iklim şartları, OS ve önerilen dozda kullanılan pestisit, toprak mikrofunguslara etki edecek dozda olmamasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Elde edilen bu bulgulardan farklı olarak, Dığrak ve ark. (1999)'in bazı insektisitlerin topraktaki mikroflorayı farklı derecede etkilediğine dair açıklamaları mevcuttur. Yine, Çolak (2001)'in Tefralin®'in inkübasyonun farklı günlerinde topraktaki küflerde farklı sonuçların alınmasını etkilediğini bildirmiştir. Dığrak ve ark. (1999)'in Platoon®'un kontrole göre toplam mikroorganizma sayısını artırdığına dair bulguları vardır. Ubuoh ve ark. (2012)'in Glyosphosphate®'in kontrole göre topraktaki mikrobiyal popülasyonunu, aşırı derecede azalttığı yönünde ifadeleri vardır. Son olarak Uçan ve Dığrak (2001)'in %40 nem kısıntısı yapılan toprakta muamele ettikleri Trifluralin Benzamine®'in, inkübasyonun özellikle 5. ve 10. günlerindeki toplam küf gelişiminin kontrole göre daha az olduğunu bulmuşlardır. Yürütülen çalışmada pestisit ve OS çeşidi ile dozu fark etmeksizin uygulama öncesi ile

sonrası arasında istatistiksel olarak önemli farklılıkların bulunması durumu, 2014-2015 ve 2015-2016 sezonları arasındaki farklılıkların yukarıda bakteri sayısı için yapılan tahminler doğrultusunda olabileceği düşünülmektedir.

Namlı ve ark. (2014)'nın sera denemesinde kullandıkları OS'un topraktaki pH ve EC değerlerini kontrole göre değiştirdiğini ifade etmelerine karşın bu çalışmada, pH ve EC'in üzerine kullanılan pestisit ve OS çeşidi ile dozunun fark etmeksizin sadece zamanın (muamele öncesi, sonrası ve hasat sonu) etkili olduğu bulunmuştur. Elde edilen sonuçların, sözü edilen çalışmadan farklı sonuçlar vermesini, kullanılan pestisit ve OS'un, önerilen dozda kullanılmış olması ve özellikle OS'un organik bir ürün olması vesilesiyle doğada çabuk parçalanması ya da stabil olmayan iklim koşullarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak; bitki koruma amaçlı kullanılan pestisitlerin (önerilen dozda) ve farklı doz odun sirkesinin toprakta belirlenen parametreler üzerinde istatistiksel olarak olumsuz ya da olumlu etki göstermediği, ancak örnekleme zamanının etkili olduğu tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yapılmasında yer ve imkân desteği sağlayan BERCE Alparslan Tarım İşletmesine teşekkür ediyoruz. Bu çalışma "Buğday agro-ekosistemlerinde pestisitlerin ve odun sirkesinin bazı etkilerinin tespiti üzerine bir araştırma" adlı doktora tezinin bir kısmını oluşturmaktadır. 1.UGAP Uluslararası GAP Tarım ve Hayvancılık Kongresi'nde sözlü sunum olarak sunulmuştur.



KAYNAKLAR

- Anonim 2016. Muş meteoroloji il müdürlüğü kayıtları. (Erişim tarihi: 05.11.2016).
- Baimark Y, Niamsa Y 2009. Study on Wood Vinegars for Use as Coagulating and Antifungal Agents on the Production of Natural Rubber Sheets. *Biomass and Bioenergy*, 33: 994-998.
- Benson HJ 2001. *Microbiological Applications: A Laboratory Manual in General Microbiology*. McGraw-Hill, New York, 478p.
- Berber İ, Çökmüş C, Atalan E 2004. Effects of Some Pesticides on Spore Germination and Larvicidal Activity of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* and *Bacillus sphaericus* 2362 Strain. *Turkish Journal of Biology*, 28: 15-21.
- Bouyoucos GJ 1951. A Calibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analyses of Soils. *Agronomy Journal*, 43: 434-438.
- Boşgelmez A, Boşgelmez İİ, Paşlı N, Savaşçı S, Kaynaş S 2000. *Ekoloji I*. (2. Baskı) Ispartahlılar Eğitim Kültür Sağlık Turizm Yardımlaşma ve Dayanışma Vakfı (ISVAK), Yay. No: 6, Ankara, 884s.
- Cai K, Jiang S, Renc C, He Y 2012. Significant

- Damage-rescuing Effects of Wood Vinegar Extract in Living *Caenorhabditis elegans* Under Oxidative Stres. *J Sci Food Agric*, 92: 29-36.
- Çolak F 2001. Kahramanmaraş Yöresinde Yaygın Olarak Kullanılan Bazı Pestisitlerin Toprak Mikroorganizmaları Üzerine Etkisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bil. Ens., Biyoloji ABD, Yüksek Lisans Tezi, 60s.
- Chalermisan Y, Peerapan S 2009. Wood vinegar: By-product from Rural Charcoal Kiln and Its Role in Plant Protection. *As. J. Food Ag-Ind.*, 189-195.
- Demirci A, Katırcıoğlu YZ, Demirci F 2002. Triazole Grubu Fungisitlerin Bazı Önemli Antagonist Funguslar ve Non-patojen *Fusarium oxysporum*'un İnvitroda Gelişmelerine Etkileri Üzerine Araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 42(1-4): 53-65.
- Dığrak M, Kaçar N, Sönmez A 1999. Pomarsol, Mitikol, Rubigan ve Platoon'un Toprak Mikroflorası Üzerine Etkileri. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 23(5): 1071-1077.
- Dığrak M, Özçelik S 2002. Parathion Metiyl ve Cypermetrin'in Toprak Mikroorganizmaları Üzerine Etkileri. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 11(44): 25-29.
- Erdoğan P, Toros S 2005. *Melia azaderach* L. (Meliaceae) Ekstraktlarının Patates Böceği [*Leptinotarsa decemlineata* Say (Col.:Chrysomelidae)] Larvalarının Gelişimi Üzerine Etkisi. *Bitki Koruma Bülteni*, 45(1-4): 99-118.
- Ekundayo EO 2003. Effect of Common Pesticides Used in the Niger Delta Basin of Southern Nigeria on Soil Microbial Populations. *Environmental Monitoring and Assessment*, 89(1): 35-41.
- Eric W, Chan C, Fong CH, Kang KX, Chong HH 2012. Potential Antibacterial Activity of Wood Vinegar from Matang mangroves, Malaysia. *ISME/GLOMIS Electronic Journal*, 10: 4.
- İbrahim D, Kassim J, Sheh-Hong L, Rusli W 2013. Efficacy of Pyroligneous Acid from *Rhizophora apiculata* on Pathogenic *Candida albicans*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 3(7): 7-13.
- Jackson ML 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 498p.
- Jothityangkoon D, Koolachart R, Wanapat S, Wongkaew S, Jogloy S 2008. Using Wood Vinegar in Enhancing Peanut Yield and in Controlling the Contamination of Aflatoxin Producing Fungus. *International Crop Science*, 4: 253-253.
- Karaboz İ, Meriçli-Yapıcı B 2008. *Azotobacter chroococcum* Strainlerinin Sulfonilüre ve Triazolopirimidin Sınıfı ALS-İnhibitörü Herbisitlere İnvitro Toleranslarının Belirlenmesi. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi*, 6(1): 22-26.
- Kacar B 2012. *Toprak Analizleri*. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, 484s.
- Karaarslan E 2000. Bazı Herbisitlerin Toprağın Mikrobiyal Nitrifikasyon ve Solunumu Üzerindeki Etkisi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 69s.
- Kim DH, Seo HE, Lee S, Lee K 2008. Effects of Wood Vinegar Mixed with Insecticides on the Mortalities of *Nilaparvata lugens* and *Laodelphax striatellus* (Homoptera: Delphacidae). *Animal Cells and Systems*, 12(1): 47-52.
- Koç İ, Yardım EN, Yıldız Ş 2017. Antifungal Effects of Wood Vinegar, Derived from Broiler Chicken Manure, on Microfungi Under Invitro Conditions. *YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(4): 516-520.
- Koç İ, Yardım EN 2018. Research on Determination of Effects on Arthropods Living in Cultivated Plant of Wood Vinegar and Pesticides on Wheat Agroecosystems. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1): 39-45.
- Koc I, Yardım EN, Akca MO, Namli A 2018a. Impact of Pesticides and Wood Vinegar, Used in Wheat Agro-ecosystems, on the Soil Enzyme Activities. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(4): 2442-2448.
- Koç İ, Yardım EN, Çelik A, Mendes M, Mirtağioğlu H, Namli A 2018b. Determination of Antifungal Effect of Wood Vinegar Obtained from Hazelnut Shells Against Mold Factors in In-vitro Conditions. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2): 296-300.
- Koç İ, Öğün E, Namli A, Mendes M, Kutlu E, Yardım EN 2019. The Effects of Wood Vinegar on Some Soil Microorganisms. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(2): 2437-2447.
- Koç İ 2019. Study of Some Biological Parameters of the Red Californian Earthworm *Eisenia foetida* (Savigny, 1826) in Vermicompost Following the Application of Wood Vinegar. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(2): 4527-4538.
- Küçük Ç, Kıvanç M, Kınacı E, Kınacı G 2009. *Trichoderma harzianum* İzolatlarının Şeker Pancarında Kullanılan Bazı Fungusitlere Duyarlılıklarının İn vitro'da Araştırılması. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi TR*, 7(2): 8-12.
- Mahmood I, Imadi SR, Shazadi K, Gul A, Hakeem KR 2016. Effects of Pesticides on Environment. In *Plant, Soil and Microbes Springer*, Cham. 253-269p.
- Mao Q, Zhao Z, Ma X, Li K 2010. Preparation, Toxicity and Components for Bitter Almond Shell Wood Vinegar. *Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery*, 41(2): 164-170.
- Mu J, Uehara T, Furuno T 2003. Effect of Bamboo Vinegar on Regulation of Germination and Radicle Growth of Seed Plants. *Journal of Wood Science*, 49(3): 262-270.
- Namli A, Akça MO, Turgay EB, Soba MR 2014. Odun Sirkesinin Tarımsal Kullanım Potansiyelinin Araştırılması. *Toprak Su Dergisi*, 3(1): 44-52.

- Nurhayati T, Roliadi H, Bermawie N 2005. Production of Mangium (*Acacia mangium*) Wood Vinegar and Its Utilization. *Journal of Forestry Research*, 2(1): 13-25.
- Oramahi HA, Yoshimura T 2013. Antifungal and Antitermitic Activities of Wood vVinegar from *Vitex pubescens* vahl. *Journal of Wood Science*, 59(4): 344-350.
- Rakmai J 2009. Chemical Determinations, Antimicrobial and Antioxidant Activities of Thai Wood Vinegars. Prience of Songkla University, Master Thesis, Thailand, 151p.
- Richards LA 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA Agriculture Handbook, No: 60, 160p.
- Sarkar K, Pramanik R, Joy VC 2000. Reproductive Toxicity of Pesticides on Soil Microarthropod Fauna as Ecotoxicological Tool. *Journal of Environmental Biology*, 21(3): 227-234.
- Saberi M, Askary H, Sarpeleh A, Hosseini A 2013. Wood Vinegar as a Biological Product for Managing *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum*. *Canadian Journal of Plant Protection (CJPP)*, 1, 4.
- Shi ZY 2003. The Effects of Wood Vinegar on Soil Microorganisms and Growth of Vegetable Seedlings. China Agricultural University (People's Republic of China), Master Thesis, China.
- Tiilikkala K, Fagernäs L, Tiilikkala J 2010. History and Use of Wood Pyrolysis Liquids as Biocide and Plant Protection Product. *The Open Agriculture Journal*, 4(1): 111-118.
- TUİK 2016. Türkiye istatistik kurumu. <http://www.tuik.gov.tr/ilGostergeleri/iller/MUS.pdf> (Erişim tarihi: 17.10.2016).
- Ubuoh EA, Akhionbare SMO, Akhionbare WN 2012. Effects of Pesticide Application on Soil Microbial Spectrum: Case Study-fecolart Demonstration Farm, Owerri-West, Imo State, Nigeria. *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering*, 3(2): 34-39.
- Uçan K, Dığrak M 2001. Kısıntılı Sulama Koşullarında Trifluralin'in Buğday Kök Bölgesinde Bulunan Mikroorganizmalar Üzerine Etkisi. *Fen ve Mühendislik Dergisi*, 4(1): 150-157.
- Quinn LP, Fernandes-Whaley M, Roos C, Bouwman H, Kylin H, Pieters R, Van Den Berg J 2011. Pesticides in the Modern World Pesticides Use and Management. (Pesticide Use in South Africa: One of the Largest Importers of Pesticides in Africa, Ed. Stoytcheva M) 49-96.
- Velmurugan N, Han SS, Lee YS 2009. Antifungal Activity of Neutralized Wood Vinegar with Water Extracts of *Pinus densiflora* and *Quercus serrata* saw dusts. *Int. J. Environ. Res.*, 3(2): 167-176.
- Winer BJ, Brown DR, Michels KM 1971. Statistical Principles in Experimental Design. Vol. 2. McGraw-Hill, New York, 1048p.
- Yarsan E, Çevik A 2007. Vektör Mücadelesinde Biyopestisitler. *Türk Hijyen Ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 64(1): 61-70.
- Yardim EN 1996. The Impacts of Chemical Management of Pests, Diseases and Weeds on Invertebrates in Tomato Agroecosystems. The Ohio State University, Thesis, USA, 175p.
- Yardim EN, Edwards CA 1998. The Effects of Chemical Pest, Disease and Weed Management Practices on the Trophic Structure of Nematode populations in tomato agroecosystems. *Applied Soil Ecology*, 7(2): 137-147.
- Yatagai M, Nishimoto M, Hori K, Ohira T, Shibata A 2002. Termiticidal Activity of Wood Vinegar, Its Components and Their Homologues. *Journal of Wood Science*, 48(4): 338-342.
- Yıldız Ş 2007. Şanlıurfa İli Nematod Faunası ve Biyoçeşitliliği Üzerine Araştırmalar. Çukurova Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Bitki Koruma ABD, Doktora Tezi, 112s.
- Yıldız Ş, Koç İ, Yardım EN 2017. Muş İlindeki Bazı Meraların Nematod Fauna Yapısının İncelenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(2): 197-203.

Amanos Dağları'ndan Oppioid Oribatid Akarların (Acari, Oribatida, Oppioidea) Yeni Lokalite Kayıtları

Yasemin AY¹ , Nusret AYYILDIZ² 

¹Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 38039, Melikgazi KAYSERİ, ²Erciyes Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 38039, Melikgazi KAYSERİ

¹<https://orcid.org/0000-0002-1148-7630>, ²<https://orcid.org/0000-0002-5602-1033>

✉: nayildiz@erciyes.edu.tr

ÖZET

Oribatid akarlar; vücut büyüklükleri tipik olarak 300-700 µm arasında değişmekle birlikte kitlesel olarak 150-2000 µm aralığında olabilen, genellikle toprağın organik tabakasında yaşamlarını sürdüren eklembacıklardır. Bu çalışmada 2012, 2016 ve 2017 yıllarında Amanos Dağları'ndan toplanan oppioid oribatid akarlar incelendi. Araştırma alanından toplanan materyalden akarların özütlenmesi, tespiti, muhafazası ve preparasyonu için standart yöntemler kullanıldı. Oppioid oribatid akarların tanısı; stereo, ışık ve tarama elektron mikroskobu incelemeleri ve literatür esas alınarak yapıldı. Sonuç olarak; Oppiidae Selnick, 1937 ve Epimerellidae Ayyıldız ve Luxton, 1989 familyalarına ait olan ve daha önce Türkiye'de kaydedilen fakat araştırma alanından ilk defa tespit edilen 7 takson belirlendi. Bunlar *Oppia nitens* Koch, 1836, *Ramusella (Insculptoppia) insculpta* (Paoli, 1908), *Microppia minus longisetosa* Subías ve Rodríguez, 1988, *Berniniella serratirostris hauseri* (Mahunka, 1974), *Lauroppia fallax* (Paoli, 1908), *Oppiella (O.) nova nova* (Oudemans, 1902) ve *Epimerella marasensis* Toluk ve Ayyıldız, 2013'tür. Sonuç olarak; örneklerimize dayanarak yapısal özellikleri verilen oppioid oribatid akarlar taksonomik bakımdan değerlendirildi.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 21.03.2019

Kabul Tarihi : 16.05.2019

Anahtar Kelimeler

Oribatid akarlar

Oppioidea

Taksonomi

Amanos Dağları

Türkiye

New Locality Records of Oppioid Oribatid Mites (Acari, Oribatida, Oppioidea) from the Amanos Mountains (Turkey)

ABSTRACT

Oribatid mites; body sizes are typically between 300- 700 µm which can be in the range of 150-2000 µm and usually arthropods, that live in the organic layer of the soil. In this study, oppioid oribatid mites collected from Amanos Mountains in 2012, 2016 and 2017 were examined. Standard methods were used for extraction, detection, preservation and preparation of mites from the material collected from study area. The identification of oppioid oribatid mites was made based on stereo, light and scanning electron microscopy studies and literature. Albeit previously recorded from Turkey, seven taxa belonging to the families Oppiidae Selnick, 1937 and Epimerellidae Ayyıldız and Luxton, 1989 were identified for the first time from the research area. These were *Oppia nitens* Koch, 1836, *Ramusella (Insculptoppia) insculpta* (Paoli, 1908), *Microppia minus longisetosa* Subías and Rodríguez, 1988, *Berniniella serratirostris hauseri* (Mahunka, 1974), *Lauroppia fallax* (Paoli, 1908), *Oppiella (O.) nova nova* (Oudemans, 1902) and *Epimerella marasensis* Toluk and Ayyıldız, 2013. As a result; based on our samples, oppioid oribatid mites which were given their structural characteristics were evaluated taxonomically and faunistically.

Research Article

Article History

Received : 21.03.2019

Accepted : 16.05.2019

Keywords

Oribatid mites

Oppioidea

Taxonomy

Amanos Mountains

Turkey

GİRİŞ

Biyolojik çeşitlilik bakımından örümceğimsiler (Arachnida) sınıfının en zengin gruplarından birini oluşturan akarların, şimdiye kadar tanımlanmış tür sayısının yaklaşık 45 000 civarında olduğu ve bu sayının yaşayan türlerin %5'ine karşılık geldiği tahmin edilmektedir (Walter ve ark., 1996). Genellikle toprak ve döküntüde yaşayan oribatid akarlar yaklaşık 11 000 bilinen tür ve alt türle eklembacaklıların en zengin grubunu oluşturmaktadır (Baran ve ark., 2018; Erman ve ark., 2007; Özkan ve ark., 1988, 1994). Oribatid akarlar içerisinde oppioidler 1 262 civarında türü ile en büyük gruptur (Subías, 2004). Türkiye'de şimdiye kadar kaydedilen Oppioidea Grandjean, 1951 üst familyasına ait tür ve alt türlerin sayısı 80'dir (Baran ve ark., 2018; Erman ve ark., 2007; Özkan ve ark., 1988, 1994). Kozmopolit yayılış gösteren Oppiidae familyasına ait bu sayı bilinen türlerle karşılaştırıldığında oldukça azdır. Ayrıca, Türkiye'de Granuloppiidae gibi Palearktık bölgede yayılış gösteren familyadan şimdiye kadar bir kayıt da tespit edilememiştir.

Daha önce, Amanos Dağları ve çevresinden bir bilimsel seyahat esnasında toplanan örneklerden oribatid akarlar tanımlanmıştır (Niedbala 1981, 1984, 1992). Bu akarlar Phthiracaridae familyasına aittir. Daha sonra, Ay ve Ayyıldız (2017), Amanos Dağları'nın güneybatı bölgesinde yaşayan oribatulid akarları taksonomik bakımdan değerlendirmiş ve bunun sonucunda Oribatulidae Thor, 1929 familyasına ait toplam 7 takson tespit etmiştir. Bunlar; *Oribatula (Oribatula) tibialis amblyptera* Berlese, 1916, *Oribatula (Oribatula) interrupta interrupta* (Willmann, 1939), *Oribatula (Zygoribatula) exarata* Berlese, 1916, *Oribatula (Zygoribatula) excavata* Berlese, 1916, *Oribatula (Zygoribatula) propinqua* (Oudemans, 1900), *Oribatula (Zygoribatula) longisensilla* (Djaparidze, 1985) ve *Oribatula (Zygoribatula) undulata* Berlese, 1916'dan ibarettir. Ayrıca bu bölgede, Aktaş (2015) tarafından yapılan yüksek lisans tez çalışmasında *Microtritia minima* (Berlese, 1904) ve *Acrotritia ardua ardua* (Koch, 1841) taksonları kaydedilmiştir. Bu bölgede çalışma konusunu oluşturan oppioid akarlar üzerine, daha önce bu çalışmanın verilerini de içeren bir doktora çalışması gerçekleştirilmiştir (Ay, 2018). Bu çalışmada Amanos Dağları'nın oribatid akar faunasının ortaya çıkarılmasına katkı sağlanması amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Amanos Dağları'ndan 2012, 2016 ve 2017 yıllarında toplam 414 örnekleme yapıldı ve bu esnada toplanan toprak, döküntü, yosun ve liken gibi materyallerden akarlar, Berlese-Tullgren huni düzeneğinde 5-7 gün süreyle özütleme işlemine tabi tutuldu. Özütleme akarlar stereo mikroskop kullanılarak seçildi ve akar

koleksiyonunda muhafaza altına alındı. Akarların incelenmesinde ışık ve tarama elektron mikroskopları kullanıldı. Örneklerin mikroskopik incelemesi çukur lamda geçici olarak hazırlanmış laktik asitli ortamlarda yapıldı. Teşhis işlemlerinde ve terminolojide çeşitli temel ve güncel kaynakların yanı sıra koleksiyonumuzda mevcut materyaller de karşılaştırma amaçlı kullanıldı (Balogh, 1983; Miko, 2006; Woas, 1986). Örneklerin toplandığı yerlerin listesi aşağıda verildiği şekildedir. İncelenen materyal kısmında sadece lokalite numaraları ve birey sayıları verildi.

Lokalitelerin listesi

- 1) Hatay: İskenderun, Üçgüllük, 36° 26. 056'K, 035° 59. 582D', 44 m, muz (*Musa* sp.) serasından üzeri yosunlu toprak, 10.I.2012.
- 2) Hatay: İskenderun, Kurtbağı köyü, 36° 24.284'K, 036° 01.956'D, 564 m, karışık orman altı döküntü, yosun ve toprak, 10.I.2012.
- 3) Hatay: İskenderun, Üçgüllük, 36° 25.887'K, 035° 59.900'D, 73 m, muz serası içinden üzeri kahverengi yosunlu toprak, 01.II.2012.
- 4) Hatay: İskenderun, Kurtbağı Köyü, 36° 24.345'K, 036° 01.756'D, 657 m, kayısı ağacı (*Prunus* sp.), incir ağacı (*Ficus carica*), zeytin ağacı (*Olea* sp.) ve karışık orman altı döküntü, yosun ve toprak, 01.II.2012.
- 5) Hatay: İskenderun, Üçgüllük, 36° 25.532'K, 036° 00.001'D, 215 m, karışık orman altı döküntü, yosun ve toprak, 01.II.2012.
- 6) Hatay: İskenderun, Atık köyü, 36° 31.210'K, 036° 14.560'D, 1328 m, sedir ağacı (*Cedrus* sp.) altından döküntü ve toprak, 11.IV.2012.
- 7) Hatay: İskenderun, Kurtlusarımazı köyü yolu, 36° 31.300'K, 036° 15.050'D, 1366 m, karışık orman altı döküntü, yosun ve toprak, 11.IV.2012.
- 8) Hatay: İskenderun, Kurtbağı köyü, 36° 00.426'K, 036° 24.123'D, 478 m, karışık orman altı döküntü, yosun ve toprak, 11.IV.2012.
- 9) Hatay: İskenderun, Bey köyü, 36° 24.028'K, 036° 00.138'D, 455 m, karışık orman altı döküntü, yosun ve toprak, 11.IV.2012.
- 10) Hatay: İskenderun, Kurtbağı köyü, 36° 24.005'K, 036° 00.315'D, 470 m, karışık orman altı döküntü, yosun ve toprak, 11.IV.2012.
- 11) Hatay: İskenderun, Karagöz köyü yolu, 36° 22.667'K, 035° 57.649'D, 406 m, karışık orman altı döküntü, yosun ve toprak, 28.VIII.2012.
- 12) Hatay: İskenderun, Kurtbağı köyü, 36° 24.109'K, 036° 02.469'D, 539 m, çalı ve karışık orman altı döküntü, yosun ve toprak, 24.XI.2012.
- 13) Hatay: İskenderun, Derekuyu, 36° 25.445'K, 036° 02.594'D, 439 m, karışık orman altı döküntü, yosun ve toprak, 24.X.2016.

14) Hatay: İskenderun, Işıklı, 36° 19.691'K, 035° 48.580'D, 20 m, karışık orman altı döküntü, yosun ve toprak, 19.XII.2016.

15) Hatay: İskenderun, Hacı Ahmetli köyü, 36° 22.610'K, 035° 56.680'D, 192 m, karışık orman altı döküntü, yosun ve toprak, 25.I.2017.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada daha önce Türkiye'de bilinen ancak Amanos Dağları için yeni kayıt olan 7 oppiooid oribatid akar taksonu belirlenmiştir. Bunların yapısal özellikleri ve taksonomik durumları, örneklerimizle birlikte daha önce verilen örnekler dikkate alınarak tartışılıp değerlendirilmiştir.

Üst Familya: Oppioidea Grandjean, 1951

Familya: Oppiidae Sellnick, 1937

Cins: *Oppia* Koch, 1836

Tür: *Oppia nitens* Koch, 1836

Vücut ölçümleri: Vücut uzunluğu 516 (480-560) µm, genişliği ise 277 (260-310) µm'dir (n=10).

Teşhis (Şekil 1): Rostrum, tam ve yuvarlak olup burun şeklinde çıkıntılıdır. Bütün prodorsum kılları kaideden uca kadar silli yapıda, uzunlukları ise $ro=60$ µm, $le=100$ µm, $in=68$ µm ve $ex=55$ µm kadardır. Lamella kılları, rostrum kıllarına interlamella kıllarına göre daha yakın konumda yerleşmiştir. Sensillus içi şeklinde, 30 µm uzunluğunda ve iki taraflı sillidir. Botridiyum 45° açı yapacak şekilde dışarı doğru yönelmiştir. Ekzobotridiyal ve podozomal bölge tümsecikli bir desene sahiptir. Notogastral krista yoktur. Notogaster 10 çift kıl taşır. ta kılı düz ve zayıf, diğer notogaster kılları sillidir. Notogasterin te , ti , ms , r_{1-3} kılları diğer notogaster kıllarından daha uzundur. Subkapitulum iki eklemlidir. h , m ve a kılları silli yapıda, m kılı diğer kıllardan daha uzundur. Epimer bölgesinde kılların dağılımı 3-1-3-3 şeklinde olup $3c$, $4b$ ve $4c$ kılları diğer epimer kıllarının yaklaşık 3-4 katı kadar uzunluktadır. Apodemata sejugalıs girintili yapıdadır. Genital plak, benzer yapıda 5 çift kıl taşır. Anal plak, silli yapıda 2 çift kıl taşır. iad lirifissürü paraanal konumdadır. Adanal kıllar silli yapıda olup ad_1 kılı postanal, ad_3 kılı ise adanal konumdadır. Bacaklar bir tırnaklıdır.

Holoarktik bölgede dağılım gösteren bu tür Türkiye'de daha önce Erzurum ilinden ve Yozgat Çamlığı Milli Parkı'ndan kaydedilmiştir (Baran ve Ayyıldız, 2004; Subías, 2004; Toluk, 2008). Bu tür *Oppia denticulata* (G. & R. Canestrini, 1882) ile benzerlik gösterir. Ancak interlamella kıllarının lamella kıllarından daha kısa (*O. denticulata*'da interlamella kılları lamella kıllarından daha uzundur), sensillusun uçta lanset şeklinde (*O. denticulata*'da sert kıl şeklinde, çomak, baş kısmı dar ve kısa dikenli), notogaster kıllarının 75-110 µm uzunluğunda (*O. denticulata*'da notogaster kıllarının uzunluğu 140-150 µm), vücut uzunluğunun

470-540 µm olması (*O. denticulata*'da vücut uzunluğu 610-700 µm) gibi özellikleriyle ayırt edilir (Baran ve Ayyıldız, 2004; Miko, 2006; Seniczak ve ark., 2014; Subías ve Arillo, 2001). Bu özelliklere göre Toluk (2008)'in verdiği *Oppia denticulata* (G. & R. Canestrini, 1882) örneği *Oppia nitens* Koch, 1836 örneğinin özelliklerini taşımaktadır. Vücut büyüklüğünü Subías ve Arillo (2001) 430-510 x 245-320 µm, Baran ve Ayyıldız (2004) 509 (467-533) x 284 (260-320) µm, Toluk (2008) 470 x 275 µm olarak vermiştir. Örneklerde vücut büyüklüğü 516 (480-560) x 277 (260-310) µm olarak ölçülmüş olup değerlerin daha önce verilen ölçümler arasında olduğu görülmüştür.

İncelenen Materyal: 2: 3 ergin, 4: 4 ergin, 8: 1 ergin, 9: 2 ergin, 10: 3 ergin, 11: 1 ergin, 12: 10 ergin (3'ü SEM için kullanıldı), 13: 5 ergin, 14: 41 ergin, 15: 30 ergin (6'sı SEM için kullanıldı).

Cins: *Ramusella* Hammer, 1962

Alt cins: *Ramusella (Insculptoppia)* Subías, 1980

Tür: *Ramusella (Insculptoppia) insculpta* (Paoli, 1908)

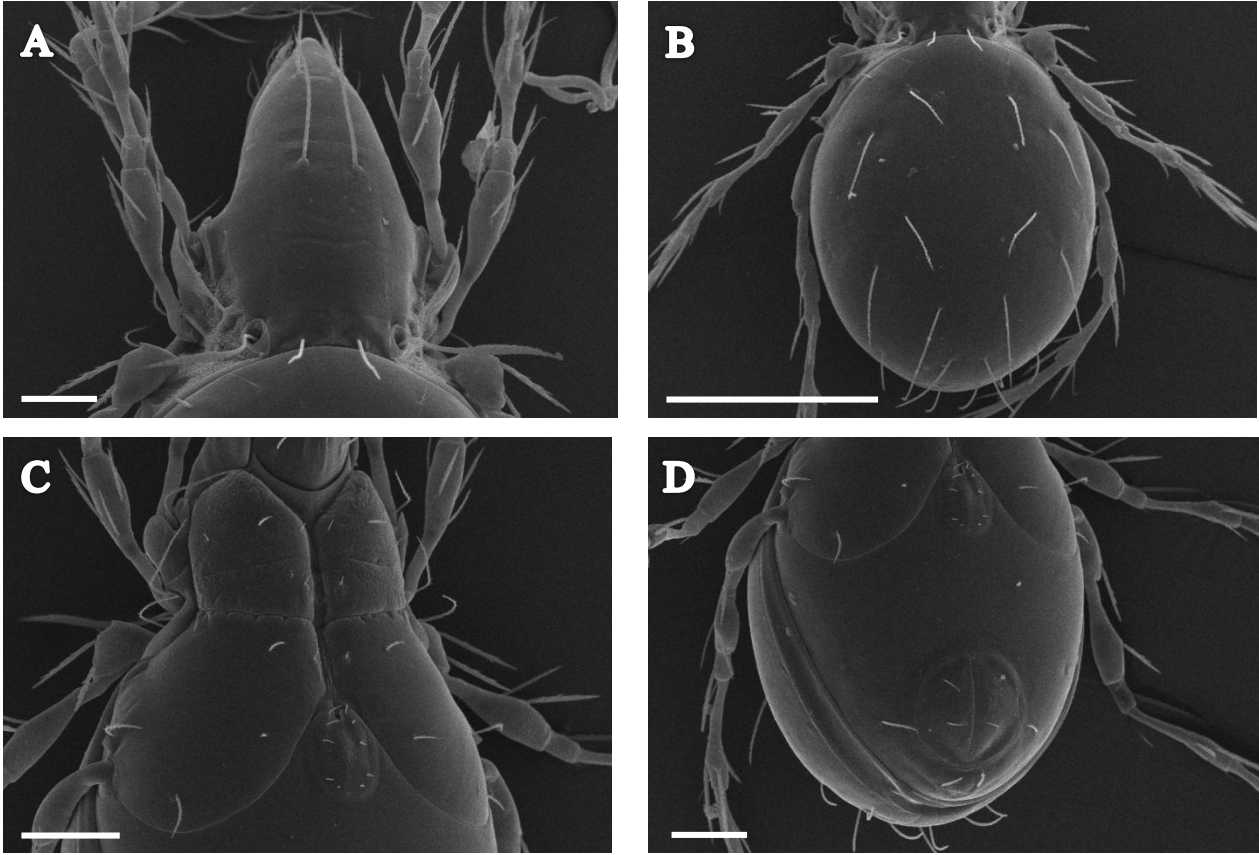
Vücut ölçümleri: Vücut uzunluğu 306 (280-330) µm, genişliği ise 156 (140-180) µm'dir (n=18).

Teşhis (Şekil 2): Rostrum, tam ve yuvarlak yapıdadır. Rostrum kılları 35 µm uzunluğunda, yay şeklinde olup, kaideden ortasına kadar dikenli, geriye kalan kısmı düzdür. Lamella ve interlamella kılları dikenli yapıda olup uzunlukları $le=15$ µm, $in=21$ µm'dir. Lamella kılları, rostrum kıllarına interlamella kıllarına göre daha yakın konumda yerleşmiştir. Lamellar çizgiler ve translamella mevcuttur. Sensillus 41 µm uzunluğunda, taraksı şekilde 8-9 civarında dişe sahip olup ortadaki 3-4 dişin uzunluğu sensillus kadar uzunluktadır. Ekzobotridiyal kıl 15 µm uzunluğunda dikenlidir. Ekzobotridiyal ve podozomal bölge tümsecikli bir desene sahiptir. Notogastral krista yoktur. Notogaster 9 çift kıl taşır. ta kılı mevcut değildir. Tüm notogaster kılları hemen hemen aynı uzunlukta olup düz yapıya sahiptir. Notogasterin ti , ms , r_2 ve r_1 kılları aşağı yukarı boylu boyunca aynı hizada konumlanmıştır. Subkapitulum iki eklemlidir. h , m , a kılları seyrek dikenli yapıda olup, m ve a kılları h kılından daha uzundur. Epimer bölgesinde kılların dağılımı 3-1-3-3 şeklindedir. Epimer bölgesindeki kılların tümü düz yapılı, hemen hemen aynı uzunluktadır. $1a-c$ kılları aşağı yukarı aynı hizada konumlanmıştır. Apodemata sejugalıs testere dişli yapıya sahiptir. III+IV. epimerler arasında ters konumda yerleşmiş Erlenmeyer şişesine benzer bir boşluk vardır. Genital plak, benzer yapıda 5 çift kıl taşır. Anal plak, düz yapıda 2 çift kıl taşır. iad lirifissürü paraanal konumdadır. Adanal kıllar düz yapıda olup ad_1 kılı postanal, ad_3 kılı ise preanal konumdadır. Bacaklar bir tırnaklıdır.

Daha önce Türkiye'de verilen bu tür batı Palearktik bölgede dağılım gösterir (Ayyıldız, 1989; Çobanoğlu ve

Bayram, 1998; Subías, 2004; Toluk ve Ayyıldız, 2008b). Rostrum kıllarının yay şeklinde uzanması, sensillusun şekli, lamellar ve translamellar çizginin mevcudiyeti ile tanınır. Daha önceki çalışmalara göre bu türün vücut büyüklüğü 215-310 x 115-165 µm arasında

değişmektedir (Subías ve Arillo, 2001). Örneklerde vücut büyüklüğü 306 (280-330) x 156 (140-180) µm olarak ölçülmüş olup daha önce verilen değerler arasında olduğu gözlenmiştir.



Şekil 1. *Oppia nitens* Koch, 1836: A) Prodorsum, B) Notogaster, C) Epimer bölgesi, D) Anogenital bölge (Ölçekler: A için 20 µm, B için 100 µm, diğerleri için 30 µm).

İncelenen Materyal: 2: 64 ergin, 3: 3 ergin, 4: 40 ergin, 5: 4 ergin, 6: 170 ergin, 7: 90 ergin, 8: 15 ergin, 9: 8 ergin, 10: 21 ergin, 12: 264 ergin, 13: 107 ergin (4'ü SEM için kullanıldı), 14: 910 ergin (4'ü SEM için kullanıldı), 15: 1269 ergin (8'i SEM için kullanıldı).

Cins: *Micropopia* Balogh, 1983

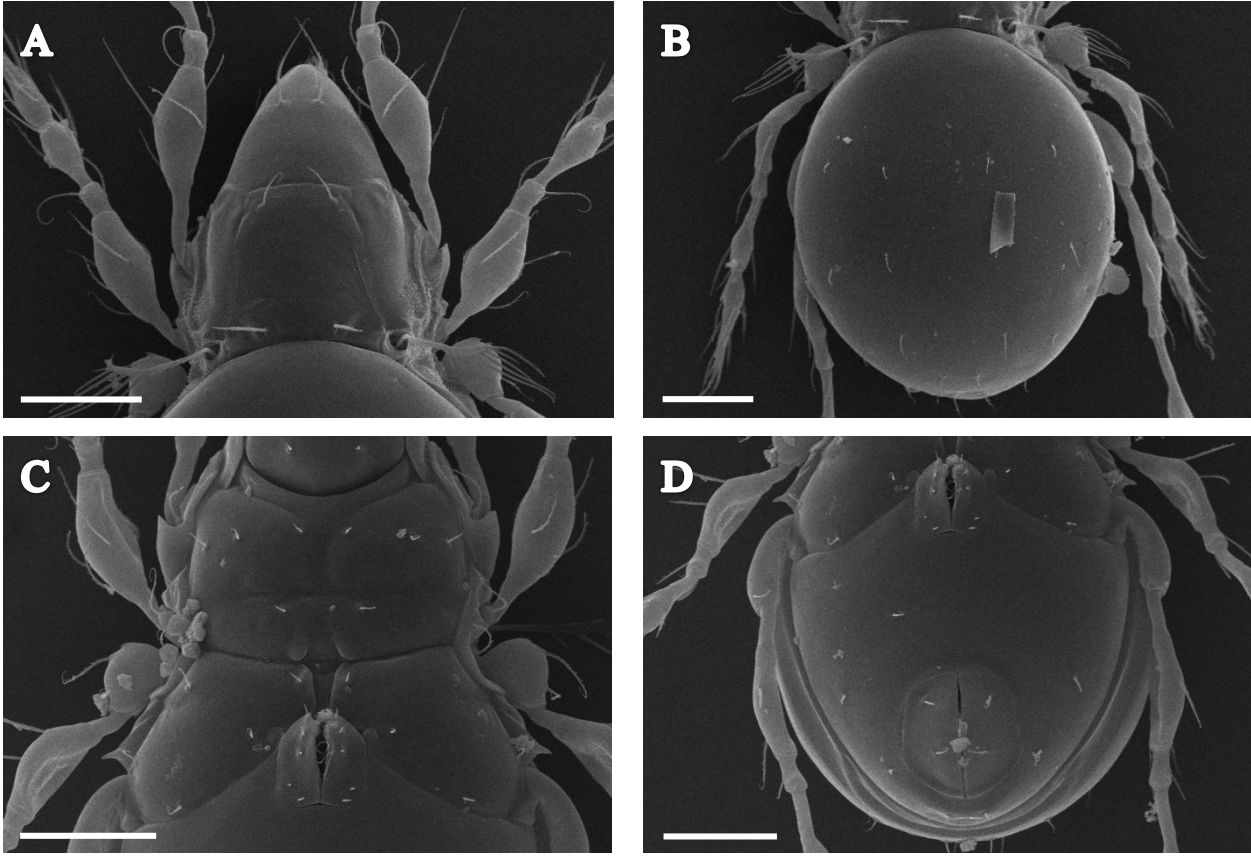
Alt tür: *Micropopia minus longisetosa* Subías ve Rodríguez, 1988

Vücut ölçümleri: Vücut uzunluğu 168 (150-185) µm, genişliği ise 65 (60-73) µm'dir (n=12).

Teşhis (Şekil 3): Rostrum, tam ve yuvarlaktır. Rostrum kılları seyrek silli, 20 µm uzunluğundadır. Lamella ve interlamella kılları düz, uç kısmı kıvrılmış ve uzunlukları 8 µm'dir. Lamella kılları, interlamella ve rostrum kıllarına eşit uzaklıktadır. Notogasterin ön kenarında, dorsosejugal süturdan prodorsumun kaidesine doğru uzanan bir çift sertleşmiş apofiz mevcuttur. Bu apofizler arası mesafe 10 µm kadardır. Sensillus 9 µm kadar uzunluğunda, küresimsi ve üzeri seyrek dikenli bir başa sahiptir. Ekzobotridiyal kıllar, seyrek silli, lamella ve interlamella kıllarına benzer

şekilde uçta kıvrılmış, 7 µm uzunluğundadır. Notogaster ön kısma doğru daralmakta ve yüzeyi sığ çukurluklu desene sahiptir. Notogastral krista yoktur. Notogaster 10 çift, düz yapılı, uzun kıl taşır. Tüm notogaster kılları yaklaşık olarak aynı uzunluktadır. *ta* kılı 18 µm uzunluğunda olup diğer notogaster kıllarıyla benzer özellik gösterir. Notogasterin *te* ve *ti* kılları aynı hizada konumlanmıştır. Subkapitulum iki eklemlidir. *h*, *m*, *a* kılları seyrek silli yapıda olup *a* kılı diğer kıllardan daha uzundur. Epimer bölgesinde kılların dağılımı 3-1-3-3 şeklindedir. Tüm epimer kılları düz yapılı ve hemen hemen aynı uzunluktadır. Genital plak benzer yapıda 4 çift kıl taşır. Anal plak, düz yapıda 2 çift kıl taşır. *iad* lirifissürü paraanal konumdadır. Adanal kıllar düz yapıda olup *ad₁* kılı postanal, *ad₂* kılı ise preanal konumdadır. Bacaklar bir tırnaklıdır.

Türkiye'de bu alt tür daha önce Erzurum ilinden kaydedilmiştir (Baran, 2003). Dünyada Palearktik bölgede (İspanya, İtalya, Türkiye) ve Arjantin'de dağılışı göstermektedir (Baran, 2003; Migliorini, 2009; Subías ve Arillo, 2001; Subías ve Rodríguez, 1988)



Şekil 2. *Ramusella (Insculptoppia) insculpta* (Paoli, 1908): A) Prodorsum, B) Notogaster, C) Epimer bölgesi, D) Anogenital bölge (Ölçekler: 20 µm).

Bu alttür genel olarak *M. minus minus* (Paoli, 1908)'e benzerlik göstermektedir, ancak notogaster kıllarının daha uzun olmasıyla (18-20 µm) (*M. minus minus* (Paoli, 1908)'de 7 µm kadar) ayırt edilir (Baran, 2003; Subías ve Arillo, 2001; Subías ve Rodríguez, 1988). Ayrıca Subías ve Rodríguez (1988) tarafından verilen örnekte notogaster yüzeyi sığ çukurluklu olarak verilmiştir. Migliorini (2009), İtalya için ilk kayıt verdiğinde bu alt türün dağılım ayrıntılarının az bilindiğini, sensillusun büyüklük ve şeklinin önceki tanımlamalarda hatalar içerdiğini ve örneğinin, orijinal tanım ve Subías ve Arillo (2001) tarafından verilenlerle uyum içerisinde olduğunu ifade etmiştir. Vücut büyüklüğü tip örneğinde 170-177 x 78-83 µm (minimum 160 x 76 ve maksimum 180 x 87 µm) olarak verilmiştir (Subías ve Rodríguez, 1988). Vücut büyüklüğünü Subías ve Arillo (2001) 160-194 x 75-94 µm, Baran (2003) ise 183 (173-200) x 79 (77-83) µm olarak vermiştir. Örneklerde vücut büyüklüğü 168 (150-185) x 65 (60-73) µm olarak tespit edilmiş ve bilinen ölçümlerdeki alt sınırlara yakın olduğu anlaşılmaktadır. Subías ve Arillo (2001) notogaster kıllarının uzunluğunu 20 µm, Baran (2003) ise 12 µm olarak bildirmiştir. Örneklerde bu uzunluk 18 µm olarak ölçülmüştür. İncelenen örnekler, morfolojik özellikleri bakımından orijinal tanımla ve diğer araştırmacıların verdikleri tanımlarla uyum içerisinde (Baran, 2003; Subías ve Arillo, 2001;

Subías ve Rodríguez, 1988).

İncelenen Materyal: 2: 2 ergin, 4: 64 ergin, 7: 9 ergin, 8: 8 ergin, 9: 5 ergin, 10: 12 ergin, 12: 4 ergin, 13: 111 ergin, 14: 877 ergin, 15: 2710 ergin (5'i SEM için kullanıldı).

Cins: *Berniniella* Balogh, 1983

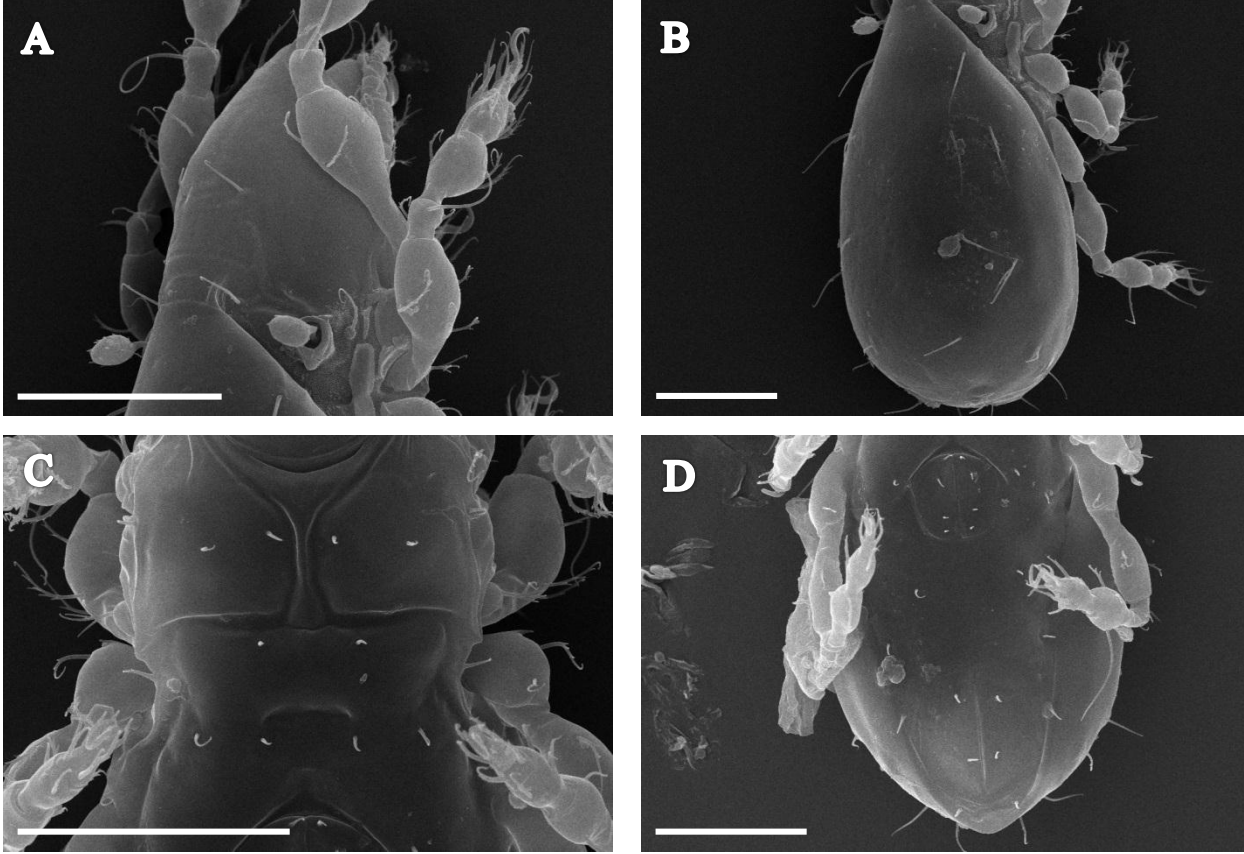
Alt tür: *Berniniella serratiostris hauseri* (Mahunka, 1974)

Vücut ölçümleri: Vücut uzunluğu 229 (220-250) µm, genişliği ise 104 (100-110) µm'dir (n=10).

Teşhis (Şekil 4): Rostrum, üç dişçikli olup ortadaki dişçik üç çıkıntılı bir yapıya sahiptir. Rostrum kılları seyrek silli, uç kısmı kıvrılmış ve 8 µm uzunluğundadır. Lamella, interlamella ve ekzobotridiyal kılları düz, uçta kıvrılmış ve uzunlukları *le* = 5 µm, *in* = 6 µm, *ex* = 23 µm'dir. Lamella kılları, interlamella kıllarına rostrum kıllarına göre daha yakın konumdadır. Sensillus 25 µm uzunluğunda, ışınsal ve baş kısmı 5 adet uzun sil taşır. Lamellar kostula mevcut olup kaidesi botridiyumun üst kısmından başlayıp, lamella kıllarının kaidesinde S şeklinde sonlanır. İnterbotridiyal sklerit mevcut olup kostula ile bağlantılıdır. Ekzobotridiyal ve podozomal bölge tümsecikli bir desene sahiptir. Çizgisel notogastral krista mevcuttur. Notogaster düz yapıda 10 çift kıl

taşır. *ta* kılı mevcuttur. Notogasterin *te* ve *ti* kılı aynı hizada konumlanmıştır. Subkapitulum iki eklemlidir. *h*, *m* ve *a* kılı düz yapıda ve yaklaşık olarak aynı uzunluktadır. Epimer bölgesinde kılıların dağılımı 3-1-3-3 şeklindedir. Epimer kılı düz ve

kısadır. Genital plak düz yapılı 4 çift kıl taşır. Anal plak, benzer yapıda 2 çift kıl taşır. *iad* lirifissürü paraanal konumdadır. Adanal kıl düz yapılı olup *ad₁* kılı postanal, *ad₃* kılı ise preanal konumdadır. Bacaklar bir tırnaklıdır.



Şekil 3. *Micropippia minus longisetosa* Subías ve Rodríguez, 1988: A) Prodorsum, B) Notogaster, C) Epimer bölgesi, D) Anogenital bölge (Ölçekler: 10 µm).

Daha önce Türkiye’de kaydedilen bu alttür (Toluk ve Ayyıldız, 2008a, Toluk ve Ayyıldız, 2009), tip yeri olan Yunanistan’dan *Oppia hauseri* olarak Mahunka (1974) tarafından tanımlanmıştır. Palearktik bölgede dağılışı gösterir (Subías, 2004). Balogh (1983), *Berniniella* cinsini tanımlarken bu alttürü bu cins içerisine taşımıştır. Daha sonra Woas (1986) bu alttürü *Oppiella* cinsine taşımıştır. Son olarak, Subías (2004), *B. serratiostris hauseri* (Mahunka, 1974)’ü *Berniniella serratiostris* (Golosova, 1970) türü altında alttür olarak vermiştir. Bu alttür; rostrumun 3 dişçikli, sensillusun ışınal yapıda ve baş kısmının 4-6 adet sil taşımasıyla ayırt edilir (Mahunka, 1974; Subías ve Arillo, 2001; Toluk ve Ayyıldız, 2008a). Bu özellikler bakımından örneklerin daha önce diğer araştırmacılar tarafından verilen örneklerle uyum içerisindedir. Vücut büyüklüğünü Subías ve Arillo (2001) 195-285 µm x 95-160 µm, Mahunka (1974) 235-270 x 110-124 µm, Toluk (2008) 242 x 110 µm olarak vermiştir. Bu çalışmadaki örnekler ise 229 (220-250) x 104 (100-110) µm olarak ölçülmüş olup daha önceki araştırmacılar tarafından verilen ölçümlerle uyum

çerisindedir (Mahunka, 1974; Subías ve Arillo, 2001; Toluk, 2008).

İncelenen Materyal: 2: 223 ergin, 3: 3 ergin, 4: 542 ergin, 5: 1 ergin, 6: 35 ergin, 7: 55 ergin, 8: 90 ergin, 9: 28 ergin, 10: 94 ergin, 11: 1 ergin, 12: 623 ergin, 13: 183 ergin, 14: 329 ergin, 15: 773 ergin (4’ü SEM için kullanıldı).

Cins: *Lauropippia* Subías ve Mínguez, 1986

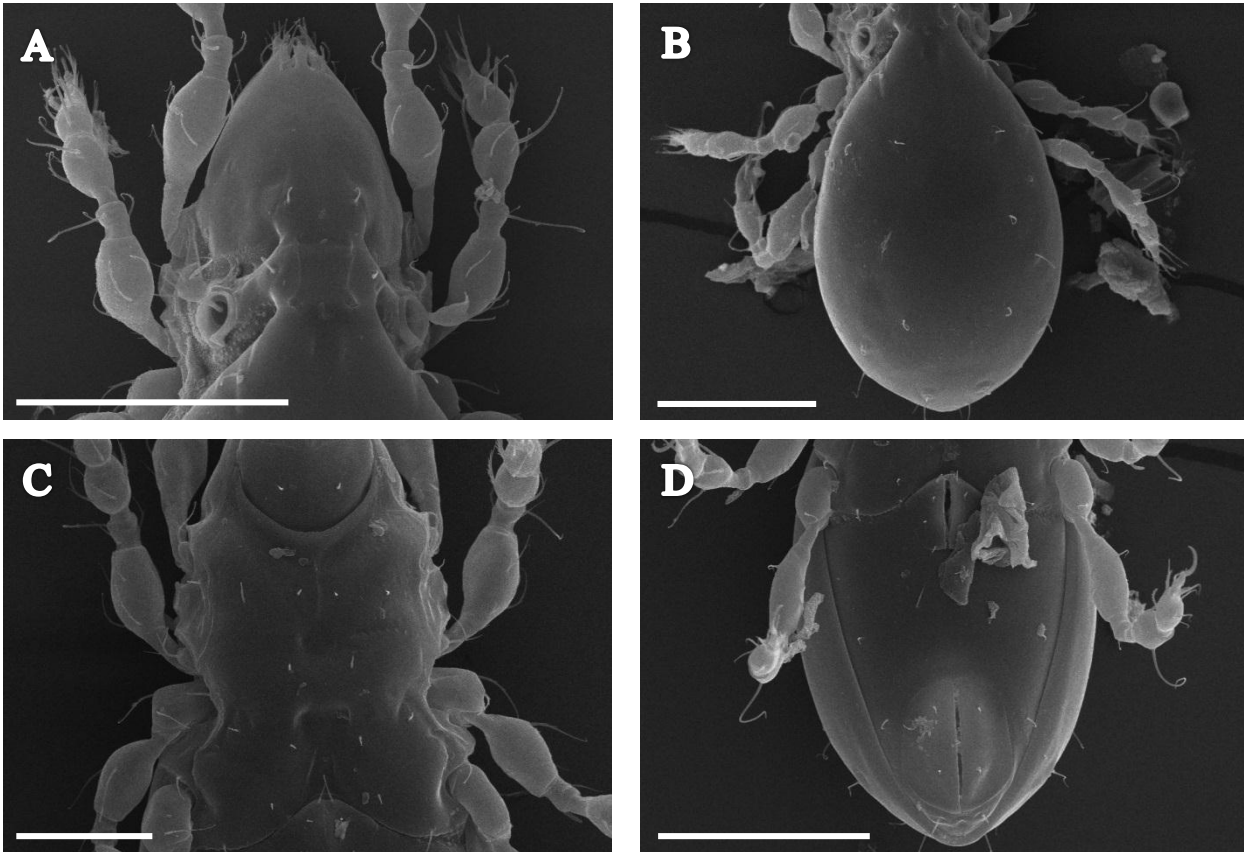
Tür: *Lauropippia fallax* (Paoli, 1908)

Vücut ölçümleri: Vücut uzunluğu 280 (270-290) µm, genişliği ise 148 (140-150) µm’dir (n=5).

Teşhis (Şekil 5): Rostrum, tam ve yuvarlak olup burun şeklinde çıkıntılıdır. Rostrum kılı yaklaşık olarak 14 µm uzunluğunda, sillidir. Lamella ve interlamella kılı düz yapılı ve uzunlukları *le*= 11 µm, *in*= 13 µm’dir. Interlamella kılı kovergent biçimde konumlanmıştır. Lamella kılı, interlamella kılına rostrum kılına göre daha yakın konumdadır. Sensillus 35 µm uzunluğunda, bir taraflı kısa silli, iğimsi bir şekle sahiptir. Botridiyum yukarıya doğru yönelmiştir. Ekzobotridiyal kıl, 23

μm uzunluğunda, düz yapılıdır. Prodorsum üzerinde kostulalar uzun, yay şeklinde olup botridiyumdan başlayıp, lamella kıllarının kaidesinin biraz gerisinde sonlanmaktadır. Notogasterin uç kısmıyla ve kostulalarla bağlantılı olan S şeklinde bir çift interbotridiyal sklerit mevcuttur. Notogastral krista vardır. Notogasterin uç kısmında humeral oluşum yoktur. Notogaster düz, ince yapılı 10 çift kıl taşır. *ta* kılı vardır. Subkapitulum iki eklemlidir. Subkapitulum kılları düz yapılı, *m* ve *a* kılları *h*

kılından daha uzundur. Epimer bölgesinde kılların dağılımı 3-1-3-3 şeklindedir. Epimer bölgesinin *4b* ve *4c* kılları diğer epimer kıllarından daha uzundur. Genital plak 6 çift kıl taşır. Genital plaktaki *g₁* kılı diğer genital kıllarından daha uzundur. Anal plak, uç kısmı kıvrılmış, düz yapıda 2 çift kıl taşır. *iad* lirifissürü paraanal konumdadır. Adanal kıllar düz, kısa yapılı olup *ad₁* kılı postanal, *ad₃* kılı ise preanal konumdadır. Bacaklar bir tırnaklıdır.



Şekil 4. *Berniniella serratiostris hauseri* (Mahunka, 1974): A) Prodorsum, B) Notogaster, C) Epimer bölgesi, D) Anogenital bölge (Ölçekler: C için 10 μm , diğerleri için 20 μm).

Yarı kozmopolit dağılışı gösteren bu tür Türkiye'de Ankara (Çamlıdere) ve Erzurum illerinden kaydedilmiştir (Baran, 2003; Çobanoğlu ve Bayram, 1998; Subías, 2004). Ekzobotridiyal kılların prodorsumun en uzun ve en güçlü kıllarından olması, sensillusun iğ şeklinde ve bir taraflı kısa silli olması, bir çift interbotridiyal skleritin bulunması bu türün ayırt edici özellikleri arasındadır (Baran, 2003). Bu çalışmadaki örnekler, bilinen bu özelliklerle tam bir uyum içerisindedir. Bu türe ait vücut ölçümleri; Baran (2003) 334 (307-360) μm x 173 (133-187) μm , Paoli (1908) 350-400 μm x 165-180 μm , Subías ve Arillo (1991) ise 300-349 μm x 161-202 μm olarak vermişlerdir. Örneklerde ise vücut büyüklüğü 297 (280-320) μm x 139 (130-150) μm olarak ölçülmüş olup verilerin bilinen ölçümlerin değişim aralığında olduğu anlaşılmaktadır.

İncelenen Materyal: 2: 3 ergin (SEM için kullanıldı), 12: 22 ergin, 15: 2 ergin.

Cins: *Oppiella* Jacot, 1937

Alt cins: *Oppiella (Oppiella)* Jacot, 1937

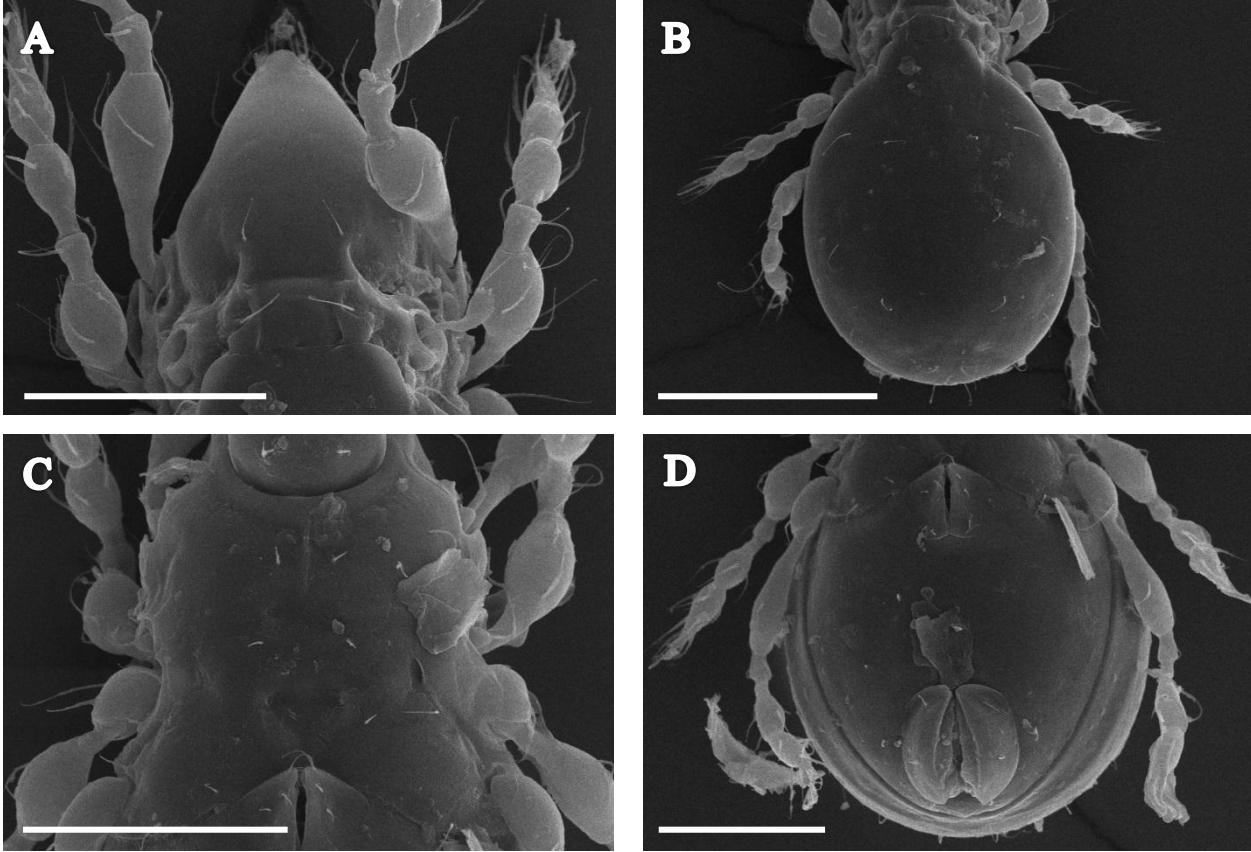
Alt tür: *Oppiella (O.) nova nova* (Oudemans, 1902)

Vücut ölçümleri: Vücut uzunluğu 256 (230-280) μm , genişliği ise 127 (110-140) μm 'dir (n=10).

Teşhis (Şekil 6): Rostrum, tam ve yuvarlaktır. Rostrum ve interlamella kılları seyrek silli, uçta kıvrılmış şekilde olup *ro*= 25 μm , *ir*= 10 μm uzunluğundadır. Lamella ve ekzobotridiyal kıllar düz yapılı, uç kısmı incelerek kıvrılmış ve uzunlukları *le*=12 μm , *ex*= 25 μm 'dir. Lamella kılları, interlamella kıllarına rostrum kıllarına göre daha yakın konumda yerleşmiştir. Sensillus 47 μm uzunluğunda, iğimsi ve bir taraflı 6-7 sillidir. Lamellar kostulalar mevcut olup

iyi gelişmiştir. İnterbotridiyal sklerit mevcut olup kostula ile bağlantılıdır. Ekzobotridiyal ve podozomal bölge tümsecikli bir desene sahiptir. Notogastral krista iyi gelişmiştir. Notogasterin uç kısmında bir çift humeral oluşum mevcuttur. Notogaster düz yapıda 10 çift kıl taşır. *ta* kılı iyi gelişmiştir. Notogasterin *tk* kılı, *te* kılının gerisinde olacak şekilde konumlanmıştır.

Subkapitulum iki eklemlidir. *m* ve *a* kılıarı *h* kılından daha uzundur. Epimer bölgesinde kılıların dağılımı 3-1-3-3 şeklindedir. Tüm epimer kılıarı düzdür. Genital plak düz yapılı 5 çift kıl taşır. Anal plak, benzer yapıda 2 çift kıl taşır. *iad* lirifissürü paraanal konumdadır. Adanal kılılar kısa olup *ad₁* kılı postanal, *ad₃* kılı ise preanal konumdadır. Bacaklar bir tırnaklıdır.



Şekil 5. *Lauroppia fallax* (Paoli, 1908): A) Prodorsum, B) Notogaster, C) Epimer bölgesi, D) Anogenital bölge (Ölçekler: 20 µm).

Kozmopolit dağılışa sahip olan bu alttür daha önce Türkiye'den kaydedilmiştir (Baran, 2003; Dik ve ark., 1999; Subías, 2004; Toluk ve Ayyıldız, 2008b). Rostrumun yuvarlak, sensillusun bir taraflı silli iğimsi yapıda olması ve kostulanın mevcudiyeti ile ayırt edilir (Baran, 2003; Toluk ve Ayyıldız, 2008b). Subías ve Rodríguez (1987) verdiği şekillerde bu alttürde rostrumun burun şeklinde küçük bir çıkıntıya sahip olduğunu göstermiştir ancak Örneklerde rostrum diğer araştırmacılar tarafından verildiği gibi yuvarlak şekildedir (Baran, 2003; Toluk ve Ayyıldız, 2008b). Vücut büyüklüğünü Toluk ve Ayyıldız (2008b) 270 (262-285) x 135 (125-150) µm, Baran (2003) 260 (233-293) x 135 (117-160) µm, Subías ve Arillo (1991) 235-297 x 126-170 µm, Subías ve Rodríguez (1987) 270-274 x 141-157 µm, Miko (2006) ise vücut uzunluğunu 220-320 µm olarak vermişlerdir. Örneklerde ise bu değerler 256 (230-280) x 127 (110-140) µm olarak ölçülmüş olup yukarıda verilen değerlerle uyum içerisindedir.

İncelenen Materyal: 2: 39 ergin, 4: 628 ergin, 5: 1 ergin, 7: 31 ergin, 8: 57 ergin, 9: 4 ergin, 10: 22 ergin, 12: 61 ergin, 13: 36 ergin, 14: 617 ergin, 15: 1799 ergin (5'i SEM için kullanıldı).

Familiya: Epimerellidae Ayyıldız ve Luxton, 1989

Cins: *Epimerella* Kulijev, 1967

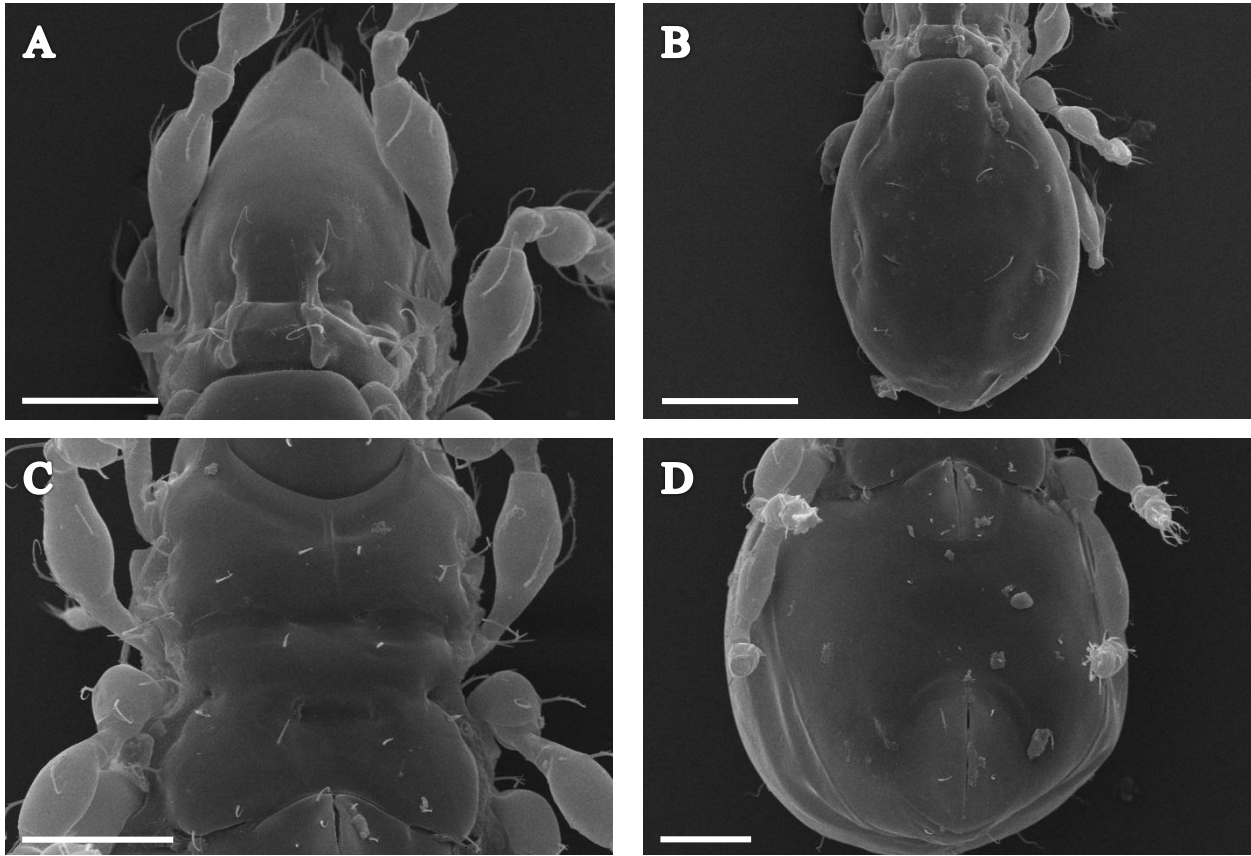
Tür: *Epimerella marasensis* Toluk ve Ayyıldız, 2013

Vücut ölçümleri: Vücut uzunluğu 283 (250-320) µm, genişliği ise 160 (150-180) µm'dir (n=23).

Teşhis (Şekil 7): Rostrum, tam ve uç kısmı burun şeklinde çıkıntılıdır. Rostrum kılıarı 11 µm uzunluğunda olup diğer prodorsum kılıarından daha kısa ve 4-5 sil taşımaktadır. Lamella ve interlamella kılıarı birbirine yaklaşan konumdadır. Silli yapıda olan lamella kılıarı 38 µm uzunluğundadır. İnterlamella kılıarı silli yapıda, 32 µm uzunluğunda ve lamella kılıarının kaidesinin ötesine kadar uzanmaktadır. Lamella kılıarı interlamella kılıarına rostrum kılıarına göre daha yakın konumda

yerleşmiştir. Sensillus 26 µm uzunluğunda, iğ şeklinde, baş kısmı içeriye doğru kıvrılmış ve yaklaşık olarak aynı uzunlukta 8-9 sillidir. Botridiyal kostula mevcuttur. Ekzobotridiyal kıllar silli yapıda, 16 µm uzunluğundadır. Notogastral krista, ön ortaya doğru çıkıntı oluşturacak şekilde iyi gelişmiştir. Notogasterin ön kısmında bir çift humeral oluşum mevcuttur. Notogaster 10 çift kıl taşır. *ta* kılı düz, geriye doğru kıvrılmış, diğer notogaster kıllarından *p* kıl dizisi hariç diğerleri uzun ve sillidir. Notogasterin her bir kılı bir sonraki kılın kaidesini geçmektedir. Subkapitulum iki eklemlidir. Subkapitulum kılları uç kısmında kıvrılmış ve bir tarafı sillidir. *m* kılı *h* ve *a*

kılından daha uzundur. Epimer bölgesinde kılların dağılımı 3-1-3-3 şeklindedir. Apodemler belirgin ve kuvvetli şekilde sertleşmiştir. I. epimerler arasında V şeklinde bir boşluk mevcuttur. II. epimerler arasındaki apodemler silindriktir. Epimer kıllarından *1c*, *3c*, *4a-c* kıllarının kaide kısmı silli, diğer kısımları ince ve düzdür. Genital plak, silli yapıda 5 çift kıl taşır ve *g₁* kılı diğer genital kıllarından daha uzundur. Anal plak kılları 2 çift olup düzdür. *iad* lirifissürü paraanal konumdadır. Adanal kıllar silli yapıda, uçta incelmış ve yaklaşık olarak aynı uzunlukta olup *ad₁* kılı postanal, *ad₃* kılı ise preanal konumdadır. Bacaklar bir tırnaklıdır.



Şekil 6. *Oppiella (O.) nova nova* (Oudemans, 1902): A) Prodorsum, B) Notogaster, C) Epimer bölgesi, D) Anogenital bölge (Ölçekler: B için 20 µm, diğerleri için 10 µm).

Bu tür, tip yeri olan Kahramanmaraş ili dışında yeni bir lokaliteden verilmektedir. Rostrumunun düz, rostrum ve notogaster kıllarının silli olması, humeral oluşumun mevcudiyeti, I. epimerler arasında V şeklinde bir boşluğun bulunması, II. epimerler arasındaki apodemlerin ışık mikroskopuyla görülebilir iyi gelişmiş ve silindirik şekilli yapıyla ayırt edilir (Toluk ve Ayyıldız, 2013). Örneklerde vücut uzunluğu 283 (250-320) µm, genişliği ise 160 (150-180) µm olarak tespit edilmiştir. Toluk ve Ayyıldız (2013), tip örneğinde vücut uzunluğunu 304-328 (holotip: 324) µm, genişliğini ise 140-164 (holotip:160) µm olarak vermişlerdir. Örneklerin morfolojik özellikleri bakımından vücut büyüklüğüne ait değişim aralığı

istisna edildiğinde tip örneğiyle uyum içerisinde olduğu anlaşılmaktadır. Ölçüme ilişkin değişim aralığının varyasyon sınırları içerisinde değerlendirilebileceği kanısındayız.

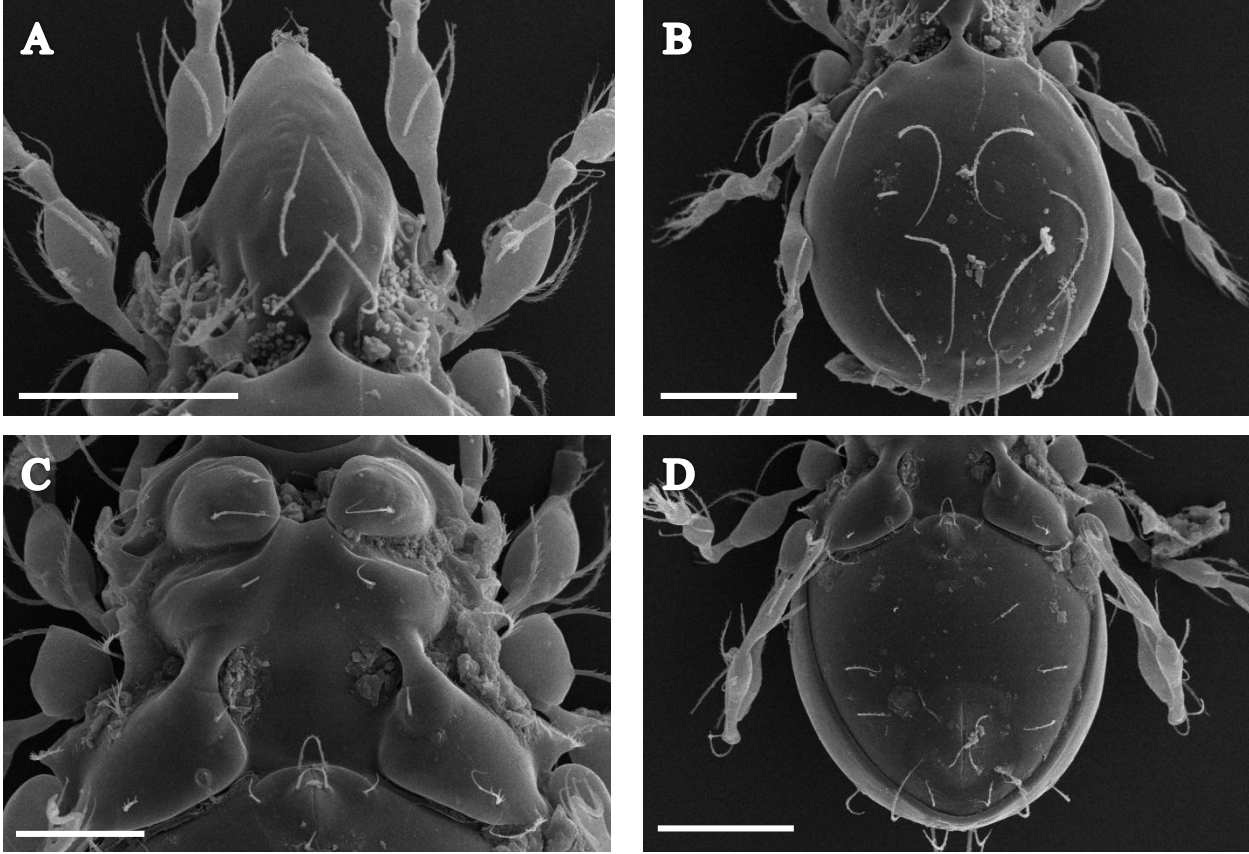
İncelenen Materyal: 2: 5 ergin, 4: 9 ergin, 7: 2 ergin (1'i SEM için kullanıldı), 8: 4 ergin (3'ü SEM için kullanıldı), 10: 11 ergin (2'si SEM için kullanıldı), 11: 1 ergin, 13: 1 ergin.

SONUÇ

Araştırma alanından Türkiye'den daha önce kaydedilen ancak Amanos Dağları için ilk defa tespit edilen oppioid akarlar için 7 takson tespit edilmiştir. Araştırma alanının, Afro-eremiyal elemanların

ülkemize giriş yolunda bulunması, dağların kendine özgü iklimsel ve edafik faktörlere sahip olması gibi nedenlerle daha zengin bir fauna beklentisine karşın Amanos Dağları'nın bir engel olarak rol oynayabileceği, veya bölgenin ve yakın komşu

ülkelerin yeterince araştırılmadığı kanısını uyandırmaktadır. Bu nedenle daha fazla ve çeşitli yaşam alanlarında yapılacak çalışmalar ile oribatid akar faunası bilgimize katkı sağlanması gerektiği düşüncesindeyiz.



Şekil 7. *Epimerella marasensis* Toluk ve Ayyıldız, 2013: A) Prodorsum, B) Notogaster, C) Epimer bölgesi, D) Anogenital bölge (Ölçekler: C için 10 µm, diğerleri için 20 µm).

TEŞEKKÜR

Bu çalışma; ilk yazarın Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında sunulan doktora tezinden veriler içermekte olup Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FDK-2018-7899 proje numarası ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Aktaş R 2015. Amanos Dağlarının Güneybatı Bölgesinden Euphthiracarid Akarlar (Acari, Oribatida, Euphthiracaridae) Üzerine Taksonomik Araştırmalar. ERÜ. Fen Bil. Ens., Biyoloji ABD, Yüksek Lisans Tezi, 45 s.
- Ay Y 2018. Amanos Dağları'nın Güney Kesiminin Oppioid Oribatid Akarları (Acari, Oribatida, Oppioidea) Üzerine Taksonomik Araştırmalar. ERÜ. Fen Bil. Ens., Biyoloji ABD, Doktora Tezi, 139 s.
- Ay Y, Ayyıldız N 2017. Oribatulid Mites (Acari, Oribatida, Oribatulidae) from the Southwestern Region of the Amanos Mountains. Bitki Koruma Bülteni, 57(4): 473-484.

- Ayyıldız N 1989. Mites of the Family Oppiidae (Acari, Oribatida) from Turkey. Journal of Natural History, 23(6): 1373-1379.
- Balogh J 1983. A Partial Revision of the Oppiidae Grandjean, 1954 (Acari: Oribatei). Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae, 29(1-3): 1-79.
- Baran Ş 2003. Erzurum İli Oppiid Türleri (Acari, Oribatida, Oppiidae) Üzerine Sistematik Araştırmalar. Atatürk Ü. Fen Bil. Ens., Biyoloji ABD, Doktora Tezi, 69 s.
- Baran Ş, Ayyıldız N 2004. *Oppia nitens* C. L. Koch, 1836, a New Species for the Turkish Fauna (Acari, Oribatida, Oppiidae). Turkish Journal of Zoology, 28: 111-113.
- Baran Ş, Bezci T, Ayyıldız N 2018. Supplementary Checklist of Oribatid Mites (Acari) from Turkey. Munis Entomology and Zoology, 13(1): 91-97.
- Çobanoğlu S, Bayram S 1998. Mites (Acari) and Flies (Insecta: Diptera) from Natural Edible Mushrooms (Morchella: Ascomycetes) in Ankara, Turkey. Bulletin & Annales de la Societe Royale Belge d'Entomologie, 134: 187-197.
- Dik B, Güçlü F, Cantoray R, Gülbahçe S 1999. Konya

- Yöresi Oribatid Akar Türleri (Acari: Oribatida), Mevsimsel Yoğunlukları ve Önemleri. Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences, 23: 385-391.
- Erman O, Özkan M, Ayyıldız N, Doğan S 2007. Checklist of the Mites (Arachnida: Acari) of Turkey. Second supplement. Zootaxa, 1532: 1-21.
- Mahunka S 1974. Neue und Interessante Milben aus dem Genfer Museum, XII, Beitrag zur Kenntnis der Oribatiden – Fauna Griechenlands (Acari). Revue Suisse de Zoologie, 81(2): 569-590.
- Migliorini M 2009. Oribatid Mites (Arachnida: Oribatida) Coenoses from SW Sardinia. (Research on the Terrestrial Arthropods of Sardinia, Italy, Magnolia Press, New Zealand: Ed. Ceretti P, Mason F, Minelli A, Nardi G, Whitmore D) Zootaxa, 2318: 8-37.
- Miko L 2006. Oppiidae Grandjean, 1951. (Hornmilben (Oribatida), Die Tierwelt Deutschlands, Begründet 1925 von Friedrich Dahl, 76. Teil, Goecke & Evers, Keltern: Ed. Weigmann G) 263-296.
- Niedbala W 1981. Deux Nouveaux Phthiracaroidae de Turquie (Acari, Oribatida). Polskie Pismo Entomologiczne, 51: 501-510.
- Niedbala W 1984. Phthiracaroidae (Acari, Oribatida) Nouveaux d'Asie Occidentale. Annales Zoologici, 38: 225-241.
- Niedbala W 1992. Phthiracaroidae (Acari, Oribatida): Systematic Studies. PWN- Polish Scientific Publishers, Warszawa, 612 pp.
- Özkan M, Ayyıldız N, Erman O 1994. Check List of the Acari of Turkey. First supplement. EURAAC News Letter, 7: 4-12.
- Özkan M, Ayyıldız N, Soysal Z 1988. Türkiye Akar Faunası. Doğa - Türk Zooloji Dergisi, 12(1): 75-85.
- Paoli G 1908. Monografia del Genere *Dameosoma* Berl. e Generi Affini. Redia, 5: 31-91.
- Seniczak A, Seniczak S, Szczukowska H 2014. External Morphology of Oppiidae (Acari: Oribatida) in the Light of Ontogeny of Three Species and Genera. International Journal of Acarology, 40(1): 52-80.
- Subías LS 2004. Listado Sistemático, Sinonímico y Biogeográfico de los Ácaros Oribátidos (Acariformes, Oribatida) del Mundo (1758-2002). Graellsia, 60 (núm. extr.): 3-305. http://bba.bioucm.es/cont/docs/RO_1.pdf. (Erişim tarihi: 01.05.2018).
- Subías LS, Arillo A 1991. Los Oppiidae Grandjean, 1951 (Acari, Oribatida) de Madeira. Vieraea, 20: 39-52.
- Subías LS, Arillo A 2001. Acari, Oribatei, Gymnonota II. (Fauna Iberica, Vol. 15, Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid: Ed. Ramos MA ve ark.) 1-289.
- Subías LS, Rodríguez P 1987. Los Ópidos (Acari, Oribatida) de los Sabinares Albares Españoles. VII. Géneros *Hypogeoppia*, *Oppiella* y *Lauroppia*. Miscellanea Zoológica, 11: 105-111.
- Subías LS, Rodríguez P 1988. Oppiidae (Acari, Oribatida) de los Sabinares (*Juniperus thurifera*) de España, VIII. Medioppiinae Subías y Mínguez. Boletín de la Asociación Española de Entomología, 12: 27-43.
- Toluk A 2008. Yozgat Çamlığı Milli Parkı'nın Oppioid Oribatid Faunası (Acari: Oribatida). ERÜ. Fen Bil. Ens., Biyoloji ABD, Doktora Tezi, 174 s.
- Toluk A, Ayyıldız N 2008a. New and Unrecorded Oppioid Mites (Acari: Oribatida) from Yozgat Pine Grove National Park, Turkey. Acarologia, 48(3-4): 209-223.
- Toluk A, Ayyıldız N 2008b. Yozgat Çamlığı Milli Parkı'nın Oppioid Oribatid Akarları (Acari: Oribatida) Üzerine Sistemik Çalışmalar. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 24: 52-81.
- Toluk A, Ayyıldız N 2009. Türkiye Faunası İçin Yeni ve Bilinen Oribatid Akarlar (Acari: Oribatida) Üzerine Bir Çalışma. Türkiye Entomoloji Dergisi, 33(1): 31-39.
- Toluk A, Ayyıldız N 2013. New and Unrecorded Oribatid Mites from Kahramanmaraş Province in Turkey (Acari: Oribatida). Zoology in the Middle East, 59(1): 77-83.
- Walter DE, Krantz G, Lindquist E 2019. Acari, the Mites. <http://tolweb.org/Acari>. (Erişim tarihi: 01.04.2019).
- Woas S 1986. Beitrag zur revision der Oppioidea sensu Balogh, 1972 (Acari, Oribatei). Andrias, 5: 21-224.



Effects of *Beauveria bassiana* on Quantity of F₁ Larvae and Larval Mortality of *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae)

Ebru ÇETİNPOLAT¹, Mehmet Kubilay ER², Cebrail BARIŞ³, Ali Arda IŞIKBER⁴

Hasan TUNAZ⁵

¹Graduate School of Natural and Applied Sciences, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Kahramanmaraş, ^{2,3,4,5}Faculty of Agriculture, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Kahramanmaraş, Turkey

¹<https://orcid.org/0000-0001-5063-1538>, ²<https://orcid.org/0000-0003-1568-8656>, ³<https://orcid.org/0000-0002-5895-0151>

⁴<https://orcid.org/0000-0003-1213-3532>, ⁵<https://orcid.org/0000-0003-4942-6056>

✉: mker@ksu.edu.tr

ABSTRACT

In this study, larval mortality due to *Beauveria bassiana* infections and the number of larvae produced in the presence of *B. bassiana* spores were investigated. Larvae were kept in wheat treated with spores and mortalities were assessed. In a long-term experiment, number of larvae and mortality was recorded after 3 months. Within 7 days, larval mortality was 55% at 250 ppm and over 75% at higher concentrations. The mortality reached 100% on day 14 in all fungus treatments. After the adults were kept for 14 and 28 days, 6.3 and 12.0 larvae in treatments and 1 and 6.3 larvae in control units were counted, respectively. In the long-term experiment, number of larvae was 10.3, 42.0 and 260.3 in the control, 500 ppm and 1000 ppm treatments, respectively. Larval mortalities were %97.4 in 500 ppm and 100% in 1000 ppm treatments. The results show that although *B. bassiana* treatment increases the number of *T. confusum* larvae as the concentration increases, *B. bassiana* treatment also causes high levels of larval mortalities depending on concentration and time, suggesting that, *B. bassiana* treatment can have a role in controlling *T. confusum* populations.

Research Article

Article History

Received : 19.03.2019

Accepted : 16.05.2019

Keywords

Biological control
Microbial control
Stored-product pest
Tribolium confusum
Beauveria bassiana

Beauveria bassiana'nın *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) F₁ Larva Sayısına ve Larva Ölüm Oranına Etkisi

ÖZET

Bu çalışmada, *Beauveria bassiana* enfeksiyonu neticesinde larva ölümleri ve *B. bassiana* sporlarının bulunması durumunda yeni nesil larva sayıları belirlenmiştir. Larvalar spor ile muamele edilmiş buğdayda bekletilmiş ve ölümler kaydedilmiştir. Uzun süreli denemede, larva sayısı ile ölüm oranları 3 ay sonra tespit edilmiştir. Yedi günde larva ölümü 250 ppm'de %55 ve daha yüksek konsantrasyonlarda %75'in üstünde bulunmuştur. Uygulamalardaki ölüm 14 günde %100'e ulaşmıştır. Erginlerin 14 ve 28 gün sporlu buğdayda bekletilmesi sonucunda 6.3 ve 12 larva belirlenirken kontrolde bu sayı sırası ile 1 ve 6.3 olmuştur. Uzun süreli denemede, kontroldeki, 500 ppm ve 1000 ppm uygulamalarındaki larva sayıları sırası ile 10.3, 42.0 ve 260.3 olarak tespit edilmiştir. 500ppm'de 97.4% ve 1000ppm'de %100 larva ölümü kayıt edilmiştir. Sonuçlar, spor konsantrasyonu artışı ile birlikte *B. bassiana* uygulamasının *T. confusum* larva sayısında artışa neden olduğunu; ve ancak konsantrasyon ve süreye bağlı olmakla birlikte *B. bassiana* uygulamasının yüksek larva ölümlerini sağladığını göstermiş olup, *B. bassiana* uygulamasının *T. confusum* popülasyonları ile mücadelede rol alabileceğini işaret etmektedir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 19.03.2019

Kabul Tarihi : 16.05.2019

Anahtar Kelimeler

Biyolojik mücadele
Mikrobiyal mücadele
Depo zararlısı
Tribolium confusum
Beauveria bassiana

INTRODUCTION

Stored grain pests have worldwide distribution with economic importance and their control is usually by means of chemical insecticides. Due to various problems caused by these chemicals, alternative management tactics have been under investigation and using entomopathogenic fungi is an alternative promising control approach reported against some important pests such as *Rhizopertha dominica*, *Oryzaephilus surinamensis* and *Sitophilus* species. Entomopathogenic fungi have also been studied against *Tribolium* species with less encouraging results mainly for suppression of adult populations. Barra et al. (2013), Kavallieratos et al. (2006), Stephou et al. (2012) tested fungal isolates against *T. confusum* adults. Wakil and Schmitt (2014), Batta (2008), Shafiqhi et al. (2014), Sugandi and Awaknavar (2014), Padin et al. (2002), Zamani et al. (2013), Khashaveh et al. (2011), Rice and Cogburn (1999) used entomopathogenic fungi for *T. castaneum* adults. It is well established in the literature that *Tribolium* adults are quite resistant to *Beauveria bassiana*, widely reported as a promising entomopathogenic fungus species against other stored grain pests. The larval stages of *Tribolium* species was found more susceptible and moderate infection levels were achieved by Akbar et al. (2004, 2005), Wakil et al. (2014), Lord (2007, 2009, 2010) for *T. castaneum* larvae, while Michalaki et al. (2006, 2007) for *T. confusum* larvae. Although controlling *Tribolium* species by using entomopathogenic fungi does not seem to be sufficient alone considering the current knowledge, these fungi could well affect these pests when applied for the management of other stored grain pests. *Tribolium* species are commonly found to exist together with primer stored grain pest species against which mostly *B. bassiana* was shown to present opportunities for developing mycoinsecticides. In this study, *T. confusum* larval mortality due to *B. bassiana* infections and the number of larvae produced in the presence of *B. bassiana* spores on grains were investigated to find possible effects of the fungus on the pest's population growth.

MATERIALS and METHODS

Tribolium confusum and *Beauveria bassiana* cultures

T. confusum larvae were obtained from a laboratory culture originally established from samples collected in Kahramanmaraş, Turkey. The culture has been maintained on flour with addition of inactive brewer's yeast at 25±2°C and 65±5% relative humidity in darkness. After leaving adults for three days in clean food, the adults were removed and larvae were gathered one week later to use in the experiments. When adults were required, emerged adults of 7-10 days old were utilized.

B. bassiana isolate used in this study is a single spore culture of *B. bassiana* 155657, which was originally isolated from a *T. castaneum* adult (Er et al., 2016). The fungus was initially grown on Potato Dextrose Agar (PDA), and thereafter its spores were produced on rice following procedure of Barış (2016). Obtained *B. bassiana* spores were tested for viability prior to each experiment. A dilute suspension of spores in 0.2% Tween 80 was prepared and spread on PDA and incubated 24 hours at 25±2 °C in darkness. The spores were examined under a microscope (×40) and those with a germ tube equal or longer than the spore were considered germinated. The spores used in the experiments had germination rate of 96-98%.

Short-Term Incubation Tests

For each treatment 15 larvae were placed in a 50ml centrifuge tube including 40 g wheat grains homogenously mixed with required number of spores to produce spore concentrations of 250, 500, 750, 1000 ppm (w/w). For control, clean wheat without fungal spores was used. All the experimental tubes were placed in a humidity chamber made up of a sealed plastic container (42x28x17cm) with saturated NaNO₂ solution (Winston and Bates, 1960). The experiment had four replications and conducted at 25±2 °C and 65±5% relative humidity in darkness. After 7 and 14 days of incubation larval mortalities were assessed.

In the second test, number of larvae produced was found after leaving adults in 1000 ppm treated wheat grains. For each treatment 20 adults were placed in a 1 L glass jar including 200 g wheat grains homogenously mixed with required number of spores to produce a concentration of 1000 ppm (w/w). For control, clean wheat without fungal spores was used. All the jars were placed in humidity chambers as described above. The experiment had four replications and conducted at the same conditions with the first experiment. After 14 and 28 days of incubation the number of larvae in each jar was recorded.

Long-Term Incubation Test

In a long incubation experiment, 1 kg bulgur (wheat product) was used for each treatment in a 3 L glass jar. After mixing *B. bassiana* spores to obtain 1000 ppm concentration (w/w), 100 adults were released and incubated for 3 months at 25±2 °C and 65±5% relative humidity in darkness in a conditioned growth room. Clean bulgur without fungal spores was used for control unit. The experiment was carried out with three replications. Number of larvae and larval mortality in each unit were recorded at the end of the experiment.

Statistical Analysis of Data

The data were subjected to one way ANOVA followed by Duncan's multiple comparison test ($P \leq 0.05$). When there were only two treatments to compare, 't' test ($P \leq 0.05$) was applied. Mortality data were arcsine transformed prior to the statistical analysis. All statistical analyses were conducted by using SPSS statistics program.

RESULTS and DISCUSSION

Short-Term Incubation

After leaving the larvae 7 days in fungus treated wheat grains, larval mortalities were between $55.00 \pm 0.85\%$ and $81.67 \pm 0.75\%$ (Figure 1), the lowest being at 250ppm. The mortality in control unit was $6.67 \pm 0.58\%$. According to ANOVA there were statistical differences ($F_{4,15}=23.663$; $P < 0.001$). The mortalities in all fungus treated units were statistically higher than the one in control unit (Figure 1). Michalaki et al. (2006) tested *Metarhizium anisopliae* against *T. confusum* larvae and found about 40% mortality at the concentration of 8×10^{10} spores/kg in 7 days. In another study (Michalaki et al., 2007), in the same incubation period *Isaria fumosorosea* (formerly *Paecilomyces fumosoroseus*) caused less than 20% mortality at the maximum tested concentration of 400ppm. In bioassays conducted on *T. castaneum* larvae, 900 ppm and 2700 ppm treatments

with *B. bassiana* spores resulted in 40% and 62.7% mortalities in 8 days (Akbar et al., 2004). Wakil et al. (2014) used immersing method (1×10^6 spores/ml) and after 7 days of incubation found 85.81% mortality due to *B. bassiana*, 59.79%, 76.86% and 67.83% mortalities due to *Lecanicillium attenuatum*, *M. anisopliae* and *Purpureocillium lilacinum* (formerly *Paecilomyces lilacinus*) treatments. In the present study, while the mortalities in fungus treatments reached 100% on day 14, control mortality increased to $41.67 \pm 1.03\%$ (Figure 1). Statistically, the difference was significant ($F_{4,15}=152.152$; $P < 0.001$). Due to the high mortality in the control, not all mortalities in fungus treatments can be attributed to fungal infections. As larvae can not feed on whole wheat grains, the increase could be partially because of starvation related causes. Food deprivation was previously reported to increase larval mortality in *T. castaneum* due to *B. bassiana* infections (Lord, 2010). The only larval mortality results in two and three weeks after *I. fumosorosea* treatment were reported by Michalaki et al. (2007). They found close to 50% and 60% at 25°C and over 70% and 90% at 20°C after 14 and 21 days of incubation, respectively. Although organisms and methods varied in the mentioned previous studies above, the findings of the present study seem to fit to the range of expectations considering tested concentration and bioassay conditions.

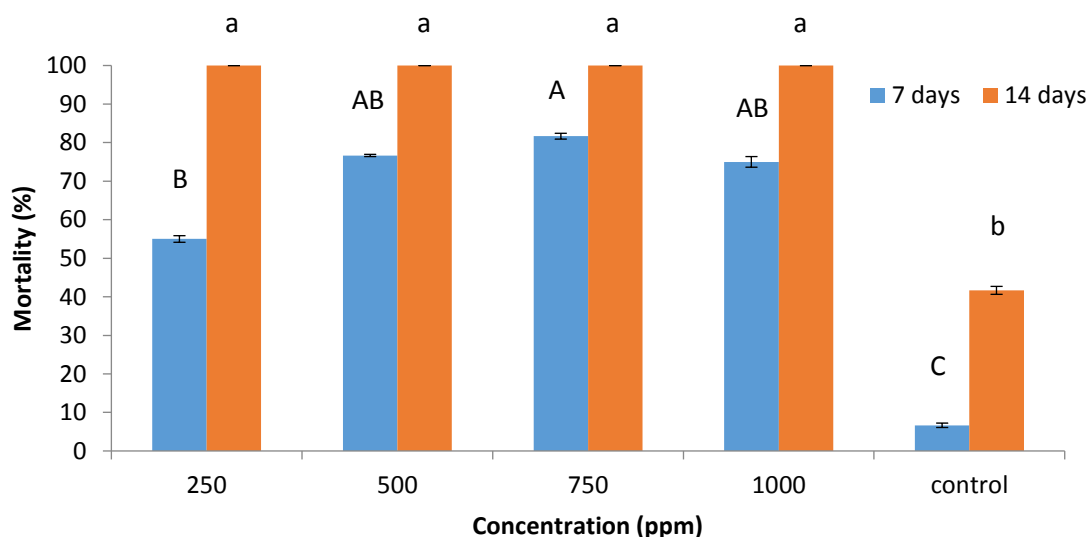


Figure 1. Mortality of *Tribolium confusum* larvae at various concentrations of *Beauveria bassiana* spores in wheat (different lower or upper case letters show statistical differences according to Duncan test at $P \leq 0.05$; bars represent standard errors; $n=4$)

After the adults were kept for 14 and 28 days in fungus treated wheat grains, 6.3 ± 0.33 and 12.0 ± 1.00 larvae in treatments and 1.0 ± 0.58 and 6.3 ± 0.33 larvae in control units were counted, respectively (Figure 2). The number of larvae in 14 days and 28 days were statistically higher than related control units (for 14

days: $t=8$; $d.f.=4$; $P=0.001$, and for 28 days: $t=5.376$; $d.f.=4$; $P=0.006$). This indicates a significant increase in the production of larvae in fungus treated wheat grains. As such an outcome has not been reported previously, reasons need to be investigated in future studies.

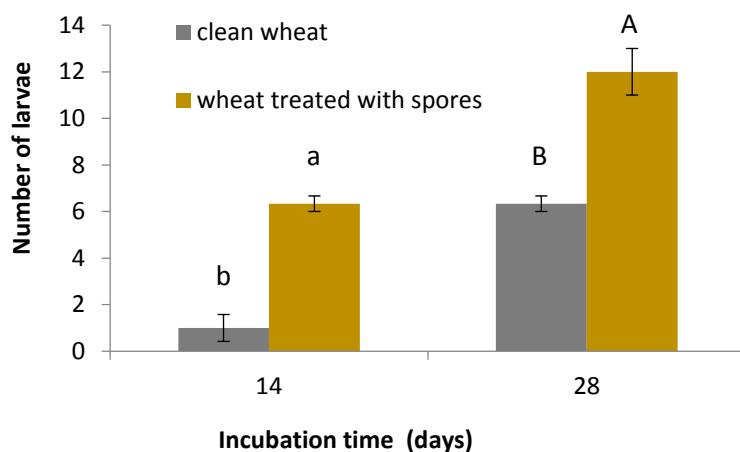


Figure 2. Number of *Tribolium confusum* larvae after incubation of 100 adults in wheat treated with 1000 ppm *Beauveria bassiana* spores (different lower or upper case letters show statistical differences according to 't' test at $P \leq 0.05$; bars represent standard errors; $n=4$)

Long-Term Incubation

In the long incubation experiment, after three months, while there were 10.3 ± 1.45 larvae in the control unit, there were 42.0 ± 2.65 larvae in 500 ppm and 260.3 ± 11.20 larvae in 1000 ppm fungus treated wheat grains (Figure 3). The differences amongst them were statistically significant ($F_{2,6}=413.109$; $P < 0.001$). The mortalities of these larvae were 97.4 ± 1.52 in 500 ppm and 100% in 1000 ppm treatments, while there was not larval mortality in the control (Figure 4). According to ANOVA, there was significant differences ($F_{2,6}=490.484$; $P < 0.001$). The mortalities in fungus treatments did not differ from each other; however, they were both statistically higher than the control mortality. Such long-term incubation experiments were reported previously for comparison. However, findings are in parallel with the results of the short-term incubation experiments reported here and as discussed earlier. The results of the long-term incubation experiment revealed more pronounced differences among treatments.

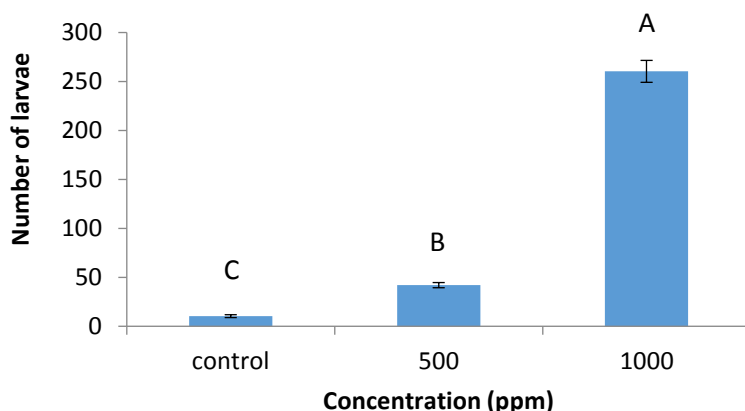


Figure 3. Number of *Tribolium confusum* larvae after incubation of 100 adults in wheat treated with 1000 ppm *Beauveria bassiana* spores (different letters indicate statistical differences according to Duncan test at $P \leq 0.05$; bars represent standard errors; $n=4$)

CONCLUSION

In this study, *T. confusum* larval mortality due to *B. bassiana* infections and the number of *T. confusum* larvae produced in the presence of *B. bassiana* spores were investigated. It can be concluded that *B. bassiana* treatment increases the number of *T. confusum* larvae as the concentration increases. *B. bassiana* treatments also cause high levels of larval mortalities depending on concentration and time. These findings suggest that treating wheat with *B. bassiana* either against this pest or against another one can have a role in suppressing *T. confusum* populations.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was a part of a project granted by Scientific Research Projects Unit of Kahramanmaraş Sutcu Imam University (Project No: 2016/5-42 YLS).

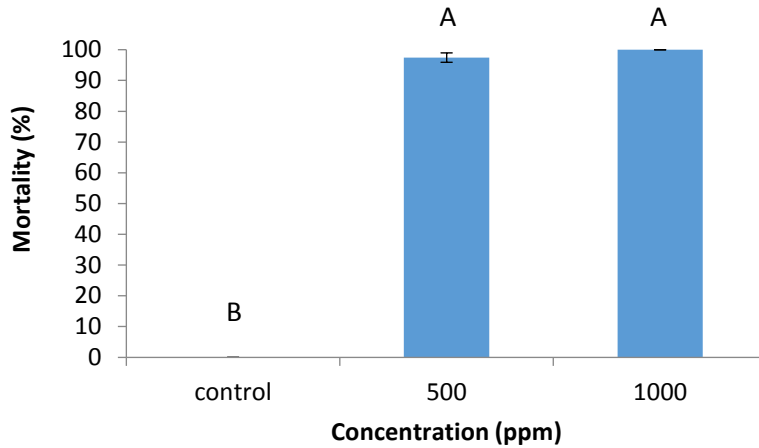


Figure 4. Mortality of *Tribolium confusum* larvae at various concentrations of *Beauveria bassiana* spores in wheat (different letters show statistical differences according to Duncan test at $P \leq 0.05$; bars represent standard errors; $n=4$)

REFERENCES

- Akbar W, Lord JC, Nechols JR, Howard RW 2004. Diatomaceous Earth Increases the Efficacy of *Beauveria bassiana* Against *Tribolium castaneum* Larvae and Increases Conidia Attachment. *Journal of Economic Entomology*, 97: 273-280.
- Akbar W, Lord JC, Nechols JR, Loughin TM 2005. Efficacy of *Beauveria bassiana* for Red Flour Beetle When Applied with Plant Essential Oils or in Mineral Oil and Organosilicone Carriers. *Journal of Economic Entomology*, 98: 683-688.
- Barış C 2016. The Use of Some Cereals on The Production of *Beauveria bassiana* By Solid State Fermentation Technique. University of Kahramanmaraş Sütçü İmam, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Plant Protection, M.Sc. thesis, 33 pp, Turkey.
- Barra R, Rosso L, Nesci A, Etcheverry M 2013. Isolation and Identification of Entomopathogenic Fungi and Their Evaluation Against *Tribolium confusum*, *Sitophilus zeamais*, and *Rhyzopertha dominica* in Stored Maize. *Journal of Pest Science*, 86: 217-226.
- Batta YA 2008. Control of Main Stored-Grain Insects with New Formulations of Entomopathogenic Fungi in Diatomaceous Earth Dusts. *International Journal of Food and Engineering*, 4: 1-16.
- Er MK, Tunaz H, Ücük C, Barış C, Işıkber AA 2016. Occurrence of Entomopathogenic Fungi on Insect Pests of Stored Wheat and Maize in Central and South Anatolia in Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 40: 249-263.
- Kavallieratos NG, Athanassiou CG, Michalaki MP, Batta YA, Rigatos HA, Pashalidou FG, Balotis GN, Tomanovic Z, Vayias BJ 2006. Effect of the Combined Use of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin and Diatomaceous Earth for the Control of Three Stored-Product Beetle Species. *Crop Protection*, 25: 1087-1094.
- Khashaveh A, Ghosta Y, Safaralizadeh MH, Ziaee M 2011. The Use of Entomopathogenic Fungus, *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. in Assays with Storage Grain Beetles. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13: 35-43.
- Lord JC 2007. Enhanced Efficacy of *Beauveria bassiana* For Red Flour beetle With Reduced Moisture. *Journal of Economic Entomology*, 100: 1071-1074.
- Lord JC 2009. Efficacy of *Beauveria bassiana* for Control of *Tribolium castaneum* with Reduced Oxygen and Increased Carbon Dioxide. *J. Appl. Entomol.*, 133: 101-107.
- Lord JC 2010. Dietary Stress Increases The Susceptibility of *Tribolium castaneum* to *Beauveria bassiana*. *Journal of Economic Entomology*, 103: 1542-1546.
- Michalaki MP, Athanassiou CG, Kavallieratos NG, Batta YA, Balotis GN 2006. Effectiveness of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin Applied Alone or in Combination With Diatomaceous Earth Against *Tribolium confusum* du Val. Larvae: Influence of Temperature, Relative Humidity and Type of Commodity. *Crop Protection*, 25: 418-425.
- Michalaki MP, Athanassiou CG, Steenberg T, Buchelos C Th 2007. Effect of *Paecilomyces fumosoroseus* (Wise) Brown and Smith (Ascomycota: Hypocreales) Alone or in Combination With Diatomaceous Earth Against *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Biological Control*, 40: 280-286.
- Padin S, Bello GD, Fabrizio M 2002. Grain Loss Caused by *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae* and *Acanthoscelides obtectus* in Stored Durum Wheat and Beans Treated With *Beauveria*

- bassiana*. Journal of Stored Products Research, 38: 69-74.
- Rice WC, Cogburn RR 1999. Activity of the Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana* (Deuteromycota: Hyphomycetes) Against Three Coleoptera Pest of Stored Grain. Journal of Economic Entomology, 92(3): 691-694.
- Shafiqhi Y, Ziaee M, Ghosta Y 2014. Diatomaceous Earth Used against Insect Pests, Applied Alone or in Combination with *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*. Journal of Plant Protection Research, 54 (1): 62-66.
- Stephou VK, Tjamos SE, Paplomatas EJ, Athanassiou CG 2012. Transformation and Attachment of *Beauveria bassiana* Conidia on The Cuticle of *Tribolium confusum* and *Sitophilus oryzae* in Conjunction with Diatomaceous Earth. Journal Pest Science, 85: 387-394.
- Sugandi R, Awaknavar JS 2014. The Pathogenicity of Entomopathogenic Fungus, *Metarhizium anisopliae* (Metschinkoff) Sorokin against Three Major Storage Grain Beetles. Journal of Experimental Zoology, 17 (2): 775-780.
- Wakil W, Ghazanfar MU, Yasin M 2014. Naturally Occurring Entomopathogenic Fungi Infecting Stored Grain Insect Species in Punjab, Pakistan. Journal of Insect Science, 14(1). DOI: 10.1093/jisesa/ieu044.
- Wakil W, Schmitt T 2014. Field Trials on the Efficacy of *Beauveria bassiana*, Diatomaceous Earth and Imidacloprid for the Protection of Wheat Grains From Four Major Stored Grain Insect Pests. Journal of Stored Products Research, 64: 160-167.
- Winston PW, Bates DH 1960. Saturated Solutions for The Control of Humidity in Biological Research. Ecology, 41:232-237.
- Zamani Z, Aminaee MM, Khaniki GB 2013. Introduction of *Beauveria bassiana* as a Biological Control Agent for *Tribolium castaneum* in Kerman Province. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 46: 2235-2243.

Purification of Capsaicin and Molecular Biological Activity Evaluation

Sibel BAYIL OĞUZKAN^{1*} , Halil İbrahim UĞRAŞ² 

¹Department of Medical Services and Techniques, Vocational School of Health Services, University of Gaziantep, Gaziantep, Turkey, ²Department of Chemistry, Arts and Science Faculty, Düzce University, Düzce, Turkey

¹<https://orcid.org/0000-0003-0254-6915>, ²<https://orcid.org/0000-0002-1633-967X>

✉: bayil@gantep.edu.tr

ABSTRACT

Red peppers, belonging to *Dicotyledonae* class, are produced and consumed all over the world including the southern regions of Turkey. Capsaicin is the most important active ingredient in red peppers. For this purpose, in this study, some molecular biological activities such as oxidant status, antiradical activity and DNA preservation of purified capsaicin from red peppers were investigated. Pure capsaicin was used into dichloromethane and methanol solution. Antiradical activity was determined by DPPH method. DNA protective activities was analyzed by using pBR322 plasmid DNA. The highest antioxidant activity was determined in methanol solution from the purified capsaicin extracts. Also the highest antiradical activity was found in red sweet pepper. In addition, DNA protective activity of the extraction in dichloromethane was found to be higher than that of methanol.

Research Article

Article History

Received : 01.04.2019
Accepted : 17.05.2019

Keywords

Red peppers
Capsaicin
Ultra violet
Oxidative

Kapsaisin Saflaştırılması ve Moleküler Biyolojik Aktivite Değerlendirmesi

ÖZET

Kırmızı biberler Dicotyledon sınıfına ait bitki türleridir. Bu biberler Türkiye'nin güney bölgesinde yaygın olmakla beraber tüm dünyada hem üretilmekte hem de tüketilmektedir. Kapsaisin, kırmızı biberlerdeki en önemli etken maddedir. Bu amaçla, bu çalışmada hem tatlı kırmızı biberlerden saflaştırdığımız kapsaisinin oksidan durumu, antiradikalik aktivitesi ve DNA koruyuculuğu gibi bazı moleküler biyolojik aktiviteleri araştırılmıştır. Bu çalışmada saflaştırılan kapsaisinin diklormetan ve metanol çözütüsündeki ekstraktları kullanıldı. Antiradikalik aktivite için DPPH metodu kullanıldı. DNA koruyucu aktivite için pBR322 plazmid DNA yöntemi kullanılmıştır. En yüksek antioksidan aktivite, saflaştırılmış kapsaisin ekstraktlarından metanol çözeltisinde belirlendi, ayrıca en yüksek antiradikalik aktivite kırmızı tatlı biberde bulundu. Ayrıca, diklormetandaki ekstraksiyonda DNA koruyucu aktivitesinin metanolünkinden daha yüksek olduğu bulundu.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 01.04.2019
Kabul Tarihi : 17.05.2019

Anahtar Kelimeler

Kırmızı biberler
Kapsaisin
Ultra Viyole
Oksidatif

ToCite : Bayıl Oğuzkan S, Uğraş Hİ 2019. Purification of Capsaicin and Molecular Biological Activity Evaluation. KSU J. AgricNat22(6): 922-927. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.546844.

INTRODUCTION

Red peppers (*Capsicum annuum L.*) are the species of plant that belong to *Dicotyledonae* class, *Tubiflorae* of *Solanaceae* family. The species that grows in Eastern Mediterranean and South Eastern Anatolia regions known as *Capsicum annuum L.* (Airakı et al., 2012), which is a valuable plant frequently used in the pharmaceutical, chemical industry and by public (Hayman and Kam, 2008). Capsaicin is an important secondary metabolite phenolic component synthesized from peppers (Materska and Perucka, 2005). The antioxidant and nutritional properties of capsaicin are

known to be dependent on bioactive phenolic phytochemical ratios (Kavindra and Zhihong, 2014; Kempaiah and Srinivasan 2004). Red peppers contain different amounts of capsaicin. Epidemiological studies reported that there was a positive correlation between the consumption of pepper and the prevention of gastric, pancreatic and lung cancers (Filomena et al., 2007). In living organisms, the oxygen activity consumed during catabolism can be transformed to different radical molecules. These reactive oxygen radicals take DNA as heredity material as a target (Ai et al. 2008). Typically, oxidative damage from free radicals can be responsible for many chronic diseases,

such as cancer, inflammation and some of other chronic diseases. In recent years, antioxidant properties of natural compounds were investigated by examining potential antioxidant components (Repetto and Llesuy, 2002, Camilo and Ana, 2014). For this reason, it is very important to understand the antioxidant capacity of the capsaicin. The sweet peppers, generally regarded as bell peppers, are the most commonly known chili peppers in the *Capsicum annum* family. Typically, sweet peppers contain much lower amounts of capsaicin compared to hot peppers (Reinbach et al., 2009). For this purpose, this study searches the radical scavenging and antioxidant activities of the capsaicin by isolating them from *C. annum L.*, a red-colored species, which are both sweet and hot, and widely served as diet in the Middle East. Free radical is one or more single electron containing high reactivity molecules or groups. The effect of these free radicals on DNA is defined as indirect effect (Halliwell, 2007). Breaks in the linear DNA molecule due to the effect of UV rays. The high energy of ultraviolet rays especially UV-C can cause chemical effects on DNA molecules. It can alter the chemical structure and lead to the breakdown of some bonds. This may cause skin cells to become weaker or die, making the skin appear older than it is (Ertaş et al., 2015). Thus, this study determines the antioxidant properties of capsaicin with its effect on DNA protective activity. Studies of the antioxidant effect of capsaicin have been carried out revealing its antioxidant properties (Mateos et al., 2013). In this study, the antioxidant capacity of capsaicin was determined through tests using the DPPH radical scavenging, total antioxidant capacity and total oxidant levels. While the literature on the red hot pepper's capsaicin composition is available, however, their antioxidant properties of capsaicin have not been evaluated because there is a lesser amount of red sweet pepper capsaicin available. In our previous published article, some biological activities were determined in green hot peppers (Bayil Oğuzkan et al., 2018). Firstly, this study determines and compares antioxidant capacity of the capsaicin in the sweet red peppers with the hot peppers. Several studies have investigated capsaicin's antioxidant capacity, however, no studies on DNA preservation have been found both of hot and sweet peppers. Thus, we have shown that the protective mechanism of capsaicin extracts purified from the red pepper species against DNA, as well as demonstrating the mutagenic effects of UV and H₂O₂.

MATERIAL and METHODS

Plant Material

The samples were two red pepper varieties, one was sweet bell pepper and the second one was the hot type of *C. annum L.*, obtained from Gaziantep area in June and September 2017 and were identified by the

Botanic Department of Biology Faculty at Gaziantep University.

Capsaicin Purification

Extracts were obtained in dichloromethane and methanol solution from sold commercially Sigma company. Soxhlet device was used to obtain the extracts of the plant, and the dried plant pulverized with a disintegrant. Dichloromethane and methanol extracts were extracted from the red pepper plant through Soxhlet method. Dichloromethane and methanol were removed from the extract through evaporation process using a rotary evaporator. This study dissolved each of the extracts in 30 ml of acetone solvent obtained from the sample petri dish. Moreover, we added 30 ml of 0.1 M AgNO₃ solution to the experiment and added 0.1 M NaOH solution drop wise (approximately 3 drops) to pH 7 at 30 °C, which was followed by extraction on a magnetic stirrer for 3 hours. Then, the solution we rested. The aqueous phase was separated by filtration through ordinary filter paper. The aqueous phase was extracted with liquid-liquid by adding 100 ml of hexane. Moreover, 25 mL of dichloromethane was added to the aqueous phase, separated the aqueous phase, and added 25 mL of dichloromethane to the aqueous phase. Dichloromethane phases were pooled, and approximately 50 ml of the solution was evaporated on a half of rotary evaporator. The liquid containing the capsaicin solution was again subjected to liquid-liquid extraction with 25 ml of saturated NaCl solution, after which the dichloromethane phase was taken and the solvent was removed. The mixture was evaporated with 3 ml of dichloromethane solution and then the solvent was removed. The method was according to Segi and et al. (1999) which was the purification of industrial capsaicin. In this way, purification amount of dichloromethane of sweet and hot red peppers and methanol of hot and sweet red peppers are obtained and compare to commercially pure capsaicin (Sigma Aldrich company, purity 98%). as well as analytical degree. We have used the capsaicin in the extracts obtained from pure capsaicin pepper in two different solvents. The amounts of capsaicin obtained in the two peppers are shown in Table 1.

Table 1: Purification amount of capsaicin from red peppers (mg)

Solvents	Red hot pepper capsaicin	Red sweet pepper capsaicin
Dichloromethane	64.5 mg	18.9 mg
Methanol	6.8 mg	29.4 mg

Determining the Antiradical Activity with the DPPH method

This study also determined the antiradical activity of the extracts by using DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical according to Blois method [16].

The results with the calculation of the DPPH Radical Scavenging Activity were evaluated with the IC₅₀. The DPPH Radical Scavenging Activity was calculated with the following formula:

$$\text{DPPH Radical Scavenging Activity \%} = (\text{Control Absorbance} - \text{Sample Absorbance}) / \text{Control Absorbance} \times 100.$$

Determination of the Total Antioxidant Capacity and Total Oxidant Capacity

The Total Antioxidant Capacity (TAC) test principle was used ABTS (2,2 azinobis) (3-ethyl benzo thiazoline-6-sulfonic acid) as radical cation and evaluated with trolox equivalent (Vitamin E) as positive control. The total oxidant test principle was that the presence of oxidants in the sample oxidizes ferrous ions to ferric ion. According to the presence of oxidant in the environment, the color is increased. This color density is measured by spectrophotometry. The absorbance value indicates the oxidant value in the example. The TOC (Total Oxidant Capacity) value is detected by comparing the obtained results with $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2\text{Equiv./L}$ (Mateos et al., 2013). In this study Real Assay Diagnostics TAC and TOC Assay Kit were used (Tarpey et al., 2000).

The Determination of DNA protective activity by Capsaicin

pBR322 plasmid DNA was purchased from Sigma Chemicals which used for detecting to protective activity of DNA. Plasmid is a small, circular, double-stranded DNA molecule that showed clearly band on

agarose gel electrophoresis. pBR 322 DNA was often used DNA protector analysis that was optimized by experimentally. Moreover, the study subjected the DNA of the plasmid to damage in the presence of the extracts by applying UV and H₂O₂ by performing the visualization on 1.25% agarose gel following the method specified by Russo et al. (Vanella et al., 2002, Russo et al., 2000).

RESULTS

In this study, the ratio of the oxidant and the antioxidant capacities measured by the experimentally measured oxidative stress index parameters was calculated mathematically as follows:

$$\text{OSI} = (\text{TOC, } \mu\text{mol H}_2\text{O}_2\text{ equivalent/L}) / (\text{TAC, } \mu\text{mol Trolox equivalent/L}) \times 100$$

Smaller OSI values indicate less oxidative stress. The capsaicin's OSI values were detected at very low levels. This showed that the mean of the oxidant activity of OSI low levels is quite low, and both different samples are quite good antioxidants. OSI values are at the very low level of all the samples and the best one among them is red pepper methanol extract as being revealed at Table 2.

When the antioxidant values of capsaicin were examined, it was found that the best antioxidant properties were found in each of the samples showing that red hot pepper was the best specimen of methanol extract. Thus, the radical scavenging effects of capsaicin were demonstrated in this study, which was tested on DPPH, and found to be stable radical.

Table 2: TAC, TOC, OSI and IC 50 values of capsaicin

	TAC	TOC	OSI	IC50	Reference value
RHPD	2,405618	0,032	1,3	1,309543	TAL>2 verygood
RSPD	2,343446	0,026	1,11	1,20723	TOL<5 verygood
RHPM	2,954307	0,031	1,05	0,408675	
RSPM	2,934082	0,041	1,39	0,055627	

RHPD:Red hot pepper dichloromethane

RSPD:Red sweet pepper dichloromethane

RHPM:Red hot pepper methanol

RSPM:Red sweet pepper dichloromethane

In our study the IC₅₀ values for the radical elimination capacities of the capsaicin in the dichloromethane methanol samples were calculated. As the concentration of red-hot pepper dichloromethane, red sweet pepper dichloromethane, red-hot pepper methanol and red sweet pepper dichloromethane increased in all four samples of capsaicin obtained from red peppers, and its success to eliminate DPPH increased directly. As shown in Table 2, red-hot pepper and red sweet pepper were found to be the best radical elimination effects of the extract of capsaicin purified from the methanol and lower than the other samples of dichloromethane.

3 types of forms are seen in the plasmid DNA agarose gel imaging system. These are nicked DNA, linear DNA, supercoiled DNA according to the separation state. When the DNA structure exposed to any agent begins to form in this three-band form, the agarose gel is observed and the DNA band that is nicked stops at the top and brightly close to the loading well, and then the brightness is reduced and observed in 3 forms of DNA [20]. In the evaluations of DNA protective protocols, the band-luster up to the form of the band is indicative of this protective effect DNA preservation studies were performed on constructions. Displayed on the agarose gel were firstly compared with the control

group, and all samples were shown to show protective activity relative to the control group as figure 1 and figure 2.

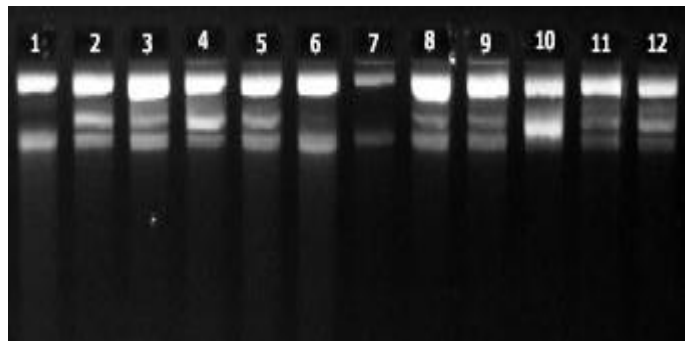


Figure 1: DNA protective activities' bands of samples.

- 1 [RHPD (40)] : Plasmid DNA (3 μ l) + capsaicin (5 μ l)+ UV+ H₂O₂ (1 μ l)
- 2 [RHPD (20)]: Plasmid DNA (3 μ l) + capsaicin (5 μ l)+ UV+ H₂O₂ (1 μ l)
- 3 [RHPD(10)]: Plasmid DNA (3 μ l) + capsaicin (5 μ l)+ UV+ H₂O₂ (1 μ l)
- 4 [RSPD (40 mg)]: Plasmid DNA (3 μ l) + capsaicin (5 μ l)+ UV+ H₂O₂ (1 μ l)
- 5 [RSPD (20 mg)]: Plasmid DNA (3 μ l) + capsaicin (5 μ l)+ UV+ H₂O₂ (1 μ l)
- 6 [RSPD (10 mg)]: Plasmid DNA (3 μ l) + capsaicin (5 μ l)+ UV+ H₂O₂ (1 μ l)
- 7 [RHPM (40 mg)]: Plasmid DNA (3 μ l) + capsaicin (5 μ l)+ UV+ H₂O₂ (1 μ l)
- 8 [RHPM (20 mg)]: Plasmid DNA (3 μ l) + capsaicin (5 μ l)+ UV+ H₂O₂ (1 μ l)
- 9 [RHPM (10 mg)]: Plasmid DNA (3 μ l) + capsaicin (5 μ l)+ UV+ H₂O₂ (1 μ l)
- 10 [RSPM (40 mg)]: Plasmid DNA (3 μ l) + capsaicin (5 μ l)+ UV+ H₂O₂ (1 μ l)
- 11 [RSPM (20 mg)]: Plasmid DNA (3 μ l) + capsaicin (5 μ l)+ UV+ H₂O₂ (1 μ l)
- 12 [RSPM (10 mg)]: Plasmid DNA (3 μ l) + capsaicin (5 μ l)+ UV+ H₂O₂ (1 μ l)

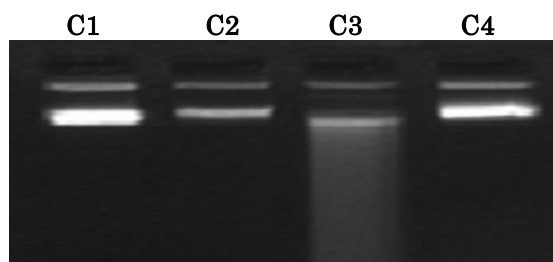


Figure 2: Bands of DNA protective activities (Control Group)

- C1: Plasmid DNA (3 μ l) + dH₂O (6 μ l)
- C2: Plasmid DNA (3 μ l) + dH₂O (6 μ l)+ UV
- C3: Plasmid DNA (3 μ l) +dH₂O (6 μ l)+ H₂O₂ (1 μ l)
- C4: Plasmid DNA (3 μ l) + dH₂O (6 μ l)+ UV+ H₂O₂ (1 μ l)

Also, DNA protection activities at different concentrations of extracts of both dichloromethane and capsaicin in methanol were evaluated. It has been observed that when the samples are compared between the bands in Fig. 1, the extract of the red pepper in the

methanol shows lower activity than the dichloromethane. Although the amounts of capsaicin in red sweet peppers are very low, DNA protective activity was found to be higher than the methanol extract of red hot peppers, as can be seen from the band images. Red hot pepper (40 mg) was lower in the methanol extract than in the low concentration of DNA protective activity (10 mg). According to this result, we can say that the capsaicin in the methanol extract shows better protective activity in low concentrations.

DISCUSSION

Capsaicin is a valuable bioactive phytochemical used in the pharmaceutical, chemistry and cosmetic industries (William et al., 2014). It is known that phytochemicals are not only used for chemotherapy but also have antioxidant and anti-carcinogen effects (Arct et al., 2008). In contrast to antioxidants, oxidant equilibrium may deteriorate in a direction, resulting in many pathological conditions such as cancer, immune system disorders, cardiovascular diseases. Therefore, preserving this balance is extremely important for health (Bayil Oguzkan et al., 2016). In particular, UV-C (~ 260nm.) Is strongly absorbed by DNA and UV-B rays react with DNA and other biological molecules. Ionizing radiation and many anti-cancer drugs are thought to be the most toxic form of DNA damage induces double chain fractures. Repair of these fractures will continue in the cell's genomic stability and plays a critical role in survival. Many researchers believe that the survival rate of cancer cells inactivation of proteins involved in repair of double chain fractures or uses treatment modalities to reduce their expression (Lien et al., 2008, Hitoshi, 2010). Therefore, the effect of capsaicin, which is the primary active ingredient in peppers, on both oxidant status and genetic material by using some molecular biological methods was investigated. In this study, it was observed that all samples extracted from red hot pepper and red sweet peppers showed DNA protective activity compared to control as shown that figure 1 and figure 2. Low amount of capsaicin obtained from sweet peppers does not mean that it does not show DNA protective activity. Indeed, DNA protective activity evaluations are interpreted by evaluating the band image and brightness. Thus, we can say that all of the samples are associated with DNA protection as compared to control group. As capsaicin is responsible for the bitterness of peppers, sweet peppers are quite low, as shown in our study.

However, it has been shown in this study for the first time that it has a protective effect on DNA even in low amounts. Antioxidants have been reported to be effective in preventing damage to genetic material (André et al., 2017). Although antioxidants have a protective effect on DNA, prolonged exposure to high levels of UV radiation may cause a decrease in cellular

antioxidant levels (Cadet et al., 2005). The radical molecules formed together with the increase in cellular oxidant level can easily be found in nucleotides such as OH and H₂O₂, which can lead to irreversible DNA damage (Dai and Mumper 2010). Therefore, in this study, we evaluated DNA protective activity and oxidant status together. In fact, these different type pepper's capsaicin extraction suppressed the formation of lin DNA, generated by exposure of PBR 322 plasmid DNA to ·OH generated by H₂O₂ -UV-photo- lysis. The effect of capsaicin on peroxy radical elimination has been reported to be much better than both caffeine and melatonin (Balasundrama et al., 2006).

In our study, the effect of eliminating the DPPH radical from the capsaicin was also found to be quite high. Many studies have shown that capsaicin has a strong antioxidant capacity (Christopher and Garold 2006, Young 2002), and it is thought that this reaction neutralizes peroxy radical, which is a very strong radical because of this enzyme (Rosa et al., 2002, Leonardi et al., 2012). In our study, it was determined that the oxidant value of the capsaicin in red peppers was very low. In this study, the results of the antioxidant capacity of the capsaicin are consistent with the literature, and we can say that both the sweet and hot capsaicin have a high level of antioxidant capacity. Capsaicin is an irritant alkaloid that gives chili peppers a sharp scent and soreness, and it is assessed with a measurement unit called Scoville used to measure the hotness of the peppers (Scoville, 1992). Hot peppers, such as chili, tabasco, paprika, cayenne pepper contain these condiments in different quantities. Sweet peppers, also known as bell peppers (so called because of their shape), contain lesser amounts of capsaicin due to their sweetness (Peter, 2012). Although capsaicin is a parameter of hot peppers, in this study, the purifying of capillary from sweet peppers was carried out. As expected, the amount of capsaicin in red chillies was higher than the sweet pepper. The results obtained from *Capsicum annuum L.* was found to be lower capsaicin in the red sweet peppers grown, consumed in the Southeastern Anatolia region than the hot peppers. According to our results, the amounts of capsaicin were found to be different according to the solvent and genotypes in which the peppers were extracted. In terms of bioactivity, this is the first study that focuses on the extract of the capsaicin isolated from sweet peppers.

However, an extensive amount of capsaicin and bioactivity studies should determine not only on capsaicin isolated from *Capsicum annuum L.* peppers, but also on samples that were taken from different types of peppers. Also, this experimental results can be compared to analytical degree of capsaicin in further studies.

CONCLUSIONS

This study is a preliminary study for further studies, and we are convinced that testing of different bioactivity's properties, and carrying out more extensive research on the antioxidant properties of capsaicin and its effect on DNA protective activity would open the way for its assessment in both health and other areas.

ACKNOWLEDGEMENT and NOTES

Authors would like to thank to Gaziantep University, Biology Department.

REFERENCES

- Aırakı M, Leterrier M, Mateos R, Valderrama R, Chaki M, Juan B, Luis A, Palma D.R.J, Francisco J.C 2012. Metabolism of reactive oxygen species and reactive nitrogen species in pepper (*Capsicum annuum L.*) plants under low temperature stress. *Plant Cell and Environment*, 35: 281–295.
- Adebayo AH, Tan NH, Akindahunsi AA, Zeng GZ, Zhang YM 2010. Anticancer and antiradical scavenging activity of *Ageratum conyzoides L.* (Asteraceae). *Pharmacogn Mag*, 6 (21) :62-66.
- Ai L, Huy P, He H, Huy C.P 2008. Free Radicals, Antioxidants in Disease and Health. *Int J Biomed Sci*, 4 : 89-96.
- André PS, Natália CM, Natielen JS, Carlos F, Martins M, Camila C, Machado G 2017. Sunlight damage to cellular DNA: Focus on oxidatively generated lesions. *Free Rad. Biol. Med*, 107:110-124.
- Arct J, Pytkowska K 2008. Flavonoids as components of biologically active cosmeceuticals. *Clin. Dermatol*, 26 : 347–357.
- Balasundrama N, Sundramb K, Sammana S 2006. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chem*, 99:191–203.
- Bayıl Oguzkan S, Uğraş S, Aksoy ES, Ülger S, Üzmez Ş, Karagül B, Uğraş Hİ 2016. Biological Activity Analysis of Hazelnut Nutshell Extracts. *International J. Chem. Natural Sci.* 4 :481-485.
- Bayıl Oğuzkan S, Can M, Kılıç Hİ, Uğraş Hİ, Özaslan M 2018. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Yetişen Yeşil Acı Biberlerdeki Kapsaisinin DNA Koruyuculuğu Üzerine Etkisi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg*, 21(1):26-31.
- Cadet J, Sage E, Douki T 2005. Ultraviolet radiation-mediated damage to cellular DNA. *Mutat Res*, 571 : 3-17.
- Camilo LA, Ana D 2014. Evaluating the antioxidant capacity of natural products: A review on chemical and cellular-based assays. *Analytica chimica acta*, 763:1-10.
- Christopher AR, Garold SY 2006. Metabolism of Capsaicinoids by P450 Enzymes: A Review of Recent Findings on Reaction Mechanisms, Bio-

- Activation, and Detoxification Processes. *J. Drug Metabol. Reviews*, 4: 38.
- Dai J, Mumper RJ 2010. Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15 : 7313–7352.
- Ertaş A, Gören AC, Haşimi T, Kolak U 2015. Evaluation of antioxidant, cholinesterase inhibitory and antimicrobial properties of *Mentha longifolia* subsp. *noeana* and its secondary metabolites. *Records of Natural Products*, 9(1): 105-115.
- Filomena C, Giancarlo A, Menichini F 2007. Chemical and biological variability of hot pepper fruits (*Capsicum annuum* var. *acuminatum* L.) in relation to maturity stage. *Food Chem*, 102 : 1096–1104.
- Hayman M, Kam PC 2008. Capsaicin: A review of its pharmacology and clinical applications. *Current Anaesthesia and Critical Care*, 19 (5) :338-343.
- Hitoshi M 2010. Role of antioxidants in the skin: Anti-aging effects. *J. Dermatolog Sci*, 58 : 85–90.
- Halliwell, B 2007. Biochemistry of oxidative stress *Biochem Soc Trans*. 35 (5): 1147-1150.
- Kavindra R, Zhihong N 2014. From nature to synthetic systems: shape transformation in soft materials. *J. Mater. Chem. B*, 2 :2357-2368.
- Kempaiah RK, Srinivasan K 2004. Influence of dietary curcumin, capsaicin and garlic on the antioxidant status of red blood cells and the liver in high-fat-fed rats. *Ann Nutr. Metab*, 48: 314–320.
- Kumar SS, Devasagayam TPA, Jayashree P, Kesavan CB 2001. Mechanism of protection against radiation induced DNA damage in plasmid pBR322 by Caffeine. *Int. J. Radiat. Biol*, 77: 617- 623.
- Leonardi B, Miron D, Schapoval E, Rodrigues J, Grace O, Gosmann O 2012. Antioxidant and anti-inflammatory properties of *Capsicum baccatum*: From traditional use to scientific approach. *Journal of Ethnopharmacology*, 6 : 228-233.
- Lien A, Pham H, Hua H, Chuong PH 2008. Free Radicals, Antioxidants in Disease and Health. *Int J Biomed Sci*, 4: 89-96.
- Mateos R, Jiménez A, Román P, Romojaro F, Bacarizo S, Leterrier M, Manuel G, Francisca S, Luis A, Corpas, M. Palma J 2013. Antioxidant Systems from Pepper (*Capsicum annuum* L.): Involvement in the Response to Temperature Changes in Ripe Fruits. *Int J Mol. Sci*, 14: 9556–9580.
- Materska M, Perucka I 2005. Antioxidant Activity of the Main Phenolic Compounds Isolated from Hot Pepper Fruit (*Capsicum annuum* L.) *J. Agric. Food Chem*, 53: 1750–1756.
- Peter KV 2012. *Handbook of Herbs and Spices*. 1 st ed. United states of America: Elsevier Science.
- Repetto MG, Llesuy SF 2002. Antioxidant properties of natural compounds used in popular medicine for gastric ulcers. *Braz J Med Biol. Res*, 35 (5) : 523-534.
- Reinbach H.C, Smeets A, Martinussen T, Møller P, Westerterp-Plantenga M.S 2009. Effects of capsaicin, green tea and CH-19 sweet pepper on appetite and energy intake in humans in negative and positive energy balance. *Clin Nutr*, 28(3):260-5.
- Rosa A, Deiana M, Casu V, Paccagnini S, Appendino G, Ballero M, Dessì MA 2002. Antioxidant activity of capsinoids. *J. Agric. Food. Chem*, 50 : 7396-401.
- Russo A, Acquaviva R, Campisi A, Sorrenti V, DiGiacomo C, Virgata G, Barcellona ML, Vanella A 2000. Bioflavonoids as antiradicals, antioxidants and DNA cleavage protectors. *Cell. Biol. Toxicol*, 16: 91-98.
- Segi H, Yamada S, Kato S, Murasigo S 1999. Method of industrial purification of capsaicin US. Patent Application no : 5, 955, 631.
- Scoville W 1992. Note on capsicums. *Journal of the American Pharmaceutical Association*. 1: 453–4.
- Tarpey MM, Wink DA, Grisham MB 2000. Methods for detection of reactive metabolites of oxygen and nitrogen: in vitro and in vivo considerations. *Am J. Physiol*, 286 : 431–44, 2004.
- Vanella A, Russo A, Acquaviva R, Campisi A, Giacomo C.D, Sorrenti V, Barcellona M.L (2002). 1 - Propionyl-carnitine as super oxidescavenger, antioxidant, and DNA cleavage protector. *Cell Biol. Toxicol*, 16: 99-104.
- Young JS 2002. Anti-tumor promoting potential of selected spice ingredients with antioxidative and anti-inflammatory activities: a short review. *Food Chem. Toxicol*, 40: 1091-1097.
- William DR, Stover CA, Kathleen CB, Haley EP, Cathryn DS, Christopher AM, John G.B, Monica AV, Piyali D 2014. Bioavailability of capsaicin and its implications for drug delivery. *J Control Release*, 28:96–105.

Chemical Content and Biological Activity Spectrum of *Nigella sativa* Seed Oil

Yusuf SİCAK¹ , Elif Ayşe ERDOĞAN ELİUZ² 

¹Muğla Sıtkı Koçman University, Köyceğiz Vocational School, Department of Medicinal and Aromatic Plants, 48800, Muğla, ²Mersin University, Technical Sciences Vocational School, Department of Food Technology, 33343, Mersin

¹<https://orcid.org/0000-0003-2339-5837>, ²<https://orcid.org/0000-0003-4317-3000>

✉: yusufsicak@mu.edu.tr

ABSTRACT

In this study, it was aimed to investigate the chemical composition and biological activities including antioxidant, anticholinesterase, antimicrobial and urease activity of *Nigella sativa* seed oil growing in Muğla (Köyceğiz). The oil of plant was obtained using Soxhlet apparatus. Thirty-one components of the oil were determined by Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS). The major components of oil were detected as palmitic acid (10.48%), linoleic acid (8.05%), σ -cyemene (7.11%), 3,5-dimethyl cyclohexanol (6.68%), thymoquinone (6.44%), *p*-tert-butyl catechol (6.28%) and 8-methyl-1-undecene (3.28%). The findings obtained from biological activity assays showed that *Nigella sativa* oil was a promising candidate that can be used in the discovery of new drugs and the preparation of new natural drug preparations.

Research Article

Article History

Received : 09.03.2019

Accepted : 16.05.2019

Keywords

Nigella sativa
Chemical Composition
Biological Activity

Çörek Otu Tohumu Yağının Kimyasal İçeriği ve Biyolojik Aktivite Spektrumu

ÖZET

Bu çalışmada, Muğla (Köyceğiz)'de yetişen *Nigella sativa* (çörek otu) tohumu yağının kimyasal bileşimi ile yağın antioksidan, antikolinesteraz, antimikrobiyal ve üreaz aktivitesinin araştırılması amaçlanmıştır. Bitkinin yağı, Soxhlet aparatı kullanılarak elde edildi. Yağ bileşimi Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi (GC-MS) ile belirlendi. GC-MS sonuçlarından, yağın otuz bir bileşeni tespit edilebildi. Yağın ana bileşenleri palmitik asit (% 10.48), linoleik asit (%8.05), σ -siemen (% 7.11), 3,5-dimetil sikloheksanol (% 6.68), timokinon (% 6.44), *p*-tert-butil katekol (% 6.28) ve 8-metil-1-undesen (% 3.28) olarak belirlendi. Biyolojik aktivite test sonuçları tıbbi özelliği olan çörek otu yağının yeni ilaçların keşfinde ve yeni doğal drog preparatların hazırlanmasında kullanılabilecek umut verici bir aday olduğunu göstermektedir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 09.03.2019

Kabul Tarihi : 16.05.2019

Anahtar Kelimeler

Çörek Otu
Kimyasal Bileşen
Biyolojik Aktivite

To Cite : Sıcak Y, Erdoğan Eliuz EA 2019. Chemical Content and Biological Activity Spectrum of *Nigella sativa* Seed Oil. KSU J. Agric Nat 22(5): 928-934. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.537674.

INTRODUCTION

Medicinal aromatic plants are cultivated to obtain specialty products including oils and pharmaceuticals (Ali-Shtayeh *et al.* 2018). *Nigella sativa*, annual herbaceous plant, is generally known as black caraway seed and black cumin which belongs to Ranunculaceae family (Forouzanfar *et al.* 2014). It is commonly cultivated in the Mediterranean region, Eastern Europe, Middle East and Western Asia (Noor *et al.* 2012; Venkatachallam *et al.* 2010). It is one of the most common medicinal herbs which is widely used around the world (Ahmad *et al.* 2013). Seed and oil of *N. sativa* are used traditionally not only as a spice because of its characteristic aroma and bitter taste but also as a medicine to treat asthma, bronchitis, cough, fever,

eczema, headache, influenza and rheumatism for more than 2000 years (Forouzanfar *et al.* 2014; Burits and Bucar 2000; Gharby *et al.* 2015).

There is a growing interest in use of natural bioactive compounds purified from plants that have demonstrated to be potent antioxidants, antimicrobials and key enzyme inhibitors related with many diseases as cholinesterase for Alzheimer's disease; tyrosinase for skin disorders and urease for gastric and peptic ulcers/cancer (Llorent-Martinez *et al.* 2018). *N. sativa* seeds are consisted of complicated substances of many compounds which are rich in source of alkaloids, carvacrol, essential oil (0.4-0.45 %), fixed oil (32-40 %), proteins, saponin, terpenoids, quinones (such as thymoquinone, nigellone, and

thymohydroquinone), minerals and vitamins (Forouzanfar *et al.* 2014; Salem 2005; Hosseinzadeh *et al.* 2013). Finally, highly prized nutritious oil was prepared from *N. sativa* seeds (Gharby *et al.* 2015). It is well known that *N. sativa* seed oil has therapeutic potential as an antiatherogenic (Al-Naqeep *et al.* 2011), antihypertensive (Huseini Fallah *et al.* 2013), and anti-obesity (Le *et al.* 2004) agent. *N. sativa* oil was also found to be effective as a supplementary treatment in patients with insulin resistance (Najmi *et al.* 2008).

Therefore, it is important to characterize *N. sativa* oil with potential biological activities. In this regard, the aim of present study was to characterize the chemical composition, to evaluate the total flavonoid and phenolic contents and to assess the *in vitro* antioxidant, anticholinesterase, antiurease and antimicrobial potential of *Nigella sativa* seed oil.

MATERIAL and METHODS

Plant Material and Extraction of Oil

N. sativa were collected from Köyceğiz region of Muğla, Turkey, during September-October of 2017, identified at the Herbarium of Biology, Faculty of Science, Muğla Sıtkı Koçman University, Turkey.

Approximately, 100 grams of *N. sativa* seed sample was used for the oil extraction process. Solvent-extraction was performed using a Soxhlet apparatus with hexane for 8 hours. The mixture added to water. After liquid-liquid extraction, the aqua in organic phase was dried over anhydrous Na₂SO₄. Organic phase was then concentrated under vacuum. Obtained oil was kept in desiccator, protected from sunlight until analysis.

GC-MS Analysis

The qualitative and quantitative analysis of oil were conducted at Central Research Laboratories Application and Research Center, Giresun University, using a GC-MS 7890A-(5975C inert MSD) instrument equipped with an Agilent HP5-MS column (30 m x 250 µm film, 0.25 µm). The oil was diluted 1:100 (v/v) in hexane prior to the injection, and the injection volume was adjusted as 1.5 mL of the solution. The column temperature was heated from 50°C to 270°C by an increase of 5°C / minutes, and then maintained for 25 minutes at 270°C. The temperature of injection port and detector were 250°C and 260°C, respectively. The carrier gas was helium. Characterization of oil components were surveyed by the Wiley and NIST libraries with comparing the mass spectra of the analysed oil.

Biological Activity Studies

Determination of antioxidant activity

Solutions of oil obtained from *N. sativa* seed were prepared at four different concentrations as 200-100-

50-25 ppm in EtOH. EtOH was used as the control. The comparison of the activity tests were evaluated by BHA and α -tocopherol standard antioxidant compounds. Results were expressed as 50% concentration (IC₅₀) for ABTS^{•+} scavenging activity, β -carotene-linoleic acid and DPPH[•] assay. CUPRAC assay results are given as A_{0.5}.

The spectrophotometric analysis of antioxidant activities were performed by the following methods: ABTS^{•+} scavenging activity (Re *et al.* 1989), β -carotene-linoleic acid (Marco 1968; Öztürk *et al.* 2011), CUPRAC assay (Apak *et al.* 2004) and DPPH[•] scavenging activity (Blois 1958).

Determination of anticholinesterase activity

The inhibitory activities of AChE and BChE were measured by the spectrophotometric method. Solutions of *N. sativa* seed oil were prepared from the 200-100-50-25 ppm at concentrations. The enzyme sources were AChE and BChE from electric eel and horse serum, respectively. The substrates were acetylthiocholine iodide and butyrylthiocholine chloride. The Ellman's reagent, DTNB (5,5-dithiobis(2-nitrobenzoic)acid, was used for the determination of the anticholinesterase activity (Ellman *et al.* 1961).

Determination of antimicrobial activity

The antimicrobial activity of oil of *N. sativa* were tested against several pathogens, namely *Bacillus subtilis* (ATCC 6633), *Candida albicans*, *Candida parapsilosis*, *Escherichia coli* (ATCC 25293), *Pseudomonas aureginosa* and *Staphylococcus aureus* (ATCC 25925) using modified spectrophotometric microdilution technique. Firstly, the inoculums of microorganisms were prepared in 4 mL of Tryptic Soy Broth for bacteria, 4 mL of Sabouraud Dextrose Broth for yeasts and incubated at 37°C, overnight. After 24 hours, the culture suspensions were adjusted to 0.5 mL McFarland Standard Turbidity (~10⁴ for bacteria, ~10³ for yeasts) and stored at +4°C until use (Mcfarland 1987).

The 50 µL (400 µg/mL) of *N. sativa* seed oil was dissolved with 1 mL of dimethyl sulfoxide (10 % DMSO). The experiment was performed on 96-well microtiter plates and firstly 50 µL of Mueller Hinton Broth (MHB) medium were added into all wells. Two-fold serial dilutions of 50 µL of oil was made on all x-axis along of Elisa plate. Columns 11 and 12 were used as negative and positive controls. Finally, 10 µL culture of microorganisms was inoculated on all wells except medium control wells. All of the plates were incubated at 37°C for 24 hours, the growth (turbidity) was measured at 600 nm for bacteria, 415 nm for yeasts. For MIC analysis, the optical density was read both before, T₀ and after 24 hours-incubation, T₂₄. For each plate, MIC were calculated using the following formula: The OD for each replicate at T₀ was

subtracted from the OD for each replicate at T24.

$$\text{The Percent Growth} = \frac{\text{OD}_{\text{test}}}{\text{OD}_{\text{control}}} \times 100$$

$$\text{Percent Inhibition} = 1 - \frac{\text{OD}_{\text{test well}}}{\text{OD}_{\text{control well}}} \times 100$$

for each row of the 96-well plate. The dose-response curves obtained from plotting the linear of the concentration of the oils against the resulting percent inhibition of microbial growth were evaluated with the regression analysis, giving an R^2 value. MIC (the lowest concentration of test material which results in 99.9% inhibition of growth) were calculated using the R^2 formula on inhibition curve (Patton *et al.* 2006; Erdoğan Eliuz *et al.* 2017).

Determination of urease activity

The spectrophotometric analysis of urease inhibition was performed according to the indophenol method of Weatherburn (1967) by measuring ammonia production.

Statistical Analysis

All data on biological activity assay studies were the averages of triplicate analyses. Antioxidant, anticholinesterase and urease activity assays were conducted at four concentrations, while antimicrobial activity conducted at ten concentrations. All the results are presented as 50% concentration (IC_{50}) (%). Results are presented as mean \pm standard error of the mean (SEM). Significant differences between means were determined by Student's-t test and considered to be significant at a level of $p \leq 0.05$.

The SPSS-one-way analysis of variance (ANOVA), Tukey test were performed for the % inhibition values to detect ($p \leq 0.01$.) the differences. The experiments were conducted with a minimum of 3 times.

RESULTS and DISCUSSION

Chemical Composition of the Seed Oil

The investigation of the quantitative and qualitative composition of natural products is a key parameter to explore their potential in various applications including functional food, nutraceutical or pharmaceutical. In this study, totally thirty-one components were detected in *N. sativa* seed oil and were given in Table 1. The major components detected from seed of *N. sativa* were palmitic acid (10.48%), linoleic acid (8.05%), σ -cymene (7.11%), 3,5-dimethyl cyclohexanol (6.68%), thymoquinone (6.44%), *p*-tert-butyl catechol (6.28%) and 8-methyl-1-undecene (3.28%). Whereas, El-Dakhakhny and coworkers (1963) characterized thymoquinone (27.8%-57.0%), ρ -cymene (7.1%-15.5%), carvacrol(5.8%-11.6%), *t*-anethole (0.25%-2.3%), 4-terpineol (2.0%-6.6%) and

longifoline (1.0%-8.0%) as major components. Burits and Bucar (2000) reported that the major components in *N. sativa* commercial seeds oil were thymoquinone (30%-48%), *p*-cymene (7%-15%), carvacrol (6%-12%), 4-terpineol (2%-7%), *t*-anethole (1%-4%) and the sesquiterpene longifolene (1%-8%). Piras *et al.* (2013) showed that the major constituents in the samples from *N. sativa* seed of Turkey and Egypt were thymoquinone (77.2%-86.2%), σ -cymene (5.4%-11.0%) and the lower terpinen-4-ol, methyl chavicol, trans-sabynil acetate, α -thujene, limonene and γ -terpinene. A study using the soxhlet extraction method reported that the oil contents of *Nigella sativa* seeds collected from Turkey, India, U.S.A, Egypt are quite similar and the basic components were to be myristic, palmitic, stearic, oleic, linoleic, linolenic, arachidic, behenic, eicosadienoic acids (Ustun *et al.* 1990).

Table 1. Composition of *N. sativa* seed oil

RT	Component	Quantity(%)
3.115	8-methyl-1-undecene	3.28
9.003	α -Thujene	1.26
9.289	α -Pinene	0.28
10.983	Sabinene	0.16
11.121	2-6-Pinene	0.33
13.306	σ -Cymene	7.11
13.467	<i>D</i> -Limonene	0.34
14.897	γ -Terpinene	0.47
17.781	<i>Trans</i> -methoxy thujane	1.11
20.619	4-terpinol	0.20
21.849	1,2-epoxy-menth-4-ene	0.19
23.978	Thymoquinone	6.44
26.410	Carvacrol	0.87
28.206	α -Longipinene	0.28
30.564	Longifolene	1.38
37.196	<i>p</i> -tert-butyl catechol	6.28
45.378	Myristic acid	0.51
51.077	4-undecyl phenol	1.31
51.523	Borneol	0.95
52.170	Oleic acid	1.33
52.771	Palmitic acid	10.48
54.190	<i>N</i> -(3-methylphenyl)pentanamide,	0.71
3.115	8-methyl-1-undecene	3.28
9.003	α -Thujene	1.26
54.327	4-octyl phenol	0.81
54.688	<i>m</i> -Tolylacetamide	0.44
55.346	6-acetamido-2,2-dimethyl-2 <i>H</i> -1-benzopyran-4-one	0.80
56.112	Linoleic acid methyl ester	1.49
56.267	Elaidic acid methyl ester	0.66
56.484	3,5-dimethyl cyclohexanol	6.68
57.022	<i>N</i> -(3-methylphenyl)hexanamide	0.78
57.200	<i>p</i> -Propionotoluidide	0.68
57.938	Linoleic acid	8.05

RT: Retention Time

Biological Activities of the Seed Oil

Antioxidant Activity

To the best of our knowledge, this study is the first attempt to highlight the *in vitro* antioxidant activity of

oil obtained from the seed of *N. sativa* collected from Köyceğiz-Turkey. The antioxidant activity results of *N. sativa* seed oil given in Table 2. According to the β -carotene/linoleic acid assay results, the oil exhibited the lipid peroxidation inhibitory activity value of (IC₅₀) 10.15±0.13 µg/mL. In the ABTS^{•+} assay, oil (IC₅₀:4.77±0.19 µg/mL) showed better cation radical scavenging activity than standard α -TOC (IC₅₀=54.97±0.99 µg/mL). The oil demonstrated activity with an IC₅₀ value of 52.61±0.22 µg/mL in DPPH free scavenging activity. The oil indicated higher CUPRAC activity with an A_{0.5} value of

31.27±0.02 µg/mL, than α -TOC (A_{0.5}=40.55±0.04 µg/mL) using as a pharmaceutical standard. The antioxidant activity of seed oil is related to its composition. Among the bioactive compounds of *N. sativa* seed oil, especially the presence of thymoquinone has positive effect on the antioxidant activity (Beckstrom-Sternberg and Duke, 1994; Bourguou et al., 2010). Additionally, carvacrol, cymene, 4-terpineol and α -pinene thymol are the most important bioactive compounds of *N. sativa* seed oil (Islam et al., 2017).

Table 2. Antioxidant activity of *N. sativa* seed oil^a

Sample	Antioxidant Activity			
	β -carotene/linoleic acid assay IC ₅₀ (µg/mL)	ABTS ^{•+} assay IC ₅₀ (µg/mL)	DPPH [•] assay IC ₅₀ (µg/mL)	CUPRAC assay A _{0.50} (µg/mL)
Oil	5.18±0.45	4.77±0.19	52.61±0.22	31.27±0.02
BHT ^b	2.31±0.11	2.97±0.05	54.80±0.78	3.92±0.04
α -TOC ^b	4.48±0.17	4.95±0.30	12.21±0.06	40.44±0.03

^aValue represent the means ± standard deviation of three parallel measurements ($p < 0.05$)

^bReference compound

Anticholinesterase Activity

Acetylcholine is a neurotransmitter, requisite in the attention, memory and learning functions. Acetylcholine inactivation can cause many neurodegenerative diseases (e.g. Alzheimer's disease). Cholinesterase inhibitors have a key role on delaying the acetylcholine inactivation and finally supporting neuroprotection. Natural products are extensively investigated for their potential application as cholinesterase inhibitors. In spite of the anticholinesterase and butyrylcholinesterase activity

of various plant compounds has been verified, *in vitro* laboratory studies using *N. sativa* seed oils are very limited (Kannan *et al.* 2019).

The anticholinesterase activity results of *N. sativa* seed oil was given in Table 3. *N. sativa* seed oil showed significant activity against AChE with an IC₅₀ value of 7.32±0.41 µg/mL. On the other hand, *N. sativa* seed oil against BChE exhibited the highest activity with an IC₅₀ value of 35.48±0.83 µg/mL that was higher than galantamine (IC₅₀=46.03±0.14 µg/mL) using as a pharmaceutical standard.

Table 3. Anticholinesterase and urease inhibition activities of *N. sativa* seed oil

Sample	Anticholinesterase Inhibitory Activity		Urease Inhibitory Activity
	AChE assay IC ₅₀ (µg/mL)	BChE assay IC ₅₀ (µg/mL)	Urease assay IC ₅₀ (µg/mL)
Oil	7.32±0.41	35.48±0.83	30.21±0.37
Galantamine ^b	4.48±0.78	46.03±0.14	NT
Thiourea ^b	NT	NT	23.08±0.19

^aValue represent the means ± standard deviation of three parallel measurements ($p < 0.05$), ^bReference compound, NT: Not tested

Urease Activity

The urease activity results of *N. sativa* seed oil was also given in Table 3. According to urease activity assay result, *N. sativa* seed oil indicated significant activity with an IC₅₀ value of 30.21±0.37 µg/mL.

Antimicrobial Activity

The 24 hours incubation of *N. sativa* seed oil with microorganisms was found to be statistically significant in terms of the resultant inhibition ($p < 0.01$) (Table 4). Accordingly, the highest average inhibitory effect of volatile oil was against *C. albicans* (86.07%), while the lowest inhibition was against *E. coli* (-42.31).

Table 4. Statistical analysis of average % inhibition variation of microorganisms incubated with *N. sativa* seed oil for 24 hours. The difference between the average % inhibition groups level were compared according to the Tukey test.

Microorganisms	% Inhibition	
	Average	Std±
<i>E. coli</i>	-42.31 ^a	±21.03
<i>P. aureginosa</i>	-0.82 ^b	±13.1
<i>B. subtilis</i>	-9.13 ^c	±7.9
<i>S. aureus</i>	-17.8 ^d	±12.9
<i>C. albicans</i>	86.07 ^{a,b,c,d,e}	±5.2
<i>C. parapsilosis</i>	-13.14 ^e	±19.3

Values with the same letters are significantly different from each other ($p < 0.01$).

Many studies about different *N. sativa* extracts showed that they had a potent effect on twenty-one pathogenic bacteria such as *E. coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa* and some yeasts (Hanafy and Hatem 1991; Nair *et al.* 2005; Hannan *et al.* 2008; Chaieb *et al.* 2011). In our study, *N. sativa* oil has been studied for its antimicrobial activity against a several range of microorganisms by using the spectrophotometric microdilution assay. Generally, all tested microorganisms were sensitive to *N. sativa* oil at MIC range of 8.36-21.11 µg/mL. The MIC of *N. sativa* oil results for *E. coli* was 13.62 µg/mL, *B. subtilis* was 21.11 µg/mL, *S. aureus* was 16.14 µg/mL, *C. albicans* was 8.36 µg/mL, *C. parapsilosis* and *P. aeruginosa* were 8.9 µg/mL (Figure 1). Therefore, the maximum antimicrobial activity was determined against *C. albicans* (8.36 µg/mL) while the minimum activity was determined against *B. subtilis* (21.11 µg/mL). According previous studies, *N. sativa* oil was reported to have a broad spectrum of activity against *Salmonella typhi*, *Staphylococcus albus*, *Shigella niger*, *Escherichia coli* and *Vibrio cholera* (Agrawal *et al.* 1979) and *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa* (El-Kamali *et al.* 1998), using the plate diffusion method (Hosseinzadeh *et al.* 2007). *In vivo* conditions, chloroform and methanol extracts, and the essential oil of *N. sativa* inhibited strongly *E. coli* and *S. aureus* at a range of 0.38-33 mg/kg. In addition, it was reported that the *N. sativa* seed oil was active against multiple drug-resistant (ampicillin, tetracycline and co-trimoxazole etc.) isolates of *Vibrio cholerae*, *E. coli* and *Shigella* spp. *in vitro* (Ferdous *et al.* 1992).

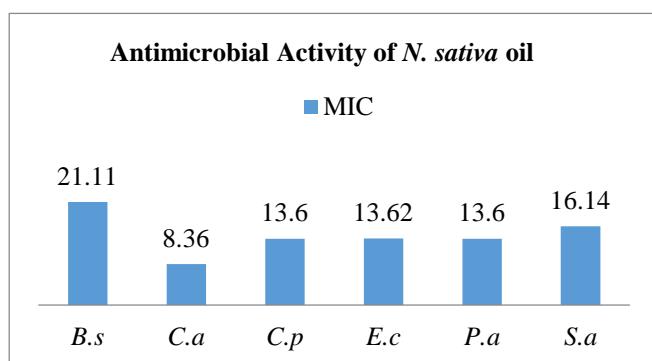


Figure 1. The comparison of MIC (µg/mL) values of *N. sativa* oil against *B. subtilis* (*B.s*), *C. albicans* (*C.a*), *C. parapsilosis* (*C.p*), *E. coli* (*E.c*), *P. aeruginosa* (*P.a*) and *S. aureus* (*S.a*).

The pharmacological actions of *N. sativa* have been reported include antipyretic, antimicrobial, antineoplastic activity and protection against nephrotoxicity, depending on its chemical content (Ali and Blunden, 2003). Similarly, it is appear that the beneficial effects of *N. sativa* might be related to its components which have strong antimicrobial, antioxidant, urease, and anticholinesterase actions in this study.

CONCLUSION

In complementary medicine concept, herbal drugs extracted from natural products are being increasingly preferred around the world. Furthermore, the extracts are evaluated as important ingredients in several applications ranging from functional food to active packaging industries. *N. sativa* is one such herb with numerous beneficial effects. In this study, the chemical content of oil derived from the *N. sativa* seed collected from Köyceğiz region were investigated and antioxidant, anticholinesterase, urease and antimicrobial activity of oil were determined *in vitro*. Among the identified thirty-nine compounds, high amounts of palmitic acid (10.48%) and linoleic acid (8.05%) were detected in the *N. sativa* oil.

The results of *N. sativa* seed oil biological activities can be summarized as follows:

- It can be used as a natural antioxidant supplements to be beneficial in preventing diseases.
- In particular, for the BChE test result, it can be evaluated as anticholinesterase agent to inhibit the action against butyrylcholinesterase enzymes.
- The seed oil can be potent urease inhibitors which will be explored for patients to prevent urease-induced symptoms or diseases.
- The antimicrobial performance of *N. sativa* seed oil suggests that it is a good candidate for antimicrobial practices.

Hence, the findings can be a valuable for biotechnology, biodiversity, medicines and medical studies for prospective studies of *N. sativa* seed oil. Moreover, they will help to understand the significance of the biological diversity and the conservation efforts of plant.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank the Muğla Sıtkı Koçman University Research Fund (Project Number: 17/216) for the financial support of the antioxidant and anticholinesterase activities in this research project.

REFERENCES

- Agrawal R, Kharya MD, Shrivastava R. 1979. Antimicrobial and anthelmintic activities of the essential oil of *Nigella sativa* Linn. *Indian Journal of Experimental Biology*, 17(11): 1264-1265.
- Ahmad A, Husain A, Mujeeb M, Khan SA, Najmi AK, Siddique NA, Damanhouri ZA, Anwar F. 2013. A Review on Therapeutic Potential of *Nigella sativa*: A Miracle herb. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 3(5): 337-352.
- Ali BH, Blunden G. 2003. Pharmacological and Toxicological Properties of *Nigella sativa*. *Phytotherapy Research*, 17: 299-305.
- Ali-Shtayeh MS, Jamous RM, Abu-Zaitoun SY, Akkawi RJ, Kalbouneh SR, Bernstein N, Dudai N. 2018. Chemical Profile and Bioactive Properties of The Essential Oil Isolated from *Clinopodium*

- serpyllifolium* (M.Bieb.) Kuntze Growing in Palestine. *Industrial Crops and Products*, 124: 617-625.
- Al-Naqeep G, Al-Zubairi AS, Ismail M, Amom ZH, Esa NM. 2011. Antiatherogenic Potential of *Nigella sativa* Seeds and Oil in Diet-Induced Hypercholesterolemia in Rabbits. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 1-8.
- Apak R, Güçlü K, Özyürek M, Karademir SE. 2004. Novel Total Antioxidant Capacity Index for Dietary Polyphenols and Vitamins C and E, Using Their Cupric Ion Reducing Capacity In The Presence of Neocuproine: Cuprac Method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(26): 7970-7981.
- Beckstrom-Sternberg SM, Duke JA. 1994. Potential for synergistic action of phytochemicals in spices. In *Spices Herbs and Edible Fungi*. Elsevier Science: Oxford, 201-223.
- Blois MS. 1958. Antioxidant Determinations by The Use of A Stable Free Radical. *Nature*, 181: 1199-1200.
- Bourgou, S., Pichette, A., Marzouk, B., Legault, J. 2010. Bioactivities of black cumin essential oil and its main terpenes from Tunisia. *South African Journal of Botany*, 76(2): 210-216.
- Burits M, Bucar F. 2000. Antioxidant Activity of *Nigella sativa* Essential Oil. *Phytotherapy Research*, 14(5): 323-328.
- Chaieb K, Kouidhi B, Jrah H, Mahdouani K, Bakhrouf A. 2011. Antibacterial activity of Thymoquinone, an active principle of *Nigella sativa* and its potency to prevent bacterial biofilm formation. *BMC Complement and Alternative Medicine*, 11(29): 1-6.
- El-Dakhkhny M. 1963. Studies on the chemical constituents of Egyptian *Nigella sativa* L. seeds. The essential oil. *Planta Med*, 11: 465-470.
- Ellman GL, Courtney KD, Andres V, Featherstone RM. 1961. A New and Rapid Colorimetric Determination of Acetylcholinesterase Activity. *Biochemistry Pharmacology Behavior*, 7(2): 88-95.
- El-Kamali HH, Ahmed AH, Mohammed AS, Yahia IA, El-Tayeb IH, Ali AA. 1998. Antibacterial properties of essential oils from *Nigella sativa* seeds, *Cymbopogon citatus* leaves and *Pulicaria undulata* aerial parts. *Fitoterapia*, 34: 77-78.
- Erdoğan Eliuz EA, Ayaş D, Gökşen G. 2017. *In vitro* Phototoxicity and Antimicrobial Activity of Volatile Oil Obtained from Aromatic Plants. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(3): 758-768.
- Ferdous AJ, Islam SN, Ahsan M, Hasan CM, Ahmed ZU. 1992. *In vitro* Antibacterial Activity of the Volatile Oil of *Nigella sativa* Seeds Against Multiple Drug Resistance Isolated of *Shigella* spp. and Isolated of *Vibrio cholerae* and Isolated of *Escherichia coli*. *Phytotherapy Research*, 6(3): 137-140.
- Forouzanfar F, Fazly Bazzaz BS, Hosseinzadeh H. 2014. Black Cumin (*Nigella sativa*) and Its Constituent (Thymoquinone): A Review on Antimicrobial Effects. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, 17(12): 929-938.
- Gharby S, Harhar H, Guillaume D, Roudani A, Boulbaroud S, Ibrahim M, Ahmad M, Sultana S, Hadda TB, Chafchaoui-Moussaoui I, Charrouf Z. 2015. Chemical Investigations of *Nigella sativa* L. Seed Oil Produced in Morocco. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 14(2): 172-177.
- Hanafy MS, Hatem ME. 1991. Studies on the Antimicrobial Activity of *Nigella sativa* Seed (Black Cumin). *Journal of Ethnopharmacology*, 34(2-3): 275-278.
- Hannan A, Saleem S, Chaudhary S, Barkaat M, Arshad MU. 2008. Anti-bacterial activity of *Nigella sativa* Against Clinical Isolates of Methicillin Resistant *Staphylococcus aureus*. *Journal of Ayub Medical College Abbottabad*, 20(3): 72-74.
- Hosseinzadeh H, Fazly Bazzaz BS, Motevaly Haghi M. 2007. Antibacterial Activity of Total Extracts and Essential Oil of *Nigella sativa* L. Seeds in Mice. *Pharmacology*, 2: 429-435.
- Hosseinzadeh H, Tafaghodi M, Mosavi J, Taghiabadi E. 2013. Effect of Aqueous and Ethanolic Extracts of *Nigella sativa* Seeds on Milk Production in Rats. *Journal of Acupuncture & Meridian Studies*, 6(1): 18-23.
- Huseini Fallah A, Amini M, Mohtashami R, Ghamarchehre M, Sadeqi Z, Kianbakht S, Fallah Huseini A. 2013. Blood Pressure Lowering Effect of *Nigella sativa* L. Seed Oil in Healthy Volunteers: A Randomized, Double-Blind, Placebo controlled Clinical Trial. *Phytotherapy Research*, 27(12): 1849-1853.
- Islam MT, Guha B, Hosen S, Riaz T A, Shahadat S, Da Rocha Sousa L, De Oliveira Santos J V, Da Silva Júnior J J, De Lima R M T, Braga A L, Dos Reis A C, De Alencar MVOB, De Carvalho Melo-Cavalcante A A, 2017. Nigellalogy: A Review on *Nigella Sativa*, *MOJ Bioequivalence and Bioavailability*, 3(6): 00056
- Kannan R, Sibi P, Jyoti Harindran I. 2019. Acetylcholinesterase and Growth Inhibitory Effects-Variou Grades of *N. Sativa* Oils, *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 10(1): 245-250.
- Le P, Benhaddou-Andaloussi A, Elimadi A, Settaf A, Cherrah Y, Haddad P. 2004. The Petroleum Ether Extracts of *Nigella sativa* Seeds Exert Lipid-lowering and Insulin Sensitizing Action in Rats. *Journal of Etnopharmacology*, 94(2-3): 251-259.
- Llorent-Martinez EJ, Zengin G, Ortega-Barrales P, Aumeeruddy MZ, Locatelli M, Mollica A, Mahomoodally MF. 2018. Characterization of The Phytochemical Profiles and Biological Activities of *Ajuga chamaepitys* subsp. Chia var. chia and *Ajuga bombycina* by High-Performance Liquid

- Chromatography-Electrospray Ionization-Tandem Mass Spectrometry (HPLC-ESI-MSⁿ), Analytical Letters, DOI: 10.1080/00032719.2018.1500581.
- Marco GJ. 1968. A Rapid Method for Evaluation of Antioxidants. Journal of The American Oil Chemists' Society, 45(9): 594-598.
- McFarland J. 1987. Standardization Bacteria Culture for the Disc Diffusion Assay. The Journal of American Medical Association, 49(14): 1176-1178.
- Nair MKM, Vasudevan P, Venkitanarayanan K. 2005. Antibacterial Effect of Black Seed Oil on *Listeria Monocytogenes*. Food Control, 16(5): 395-398.
- Najmi A, Haque S, Naseeruddin M, Khan R. 2008. Effect of *Nigella sativa* Oil on Various Clinical and Biochemical Parameters of Metabolic Syndrome. International Journal of Diabetes in Developing Countries, 28(1): 11-14.
- Noor NA, Aboul Ezz HS, Faraag A, Khadrawy YA. 2012. Evaluation of the Antiepileptic Effect of Curcumin and *Nigella sativa* Oil in the Pilocarpine Model of Epilepsy in Comparison with Valproate. Epilepsys & Behavior, 24(2): 199-206.
- Öztürk M, Kolak U, Topçu G, Öksüz S, Chourdary MI. 2011. Antioxidant and Anticholinestrase Active Constituents from *Micromeria cilicica* by Radical-Scavenging Activity-Guided Fractionation. Food Chemistry, 126(1): 31-38.
- Patton T, Barrett J, Brennan J, Moran N. 2006. Use of a Spectrophotometric Bioassay for Determination of Microbial Sensitivity to Manuka Honey. Journal of Microbiological Methods, 64(1):84-95.
- Piras A, Rosa A, Marongiu B, Porcedda S, Falconieri D, Dessì MA, Ozcelik B, Koca U. 2013. Chemical composition and in vitro bioactivity of the volatile and fixed oils of *Nigella sativa* L. extracted by supercritical carbon dioxide. Industrial Crops and Products, 46: 317-323.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1989. Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biology & Medicine, 26(9-10): 1231-1237.
- Salem ML. 2005. Immunomodulatory ant therapeutic properties of *Nigella sativa* L. seed. International Immunopharmacology, 5(13-14): 1749-1770.
- Ustun G, Kent L, Çekin N, Civelekoğlu H. 1990. Investigation of the Technological Properties of *Nigeria sativa* (Black Cumin) Seed Oil. Journal of the American Oil Chemists' Society, 67(12): 958-960.
- Venkatachallam SKT, Pattekhan H, Divakar S, Kadimi US. 2010. Chemical Composition of *Nigella sativa* L. Seed Extracts Obtained by Supercritical Carbondioxide. Journal of Food Science and Technology, 47(6): 598-605.
- Weatherburn MW. 1967. Phenol-hypochlorite Reaction for Determination of Ammonia. Analytical Chemistry, 39: 971-974.

The Effects of Oregano Oil (*Origanum onites* L.) on the Growth Performance and Some Blood Parameters of Holstein Friesian Calves

Muhammet Hanifi SELVİ¹ , İbrahim TAPKI² 

^{1,2}Hatay Mustafa Kemal University, Agriculture Faculty, Department of Animal Science, 31060 Antakya-Turkey

¹<https://orcid.org/0000-0002-9785-9174>, ²<https://orcid.org/0000-0002-4552-6941>

✉: mselvi1453@gmail.com

ABSTRACT

This study was conducted on 44 newborn Holstein Friesian calves raised in a private farm in Hatay province, Turkey. The calves were divided into two groups; the first group (control group) was fed only with milk replacer and the second group was fed with milk replacer added 893 mg oregano oil (oregano oil group) from the fourth day after calving. The amount of milk replacer offered to the calves was 10% of their weekly live weights. The calves were weaned when they consumed 800 g concentrate feed daily for three consecutive days. Weaning age and daily live weight gains for control and oregano oil group calves were found as 68.6 ± 4.45 , 67.7 ± 4.62 days and 0.300 ± 0.09 , 0.400 ± 0.011 kg, respectively. The mean consumption of milk replacer, hay and concentrate feed of calves for the control and oregano oil calves were found as 327.7 ± 42.17 , 331.0 ± 49.40 liters; 13.25 ± 3.025 , 15.23 ± 3.682 kg and 19.97 ± 4.186 , 22.37 ± 5.709 kg, respectively. The average initial hay, and concentrate feed consuming ages and diarrhea days for the control and oregano oil groups were determined as 10.6 ± 0.29 , 9.5 ± 0.28 and 3.1 ± 0.111 , 1.9 ± 0.073 days. The initial hay and concentrate feed consuming ages were the same in both groups. According to the results of the study, more research is needed to evaluate the optimal dosing of oregano oil.

Research Article

Article History

Received : 01.04.2019

Accepted : 16.05.2019

Keywords

Milk replacer
Oregano oil
Growth
Performance
Blood
Diarrhea

Siyah Alaca Buzağlarında Kekik Yağının (*Origanum onites* L.) Buzağların Gelişim Performansı ve Bazı Kan Parametreleri Üzerine Etkisi

ÖZET

Bu çalışma, Hatay ilinde özel bir işletmede yetiştirilen 44 baş yeni doğmuş Siyah Alaca ırkı buzağı üzerinde yürütülmüştür. Buzağlar 2 gruba ayrılmış olup, birinci gruba (kontrol grubu), 4. günden itibaren sadece buzağı maması, ikinci gruba (kekik yağı grubu) ise buzağı mamasına ilaveten 893 mg kekik yağı ilave edilmiştir. İçirilen mama miktarı, buzağların haftalık canlı ağırlıklarının % 10'u kadar hesaplanmıştır. Üç gün üst üste 800 gr kesif yem tüketen buzağlar mamadan kesilmiştir. Kontrol ve kekik yağı grubu buzağı gruplarında mamadan kesim yaşı ile günlük canlı ağırlık artışı sırasıyla; 68.6 ± 4.45 , 67.7 ± 4.62 gün ve 0.300 ± 0.09 , 0.400 ± 0.011 kg olarak belirlenmiştir. Toplam tüketilen mama, kaba ve kesif yem miktarları muamele gruplarına göre sırasıyla; 327.7 ± 42.17 , 331.0 ± 49.40 litre; 13.25 ± 3.025 , 15.23 ± 3.682 kg ve 19.97 ± 4.186 , 22.37 ± 5.709 kg olarak hesaplanmıştır. Buzağların kaba ve kesif yem tüketimine başlama yaşları ile ishali geçirdikleri gün sayısı ise sırasıyla; 10.6 ± 0.29 , 9.5 ± 0.28 gün ve 3.1 ± 0.111 ve 1.9 ± 0.073 gün olarak tespit edilmiştir. Buzağların kaba ve kesif yeme başlama yaşları benzer gerçekleşmiştir. Araştırma sonuçları, mamaya ilave edilen kekik yağının buzağlarda uygun dozunun ayarlanması amacıyla daha çok araştırma yapılması gerektiğini ortaya koymuştur.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 01.04.2019

Kabul Tarihi : 16.05.2019

Anahtar Kelimeler

Buzağı maması
kekik yağı
gelişim
performans
kan
ishal

To Cite : Selvi MH, Tapkı İ 2019. The Effects of Oregano Oil (*Origanum onites* L.) on the Growth Performance and Some Blood Parameters of Holstein Friesian Calves. KSU J. Agric Nat 22(6): 935-941. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.547528.

INTRODUCTION

In cases where the prices of raw milk are high and the number of calves are higher, dairy cattle farms can be given milk replacer after drinking colostrum for the first 3 days. Milk replacer are mainly obtained by drying milk and milk products with special processes. In addition to milk and milk products, various plant sources are used to obtain milk replacer. Although calves fed with milk replacer have a lower body weight gain than calves fed with normal milk, this difference closes with compensatory growth after the weaning. Milk replacer should be taken at body temperature and be sure of their quality. Cold drinking or poor quality calf foods can lead to diarrhea and development disorders (Türkmen, 2011; Akyüz *et al.*, 2017). The case of diarrhea caused by infection or feeding is defined as the loss of too much liquid and mineral in the body due to the deterioration of normal fluid movement in the digestive tract. Diarrhea can cause the loss of the body weight with excessive fluid loss by disrupting the chemistry of the body, causing loss of developmental performance and death in more advanced cases (Costello, 2005). The high level of loss of calves both endangers the future of breeding herds and reduces the amount of milk and meat to be obtained from cattle and causes enormous economic losses of the enterprises. In the neonatal period, calf loss is between 1% and 10% in developed countries, while this rate can reach up to 10% and 15% level in Turkey (Civelek, 2018). In the neonatal period, 60 % and 62.5 % of calf deaths are caused from diarrhea. Calves are very sensitive and vulnerable in the first month after birth and they are faced with many types of harmful bacteria threat. Pathogenic bacteria such as *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, and *Campylobacter spp.* cause diarrhea in calves, and in more severe cases, it may result in coccidiosis and death (Tüzemen and Yanar, 2013; Akyüz *et al.*, 2017). Albeit cattle breeders take numerous measures to prevent calf deaths, pathogenic bacteria are abundant in digestive systems in the early days of calves and diarrhea cases persist and calf deaths cannot be fully prevented (Tüzemen and Yanar, 2013). Due to the widespread use of antibiotic feed additives in recent years, the resistance of human and animal pathogens has increased as result of renewing and improving themselves. These pathogens have passed on to humans by leaving residues in animal products, and it has been a concern that antibiotics used for the treatment of these diseases do not work. Due to these concerns, antibiotics were banned in Sweden in 1986 and later in 2005 in EU countries as a feed additive which promotes growth in animal nutrition (Ünlü and Erkek, 2013). The use of antibiotics as a growth factor in animal feed was prohibited in Turkey in January 1, 2006. Due to the antibacterial and antifungal effects of oregano oil, carvacrol and thymol have a lethal effect on

microorganisms such as *Erwinia amylovora*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Hafnia alvei*, *Micrococcus luteus*, *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus faecalis* (Souza *et al.*, 2007). Furthermore, due to the effect of essential oils on the intestinal microflora, there are many studies that report feed and daily body weight gain increase and prevent diarrhea and some diseases (Busquet *et al.*, 2006; Calsamiglia *et al.*, 2007; Jouany and Morgavi, 2007; Rusenova and Paronova, 2009; Uetaka, 2013; Ünlü and Erkek, 2013). The aim of this study was to determine the effect of the dietary addition of oregano oil (*Origanum onites* L.) on growth performance, blood parameters and diarrhea of calves in order to increase the operating income of high milk prices in neonatal life.

MATERIAL and METHODS

This study was conducted in a private dairy cattle farm in Akcurun district of Antakya, Hatay province. In the study, total 44 of Holstein Friesian calves (24 males, 20 females) were allocated into two groups. All calves were born from the primiparous cows that imported from Hungary. After calving, calves were allowed to stay for 8 hours with their mothers. At the end of this period, calves were taken to individual calf pens and 5 liters colostrum was given for consecutive three days in the morning and evening. From the fourth day on, liquid milk replacer were given to the calves. The milk replacer contained lactoferrin, lactoperoxidase, prebiotics, organic acids, organic selenium, sorbitol, choline and methionine. While the first group (n: 21) was given only milk replacer (n: 23), the second group of calves were given 893 mg oregano oil in addition to milk replacer. Milk replacer was prepared by adding per kg of powdered milk replacer to 8 liters of water. Liquid milk replacer was given to the calves at 35.5-36.5 °C temperature twice a day (morning-evening). The amount of milk replacer to be given to the calves was calculated as 10% of the weekly live weight of the calves. Quality alfalfa and calf starter were given to the calves as *ad libitum* after the 4th day. Calf starter consists of 30% barley, 20% corn, 10% wheat bran, 25% soybean meal, 5% cottonseed meal, 8% molasses and 2% vitamin-mineral mixture, the amount of protein was 196 g/kg and the amount of crude fiber was 53 g/kg. Each kg alfalfa hay contained as 850 g/kg of dry matter, 1530 kcal/kg metabolizable energy, 150 g/kg crude protein and 290 g/kg of crude cellulose. Clean and fresh water at 20-22 °C temperature was provided in front of the calves for 24 hours. Calves were weaned when they consumed 800 g/day of concentrate feed for three consecutive days. Oregano oil used in the study was obtained from a commercial enterprise and content analyzes were determined by Hewlett Packard 6890 model gas chromatography in Hatay Mustafa Kemal University Central Laboratory. In this study,

the growth performance characteristics of calves such as daily live weight gain, the amounts of daily hay and concentrated feed consumption, feed conversion ratio, weaning age, weaning weight, total milk replacer consumption and fecal scores were emphasized. In addition a fecal scoring was performed according to Larson *et al.* (1977). In fecal scoring, normal consistency was evaluated as 1 point; soft but could not be handled was 2 points, easily and easily dispersible was 3 points and no solids in the consistency was evaluated as 4 points. Blood samples from calves were collected from the vena jugularis by the veterinarian, giving importance to the necessary hygiene and cleanliness with the decision of the Board of Ethics Committee No. 2014-8 / 1 of the Animal Experiments Local Ethics Committee of Hatay Mustafa Kemal University. Albumin, AST (SGOT), phosphorus, GGT, glucose, calcium, creatinine, cholesterol, triglyceride, total T3 and T4, globulin, insulin and growth hormone (growth hormone) levels of blood samples were analyzed. The analyzes were carried out in a commercial laboratory with procurement of services. Colorimetric method was used for albumin, creatinine, cholesterol and globulin analyzes; Kinetic method was used for AST (Aspartate aminotransferase) and G-GT (Gamma Glutamyl Transferase); Radioimmunoassay method was used for insulin, total T3 and T4 levels; ELISA (Enzyme Linked Immunosorbent Assay) method was used for the growth hormone (GH) analysis; Glycerol Phosphate Dehydrogenase method was used for triglyceride analysis; flame photometer method was used in calcium analysis and the inorganic phosphate method was used for phosphorus analysis (Karagül *et al.*, 2000). In this study, SPSS (2015) package program was used for the statistical analysis. While General Linear Model "REPEATED MEASURES" test used for weekly live weights and weaning weights, General Linear Model "UNIVARIATE" test was used for daily live weight gain, feed intakes, age of weaning ages, ages of initial consuming hay and concentrate feed, fecal scores, blood parameters and number of days with diarrhea characteristics of calves.

Table 1. Growth performance values of group

Characteristics	Calf Groups		P-values
	Control (n=21)	Oregano oil (n=23)	
Live weights			
Birth (kg)	38.7 ± 5.24	38.6 ± 4.27	0.918
Week 3 (kg)	41.4 ± 4.53	42.3 ± 4.75	0.514
Week 6 (kg)	47.5 ± 6.80	47.9 ± 5.26	0.830
Week 9 (kg)	58.1 ± 8.27	59.6 ± 7.95	0.538
Weaning weight (kg)	61.0 ± 7.65	63.2 ± 9.38	0.398
Weaning age (d)	68.6 ± 4.45	67.7 ± 4.62	0.547
Initial consuming ages of hay and concentrate feed (d)	10.6 ± 0.29	9.5 ± 0.28	0.012
Daily live weight gain (kg)	0.300 ± 0.09	0.400 ± 0.11	0.242
Total body weight gain (kg)	22.3 ± 6.37	24.7 ± 8.05	0.289

P<0.05

RESULTS and DISCUSSION

Live Weights, Initial Hay and Concentrate Feed Consuming Ages of Calves

Birth weights, weekly live weights and weaning weights, weaning ages, initial consumption ages of hay and calf starter, daily live weight and total body weight gains of calves are shown in Table 1 and Figure 1. The oregano oil has a positive effect on all growth performance characteristics of calves. The differences between control and oregano oil used groups for the initial consumption ages of hay and concentrate feed were found statistically significant (P<0.05), while other characteristics were not found significant (P>0.05). Calves used Oregano oil have earlier weaning age, higher daily live weight and total weight gains and weaning weights (Table 1). It was observed that calves used oregano oil consumed more 3.3 kg milk replacer, 1.98 kg hay and 2.4 kg concentrate feed than the control groups. Similar studies were conducted on different animal species (Hernandez *et al.*, 2009; Chaves *et al.*, 2008; Simitzis *et al.*, 2008; Abdel-Wareth *et al.*, 2012; Ionescu *et al.*, 2013; Van der Vliet and Cardozo, 2013; Özalpaydın, 2014; Silper *et al.*, 2014; Cardinali *et al.*, 2015). Oregano oil group began to consume hay and concentrate feed at an earlier age of 1.1 days than control group calves. This due to that the oregano oil may have increased feed consumption and appetite, rumen development and regulated rumen pH at an earlier age.

The Hay, Concentrate Feed and Milk Replacer Consumption Amounts of Calves

The amounts of milk replacer, feed conversion ratio, hay and concentrate feed consumption of control and oregano oil groups are shown in Table 2. The differences between control and oregano oil groups were not significant (P>0.05) for the total milk replacer, hay, concentrate feed intake and feed conversion ratio.

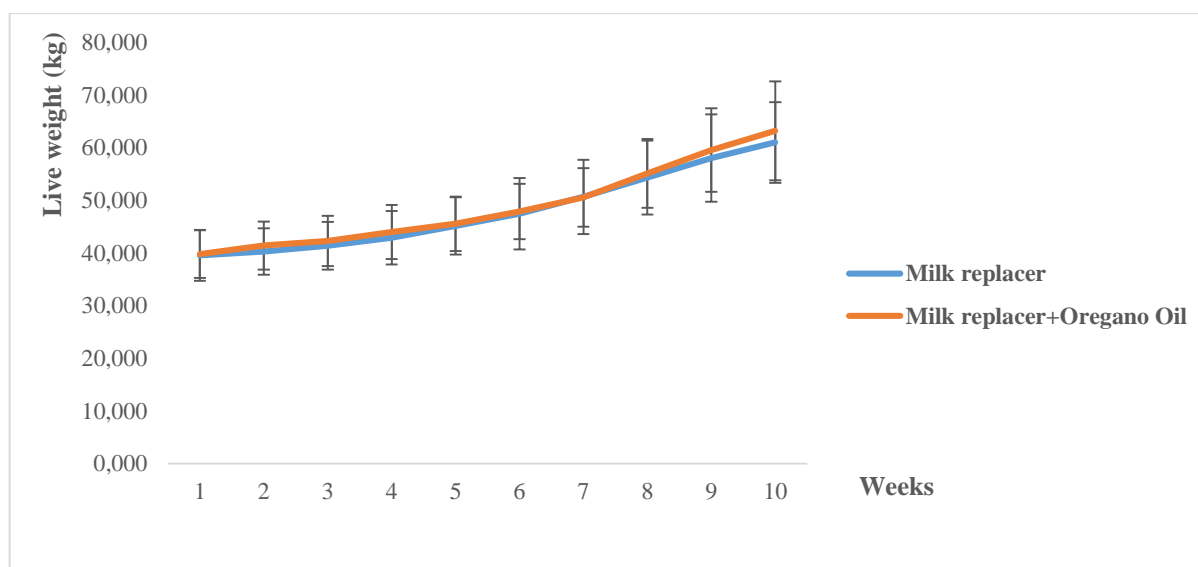


Figure 1. Average weekly live weights of calves (kg)

Table 2 Performance of calves according to measurement time in treatment groups

Feed Intake (kg)	Calf Groups		P-values
	Control (n=21)	Oregano oil (n=23)	
Milk Replacer	Live weights, kg/calf		
Week 3	29.0 ± 3.17	29.6 ± 3.33	0.663
Week 6	33.2 ± 4.76	33.5 ± 3.68	0.962
Week 9	74.5 ± 27.45	73.2 ± 35.35	0.538
At the weaning	33.8 ± 26.78	32.6 ± 31.89	0.398
Total intake	327.7 ± 42.17	331.0 ± 49.40	0.815
Alfalfa Hay	Feed intakes, kg		
Week 3	0.17 ± 0.053	0.20 ± 0.067	0.262
Week 6	1.21 ± 0.330	1.53 ± 0.466	0.703
Week 9	2.80 ± 0.512	3.44 ± 0.645	0.589
At the weaning	3.43 ± 0.462	3.60 ± 0.573	0.537
Total consumption	13.25 ± 3.025	15.23 ± 3.682	0.881
Daily intake	0.200 ± 0.075	0.220 ± 0.062	0.196
Calf Starter	Calf starter intakes, kg		
Week 3	0.14 ± 0.051	0.18 ± 0.062	0.685
Week 6	1.09 ± 0.408	1.59 ± 0.723	0.395
Week 9	5.32 ± 0.986	5.53 ± 1.264	0.425
At the weaning	4.52 ± 1.020	4.62 ± 1.004	0.387
Total intake	19.97 ± 4.186	22.37 ± 5.709	0.164
Daily intake	0.290 ± 0.088	0.330 ± 0.104	0.225
Feed conversion ratio (g feed/ g gain)	3.1 ± 0.16	2.8 ± 0.16	0.346

P<0.05

It was observed that oregano oil group calves consumed more 3.3 kg milk replacer, 1.98 kg hay and 2.4 kg concentrate feed than the control group (Table 2). Similar results were reported by Morrison *et al.* (2010), Ünlü and Erkek, (2013), Özalpaydin, (2014), Silper *et al.* (2014), and Seifzadeh *et al.* (2017), while Santos *et al.* (2015) stated that oregano oil decreased the amount of consumption of milk replacer.

These differences can be thought to be caused by the fact that essential oils are given to animals in different

doses. Because calves initially do not like the taste of essential oils, feed intake was lower. The oregano oil group calves consumed 1.98 kg more hay than the control group calves. These results can be explained that the oregano oil caused increasing feed consumption due to the positive effect of the calves on the rumen microflora, digestive system and the increasing appetite of calves. Many studies conducted in this subject support the results of current research (Montoro *et al.*, 2011; Vakili *et al.*, 2013; Seifzadeh *et al.*

al., 2017). The calves used oregano oil was consumed 2.40 kg more concentrate feed than the control group calves (Table 2). These results are similar to Ünlü & Erkek (2013), and İzzaddeen & Kaygısız (2018). These results indicated that oregano oil increases calves' appetite and concentrate feed consumption, and starts consuming at earlier ages. However, some studies emphasized that essential oils reduce the number of proteolytic rumen bacteria and decrease the rumen deamination and thus reduce the consumption of concentrate feed (Santos *et al.* (2015). It may be stated that the differences between studies are based on use

of different animal species and essential oils, use of essential oils in different doses and forms and feeding methods. The feed conversion ratio was better in oregano oil group calves (Table 2).

Fecal Scores and Diarrhea Incidence of Calves

The diarrhea days, fecal scores of calves and the results of statistical analysis are given in Table 3. The differences between control and oregano oil groups for the diarrhea days and the fecal scores were not statistically significant ($P>0.05$). Oregano oil group calves had 1.2 diarrhea days less than control group.

Table 3 Day and fecal scores for diarrhea according to measurement time in treatment groups

Diarrhea days (d)	Groups		P-values
	Control (n=21)	Oregano oil(n=23)	
Week 3	0.9 ± 0.39	0.2 ± 0.15	0.124
Week 6	0.1 ± 0.10	0.0 ± 0.00	0.159
Week 9	0.0 ± 0.00	0.0 ± 0.00	-
At the weaning	0.0 ± 0.00	0.0 ± 0.00	-
Total number of diarrhea days (d)	3.1 ± 0.11	1.9 ± 0.07	0.370
Average of diarrhea days (d)	0.3 ± 0.01	0.2 ± 0.08	0.134
Fecal Scores			
Week 3	1.57 ± 0.098	1.26 ± 0.062	0.211
Week 6	1.29 ± 0.078	1.13 ± 0.046	0.422
Week 9	1.06 ± 0.038	1.00 ± 0.000	0.301
At the weaning	1.05 ± 0.022	1.00 ± 0.000	0.286
Average of fecal score	1.26 ± 0.034	1.16 ± 0.028	0.313

$P<0.05$

This result can be explained by decreasing the activities of the harmful microorganisms which cause diarrhea by regulation of the rumen metabolism of the animals and increasing the rate of feed utilization. These results agree with Bambidis (2006); Ünlü and Erkek, (2013); Özalpaydın (2014); Ammar *et al.*,

(2017); Seifzadeh *et al.*, (2017) and Katsoulos *et al.* (2017).

Blood Parameters of Calves

The results of the statistical analysis of the blood parameters of the calf groups are shown in Table 4.

Table 4 Blood analysis according to the measurement time in treatment groups

Blood Parameters	Calf Groups		P-values
	Control (n=21)	Oregano oil (n=23)	
Albumin (g/dL)	3.3 ± 0.11	3.1 ± 0.07	0.172
AST (U/L)	108.5 ± 8.55	86.5 ± 2.62	0.006
Phosphorus (mg/Dl)	8.1 ± 0.64	8.4 ± 0.28	0.603
G-GT (U/L)	17.4 ± 1.59	23.9 ± 2.50	0.086
Glucose (mg/dL)	92.5 ± 8.10	97.0 ± 6.55	0.680
Calcium (mg/dL)	9.9 ± 0.30	10.8 ± 0.19	0.010
Creatinine (mg/dL)	0.9 ± 0.05	0.91 ± 0.04	0.831
Cholesterol (mg/dL)	101.1 ± 5.94	126.6 ± 12.93	0.181
Triacylglyceride (mg/dL)	31.6 ± 3.25	36.9 ± 2.30	0.193
T4 (nmol/L)	68.6 ± 11.14	73.8 ± 6.91	0.679
Globulin (g/dL)	3.3 ± 0.20	3.4 ± 0.16	0.518
T3 (nmol/L)	2.0 ± 0.37	1.6 ± 0.21	0.273
Insulin (pmol/L)	114.9 ± 17.10	121.6 ± 11.78	0.747
GH (ng/mL)	6.6 ± 0.30	6.0 ± 0.33	0.232

$P<0.05$

The differences between control and added oregano oil calves for the AST and calcium were found significant ($P < 0.05$), while the differences in all other blood parameters were not found significant ($P > 0.05$). The phosphorus, glucose and triglyceride were not found within normal level range. The level of calcium in the blood was found to be higher in oregano oil added milk fed calves than the control group calves. It can be expressed that oregano oil increases the amount of calcium in the blood as a result of accelerating the absorption of calcium in the small intestine. These results were similar to Karagül *et al.* (2000) reports.

CONCLUSION

The results of the study showed that the addition of oregano oil to milk replacer was less important for calves for initializing of consuming hay and concentrated feed. In this study, it has been shown that it was effective in decreasing the age of onset of consumption of coarse and concentrated feed. In the present study, only one dose of oregano oil was used in calves. Since there have been not sufficient studies on the use of essential oils on calves, new studies are required for the effect of different doses and delivery times of essential oils of different plants.

ACKNOWLEDGEMENT

We thank to Hatay Mustafa Kemal University, Scientific Research Projects Department (BAP) for their support (Project Number:12760)

REFERENCES

- Abdel-Wareth AAA, Kehraus S, Hippenstiel F, Südekum KH, 2012. Effects of thyme and oregano on growth performance of broilers from 4 to 42 days of age and on microbial counts in crop, small intestine and caecum of 42-day-old broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 178(3): 198-202.
- Akyüz E, Naseri A, Erkiş EE, Makav M, Uzlu E, Kırmızıgül AH, Gokce G, 2017. Neonatal Calves and Sepsis. *Kafkas University, Journal of the Institute of Science and Technology*, 10 (2): 181-191.
- Ammar SSM, Mokhtaria K, Tahar BB, Amar AA, Redha BA, Yuva B, Laid B, (2014). Prevalence of rotavirus (GARV) and coronavirus (BCoV) associated with neonatal diarrhea in calves in western Algeria. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(1): 318-322.
- Bampidis VA, Christodoulou V, Florou- Paneri P, Christaki E, 2006. Effect of dried Oregano leaves versus neomycin in treating newborn calves with colibacillosis. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 53(3): 154-156.
- Busquet M, Calsamiglia S, Ferret A, Kamel C, 2006. Plant extracts affect in vitro rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science*, 89(2): 761–77.
- Calsamiglia S, Busquet M, Cardozo PW, Castillejos L, Ferret A, Fandiño I, 2007. Essential oils for modifying rumen fermentation: A review, *Journal of Dairy Science*, 90(6): 2580-2595.
- Cardinali R, Cullere M, Dal Bosco A, Mugnai C, Ruggeri S, Mattioli S, Dalle Zotte A, 2015. Oregano, rosemary and vitamin E dietary supplementation in growing rabbits: Effect on growth performance, carcass traits, bone development and meat chemical composition. *Livestock Science*, 175: 83-89.
- Chaves AV, Stanford K, Gibson LL, McAllister TA, Benchaar C, 2008. Effects of carvacrol and cinnamaldehyde on intake, rumen fermentation, growth performance, and carcass characteristics of growing lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 145(1): 396-408.
- Civelek T, 2018. Calf losses are a serious problem for our country. <http://www.tarimpusulasi.com/yazarlar/prof-dr-turan-civelek/buzagi-kayiplari-ulkemiz-icin-ciddi-bir-sorun/163>. Accessed on: 25.02.2018
- Costello R, 2005. Calf scours—Causative agents of calfhood diarrhea. A. Division of. Merrick. Animal.Nutrition,. Inc. www.merrick.com. Accessed on: 27.02.2018
- Hernandez F, Madrid J, Garcia V, Orengo J, Megias MD, 2004. Influence of two Plant extracts on broilers performance, digestibility and digestive organ size. *Poultry Science*, 83(2): 169-174.
- Hernández J, Benedito JL, Vázquez P, Pereira V, Méndez J, Sotillo J, Castillo C, 2009. Supplementation with plant extracts (carvacrol, cinnamaldehyde and capsaicin): its effects on acid-base status and productive performance in growing/finishing bull calves. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift*, 122(3-4): 93-99.
- Ionescu C, Mazuranok L, Timmler R, 2013. Effects of combination of carvacrol, cinnamaldehyde and Capsicum oleoresin (XTRACTTM 6930) on the performances of broiler chickens. <http://www.bsas.org.uk/wp-content/themes/bsas/proceedings/Pdf2004/149.pdf>. Accessed on: 25 Mayıs 2018.
- Izzaddeen SI, Kaygısız A, 2018. Effect of Essential Oil of Laurel (*Laurus nobilis* L.) on Performance, Blood and Fecal Parameters of Holstein Calves during Suckling Period. *Pakistan Journal of Zoology*, 50(3): 799-1198.
- Jouany JP, Morgavi DP, 2007. Use of 'natural' products as alternatives to antibiotic feed additives in ruminant production. *Animal*, 1(10): 1443–1466.
- Karagül H, Altıntaş A, Fidancı UR, Sel T, 2000. *Clinical Biochemistry*, Ankara Medisan Publication Series: 45, 1st Edition.

- Katsoulos PD, Karatzia MA, Dovas CI, Filioussis G, Papadopoulous E, Kioussis E, Karatzias H, (2017). Evaluation of the in-field efficacy of oregano essential oil administration on the control of neonatal diarrhoea syndrome in calves. *Research in Veterinary Science*, 115: 478-483.
- Larson LL, Owen FG, Albright JL, Appleman RD, Lamb RC, Muller LD, 1977. Guidelines toward more uniformity in measuring and reporting calf experimental data. *Journal of Dairy Science*, 60(6): 989-991.
- Montoro C, Ipharraguerre I, Bach A, 2011 Effect of flavoring a starter in a same manner as a milk replacer on intake and performance of calves. *Animal Feed Science and Technology*, 164(1): 130-134.
- Morrison SJ, Dawson S, Carson AF, 2010. The effects of mannan oligosaccharide and streptococcus faecium addition to milk replacer on calf health and performance. *Livestock Science*, 131(2-3): 292-296.
- Özalpaydın HB, 2014. The effect of using oregano oil (*Origanum onites*) on the growth performance of milk-drinking black calf calves. Mustafa Kemal University Graduate School of Natural and Applied Sciences Master Thesis, 44 p, Hatay, Turkey.
- Rusenova N, Paronova P, 2009. Antimicrobial activities of twelve essential oils against Microorganisms of veterinary importance. *Trakia Journal of Science*: 7(1): 37-43.
- Santos FHR, De Paula MR, Lezier D, Silva JT, Santos G, Bittar CMM, (2015). Essential oils for dairy calves: effects on performance, scours, rumen fermentation and intestinal fauna. *Animal*, 9(6): 958-965.
- Seifzadeh S, Mirzaei Aghjehgheshlagh F, Abdibenemar H, Seifdavati J, Navidshad B, 2017. The effects of a medical plant mix and probiotic on performance and health status of suckling Holstein calves. *Italian Journal of Animal Science*, 16(1): 44-51.
- Silper BF, Lana AMQ, Carvalho AU, Ferreira CS, Franzoni APS, Lima JAM, Coelho SG, 2014. Effects of milk replacer feeding strategies on performance, ruminal development, and metabolism of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 97(2): 1016-1025.
- Simitzis PE, Deligeorgis SG, Bizelis JA, Dardamani A, Theodosiou I, Fegeros K, 2008. Effect of dietary oregano oil supplementation on lamb meat characteristics. *Meat Science*, 79(2): 217-223.
- Souza EL, Stamford TLM, Lima EO, Trajano VN, 2007. Effectiveness of *Origanum vulgare* L. essential oil to inhibit the growth of food spoiling yeasts. *Food Control*, 18: 409-413.
- Uetake K, 2013. Newborn calf welfare: A review focusing on mortality rates. *Animal Science Journal*, 84: 101-105.
- Tüzemen N, Yanar M, 2013. Calf Breeding Techniques. Erzurum, Atatürk University Faculty of Agriculture Course Publications No: 232, Erzurum, Turkey.
- Ünlü HB, Erkek R, 2013. Effects of Thyme and Garlic Essential Oil on Calf Performance and Some Blood Parameters. *Ege University, Journal of Agriculture Faculty*, 50(3): 299-310.
- Vakili AR, Khorrami B, Mesgaran MD, Parand E, 2013. The effects of thyme and cinnamon essential oils on performance, rumen fermentation and blood metabolites in Holstein calves consuming high concentrate diet. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26(7): 935-944.
- Van der Vliet H, Cardozo PW, 2013. Head-start strategies for optimal calf rearing. *International Dairy Topics*, 7 (5):13-15. <http://www.positiveaction.info/pdfs/articles/dt7.5p13>. Accessed on: 20 Haziran 2018.

Effects of Saline Drinking Water on Growth Performance and Mortality Rate of Japanese Quails (*Coturnix coturnix Japonica*)

Ghadir KHALILIPOUR¹ , Naser MAHERI-SIS² , Abdolahad SHADDEL TELI³ 

Department of Animal Sciences, Shabestar Branch, Islamic Azad University, Shabestar, Iran.

¹<https://orcid.org/0000-0001-5920-0574>, ²<https://orcid.org/0000-0001-6261-3273>, ³<https://orcid.org/0000-0002-3293-4639>

✉: nama1349@gmail.com

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the effect of added different levels of common salt in drinking water on the production performance and mortality rate in Japanese quail chicks. A total of 600 one-day old (8.61±0.21 grams) Japanese quail chicks divided into six treatment groups and five replicates of 20 birds per experimental units, based on completely randomized design for 42 days. All groups were fed the same diets and only amount of salt in the water differed. Control group consumed conventional drinking water and other treatments have 1.32, 2.80, 3.80, 5.56 and 7.12 grams of salt per liter which was equal to 233 ppm total dissolved solids (TDS) for control group and 1233, 2233, 3233, 4233 and 5233 ppm for other experimental groups, respectively. The results showed that feed intake (FI), body weight gain (BWG), live body weight (LBW) and feed conversion ratio (FCR) were significantly affected by water salinity ($p < 0.0001$). The highest FI and worst FCR were for treatment containing 5233 ppm TDS whereas the best FCR have been observed for treatments containing 233, 1233 and 2233 ppm TDS. The mortality rate also significantly increased by the increasing TDS level in dranked water ($p < 0.0001$). In conclusion, in order to maintain quail chicks performance at economic and acceptable range as well as least mortality, amount of TDS in drinking water should not be more than 2233 ppm.

Research Article

Article History

Received : 13.04.2019

Accepted : 23.05.2019

Keywords

Common salt

Japanese quail

Mortality

Total dissolved solids

To Cite : Khalilipour G, Maheri Sis N, Shadddel Teli A 2019. Effects of Saline Drinking Water on Growth Performance and Mortality Rate of Japanese Quails (*Coturnix coturnix Japonica*). KSU J. Agric Nat, 22(6): 942-947. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.553366.

INTRODUCTION

Water quantity and quality are the significant challenges in arid to semi-arid regions of the world including Iran (Madani et al., 2016; Vosooghi-Postindoz et al., 2018). Average annual precipitation in Iran is lower than 250 mm which is 72% less than the global average of 814 mm; so that the country is facing great water shortage, which resulted in drying lakes and rivers, reducing groundwater levels, increasing contamination and salinization of water, water supply rationing, salt and sand storms and increasing need to water desalination (Madani et al., 2016; Karandish and Hoekstra 2017). Drying Lake Urmia which is one of the world's largest hypersaline lakes, led to shortage, salinity and contamination of the water resources in north west of Iran (Karandish and Hoekstra 2017).

Water salinity is referred to the total concentration of soluble inorganic ions in particular sodium and chloride. Electrical conductivity (EC) and total dissolved solids (TDS) are usually used to measure water salinity (Atekwana et al., 2004; Rusydi 2018).

Yape Kii and Dryden (2005) cited that water salinity may cause harmful effects resulting in poor performance, illness or even death of animals. They have stated that adverse effects of salinity on health and performance varied based on species and breeds, adaptation and environment of animals. Alahgholi et al (2014), also stated that animal's tolerance to different amounts of NaCl in the water may depends on their species, age, water requirement, physiological condition, season of the year and salt content of total diet.

Nowadays, animal production industry is facing with both water scarcity and salinity in Iran. Thus, it seems that, there are no much more options for farmers other than efficient water utilisation, desalination of the water or using available water for adapted or resisted animals. Poultry producers in regions with high levels of water TDS, especially NaCl in water, try to solve the problem by reducing diet NaCl content and purifying saline water (Honarbakhsh et al., 2007).

Recently, Japanese quail (*Coturnix coturnix Japonica*) rearing have been increased in the country (Emami et

al., 2015; Seifi et al., 2016; Saki et al., 2017) due to high yields in much more limited spaces, lower need to expensive investments and shorter production periods as well as higher income and quality of products (Emami et al., 2012; Emami et al., 2015; Kalafova et al., 2018). Japanese quail is used as an animal model for different studies suitable for its eggs and meat production and it is more resistant to various diseases as well as environmental condition than that of chickens (Redoy et al., 2017; Kalafova et al., 2018). Although there is several researches in term of drinking saline water on health and production performance of meat and egg type poultries (Julian 1987; Barton 1996; Pourreza et al., 2000; Chen and Balnave 2001; Honarbakhsh et al., 2007; Kiani and Feizi 2008; Dai et al., 2009; Ahmed, 2013; Alahgholi et al., 2014; Elsaidy et al., 2015), but there is a little studies on the effect of water salinity on performance of Japanese quail (Shanawany et al., 1989; Erener et al., 2002).

This study was conducted to determine the effects of increasing TDS level of water by adding different levels of sodium chloride (common salt) to the water on production performance and mortality rate of Japanese quails.

MATERIALS and METHODS

Experimental procedure

A total of 600 one-day old unsexed Japanese quail chicks (8.61 ± 0.21 grams) were obtained from commercial hatchery in East Azerbaijan, Iran, at winter of 2016 and divided into six groups comprising five replicates of 20 birds each, based on completely randomized design for 42 days. Ethical and animal care considerations approved by the Animal Research Committee in Islamic Azad University, Shabestar Branch (IAU-195), Shabestar, Iran. All treatments were reared at littered floor containing sawdust with 5 cm depth, in same conditions and fed the same diet (Table 1); formulated based on NRC (1994), only with different amounts of salt in their drinking water. Control treatment (T1) was consumed conventional drinking water (without adding any salt) and other treatments (T2- T6) have 1.32, 2.8, 3.8, 5.56 and 7.12 grams of salt per liter which was equal to 233 ppm total dissolved solids (TDS) for control group (T1) and 1233, 2233, 3233, 4233 and 5233 ppm for experimental groups (T2- T6), respectively. All birds have free access to drinking water based on treatments. Electrical conductivity (EC) of the treatments was measured by EC meter in the laboratory of chemistry, Islamic Azad University, Shabestar, Iran. Amounts of TDS were calculated using EC data by the equation: $TDS = 640 * EC$ where; TDS as ppm and EC as dS/m (Atekwana et al., 2004).

Statistical Analysis

Experimental data were subjected to analysis of

variance (ANOVA) as a completely randomized design (CRD) with six treatments and five replicates for each treatment, using general linear model (GLM) procedure of SAS (2008) and then, treatment means were compared by Duncan multiple range tests (Steel et al., 1997).

Table 1. Feed Ingredients and Nutrient Contents of Experimental Diets of Japanese Quails at Whole Growing Period (1- 42d)

Feed ingredients	(%)
Corn grain	52.89
Soy bean meal (44% CP)	38.80
Corn gluten (60% CP)	3.93
Sunflower oil	1.32
Oyster shell	1.34
Dicalcium phosphate	0.77
Common salt	0.25
Vitamins premix	0.25
Minerals premix	0.25
DL-Methionine	0.12
HCL- Lysine	0.08
Nutrients (calculated)	
Metabolisable energy (Kcal/kg)	2900
Crude protein (%)	24.00
Crude fiber (%)	3.93
Ca (%)	0.80
P available (%)	0.29
Methionine (%)	0.50
Methionine+ Cysteine	0.93
Lysine (%)	1.30
Na (%)	0.11
Cl (%)	0.19

RESULTS and DISCUSSION

Effect of water salinity on feed intake (FI)

Effect of water salinity on FI of Japanese quails at 1-21 days, 21-42 days and whole experimental period (1-42 days of age) illustrated in Tables 2-4. There are significant differences between experimental treatments at the rearing periods of 1-21 ($p < 0.0001$), 21-42 ($p < 0.0001$) and 1-42 days of age ($p < 0.0001$). At the 1-21 days of age (Table 2); T1, T2, T3 and T4 (treatments containing 233, 1233, 2233 and 3233 ppm TDS in water) had significantly lower FI than T5 and T6 (treatments containing 4233 and 5233 ppm TDS in water, respectively). At the period of 21-42 days of age (Table 3) as well as whole period of the experiment (Table 4), T6 had higher and T3 had lower FI than other groups. Our results are similar to the findings of Sklan and Noy (2000) as well as Honarbakhsh et al (2007). They indicated that using high levels of sodium increased FI due to stimulating role of this element on appetite as well as absorption. They have suggested that sodium has a very important role on FI just after hatching and also in secretion and activity of some digestive enzymes. Olanrewaju et al (2007) also supposed that FI may be increased by increasing Na

level in poultry diets due to physiological functions of sodium as an effective enzyme activator in the body. Jankowski et al (2011) supported that in fast-growing chickens an intake of dietary sodium higher than that of NRC (1994) recommendations, has a beneficial effect on feed consumption. In contrast of our study, Chen and Balnave (2001) concluded that higher inclusion of NaCl in drinking water could not affect FI in laying hens. Same results also reported by Mahmud et al (2010) in broiler chickens and Erener et al (2002) in Japanese quails. Besides, Alahgholi et al (2014) found no effects of water salinity on FI at any stages of broilers rearing period. However, they have cited that sensitivity or tolerance of animals to water salinity and its effects on their performance may be dependent on their species, age, and water requirement, and physiological condition, season of the year and salt content of total diet. Shanawany et al (1989) examined the effect of amounts of 0, 500, 1000 and 1500 ppm sodium chloride in the drinking water of Japanese quails and concluded that FI decreases as salt concentration increases. Also, Afifi et al (1992) reported that feed consumption of broiler chickens decreased as a result of high sodium chloride level in the drinking water. This may be related to loss of appetite owing to lesions of the appetite center in the lateral nucleus of the hypothalamus as well as inflammation in the rectum of birds caused decrease in FI drastically and this effect presumably was mediated via hypothalamus. Moreover, the crop of the birds has limited capacity. Saline water conducted to increased water consumption probably at the cost of feed consumption.

Effect of water salinity on body weight gain (BWG) and live body weight (LBW)

Effect of water salinity on BWG and LBW of Japanese quails at 1-21 days, 21-42 days and whole experimental period (1-42 days of age) indicated in Tables 2-4. There are significant differences between experimental treatments at the periods of 1-21 ($p<0.0001$), 21-42 ($p<0.0001$) and 1-42 days of age ($p<0.0001$). At the 1-21 days of age (Table 2), the highest BWG and LBW obtained for control group (T1) and the lowest were observed in T3, T4, T5 and T6. At the period of 21-42 days of age (Table 3), BWG and LBW significantly affected by the TDS levels so that T3 had lowest BWG and LBW. At the whole period of experiment (Table 4), control group had the highest and T3 had the lowest BWG and LBW. Overall, TDS levels lower than 2233 ppm conduce to better growth performance while higher levels leads to lower BWG and LBW. In line with our findings, Ahmed (2013) concluded that up to 2610 ppm of TDS in drinking water had not negative effects on broiler growth performance, while higher levels resulted in adverse effects growth rate of experimental birds. The study suggests that a TDS level of 2610 ppm has a better

effect on broiler performance, in terms of BWG as well as immunity in hot weather even compared with the control group. NRC (1994) suggested that, the water TDS of less than 1000 ppm should present no adverse effects on growth and production performance to any class of poultry, but higher levels may affect their health and performance. Kettunen et al (2001) demonstrated that consumption of water with higher salinity may exert negative effects on performance traits of the birds due to deterioration of osmotic pressure and intracellular metabolism. Goldstein & Skadhauge (2000) declared that increasing TDS level in drinking water above 1500 ppm, led to enhance osmotic stress which in turn increases urination, and when rises above 3000 ppm, osmotic regulation is strike a balance. Barton (1996) reported that drinking water with TDS higher than 3000 ppm causes growth rate depression. Afifi et al (1992) suggested that depression of BW in saline water drinking birds is related to the increasing levels of glucocorticoids and correlated between adrenal size and body weight as well as severe diarrhea.

Effect of water salinity on feed conversion ratio (FCR)

Effect of water salinity on feed conversion ratio of Japanese quails at 1-21 days, 21-42 days and whole experimental period (1-42 days of age) demonstrated in Tables 2-4. There are significant differences between experimental treatments at the periods of 1-21 ($p<0.0001$), 21-42 ($p<0.0001$) and 1-42 days of age ($p<0.0001$). At the 1-21 days of age (Table 2), feed conversion ratio adversely affected by increasing TDS level in drinking water. The best (lowest) feed conversion ratio observed in T1 and T2 and the worst (highest), were in T5 and T6. However at the period of 21-42 days of age (Table 3), the lowest FCR was for the T1 and T3, and highest was for T6. At whole experimental period (Table 4), also FCR adversely affected by increasing TDS level in drinking water and T1, T2 and T3 were the best and T6 was the worst treatment. It means that, at whole period of the experiment TDS levels higher than 2233 ppm resulted in higher FCR and consequently lower productivity. In agreement with our results, Honarbakhsh et al (2007) observed that enhancing salinity of drinking water can increases feed conversion ratio (FCR) and reduces performance of broiler chickens due to impaired cation-anion balance which in turn it affects a lot of physiological and metabolic functions of body. Moreover, they have mentioned that young chicks are more susceptible to salt than older birds. However, Erener et al (2002) examined the performance of Japanese quails at 42 days of age offered sodium chloride provided through drinking water and did not observed significant differences between the treatment groups in terms of FI, BWG, LBW, FCR, water consumption or water to feed consumption ratio.

Table 2. Effect of Water Salinity (TDS) Levels on Production Performance of Japanese Quails at 1-21 Days of Age

Treatments	FI (g)	BWG (g)	LBW (g)	FCR (g/g)
T1	302.23b	124.3a	133.30a	2.42a
T2	295.63b	118.9b	127.87b	2.48a
T3	285.45b	101.8c	111.34c	2.80b
T4	286.38b	104.3c	113.25c	2.74b
T5	320.65a	102.4c	111.35c	3.12c
T6	335.40a	102.5c	111.47c	3.27c
P value	<0.0001	<0.0030	<0.0001	<0.0001
SEM	5.778	0.6025	0.6542	0.0566

Means in the same column with different letters (a, b and c) are differ (P<0.05).

T1- T6 containing 233, 1233, 2233, 3233, 4233 and 5233 ppm total dissolved solids (TDS), respectively.

SEM: standard error of means

Table 3. Effect of Water Salinity (TDS) Levels on Production Performance of Japanese Quails at 21-42 Days of Age

Treatments	FI (g)	BWG (g)	LBW (g)	FCR (g/g)
T1	378.12b	104.95ab	238.25a	3.56a
T2	404.07b	105.12ab	232.50b	3.83b
T3	327.57c	97.66c	209.25e	3.59a
T4	386.01b	104.25ab	217.50cd	3.70bc
T5	397.05b	108.14a	219.50c	3.65bc
T6	427.49a	102.77b	214.25d	4.15c
P value	<0.0001	<0.0030	<0.0001	<0.0001
SEM	9.42	1.42	1.33	.066

Means in the same column with different letters (a-d) are differ (P<0.05).

T1- T6 containing 233, 1233, 2233, 3233, 4233 and 5233 ppm total dissolved solids (TDS), respectively.

SEM: standard error of means

Table 4. Effect of Water Salinity (TDS) Levels on Production Performance of Japanese Quails at 1-42 Days of Age

Treatments	FI (g)	BWG(g)	LBW(g)	FCR(g/g)	Mortality Rate (%)
T1	680.33bc	229.00a	238.25a	2.97a	06.01a
T2	699.70bc	224.00b	232.50b	3.13a	12.11b
T3	634.18d	200.25e	209.25e	3.16a	16.06bc
T4	669.87cd	208.50cd	217.50cd	3.22bc	21.04c
T5	717.95b	210.50c	219.50c	3.40b	31.09d
T6	762.90a	205.25d	214.25d	3.71c	49.00e
P value	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
SEM	12.42	1.26	1.30	0.06	1.715

Means in the same column with different letters (a-e) are differ (P<0.05).

T1- T6 containing 233, 1233, 2233, 3233, 4233 and 5233 ppm total dissolved solids (TDS), respectively

SEM: standard error of mean

Also, in contrast with our findings, Dai et al (2009) reported that addition of 0.4% comparing 0.2% NaCl in drinking water, increased BWG and improved FCR. Afifi et al (1992) declared that higher FCR in birds that offered drinking water with higher salinity may be due to severe diarrhea and subsequent weight loss of birds.

Effect of water salinity on mortality rate

Effect of water salinity on mortality rate of Japanese quails in the whole experimental period (1-42 days of age) showed in Tables 4. Mortality of the quails was significantly (p<0.0001) affected by the increasing TDS level in drinking water; which was varied between 6%

for T1 to 49% for T6. Mortality rate have increased by increasing drinking water salinity. Increasing mortality of birds by increasing TDS levels in drinking water has been reported by several researchers (Julian 1987; Ali Maie et al., 1992; Barton 1996; Pourreza et al., 2000; Erener et al., 2002; Honarbakhsh et al., 2007; Kiani and Feizi, 2008). Julian (1987) had been stated that excess sodium chloride in the diet and drinking water cause ascites and oedema in poultry. Sodium is the toxic ion in salt poisoning and young poultry may be at particular risk from excess sodium because they have lower plasma osmolarity and undeveloped kidneys. Ali Maie et al (1992) showed that salt stress caused substantial increase in respiratory rate,

hematocrit values and total plasma protein levels of the broiler chicks which in turn leads to increasing mortality. They have concluded that in broiler chicks the tolerable level of salt in drinking water is 2 g/L. Barton (1996) concluded that drinking water with TDS in excess of 3000 ppm resulted in increased flock mortality. Pourreza et al (2000) indicated that using water with higher levels of TDS had the most negative effects on mortality rate in the rearing period of broilers and up to 56.2% mortality was recorded at the highest TDS content (more than 5000 ppm). They have concluded that gastro intestinal, liver and kidney lesions as well as acid-base imbalance and coccidiosis due to salt stress may be the main reasons of mortality. Also in the experiment of Erener et al (2002) mortality rate of Japanese quails in particulate newly hatched chicks was increased by enhancing NaCl level of the drinking water. Honarbakhsh et al (2007) found the adverse effects of higher TDS on mortality, particularly in young chicks which are more susceptible to salt than older birds. A number of mortalities in their study caused by ascites which caused by salt overdose and osmotic difference between plasma and tissue. They have cited that high levels of sodium chloride in drinking water leads to increase blood pressure, heart failure, water consumption and litter moisture and therefore resulted in increasing occurrence of some diseases such as ascites and coccidiosis and consequently increasing mortality rate. Kiani and Feizi (2008) characterized that using drinking water with higher than 350 ppm sodium concentration resulted in higher mortality rate. Watkins et al (2005) suggested that dietary levels of sodium and chloride should adjusted based on levels of these elements in the drinking water. Moreover, they have estimated that sodium in the drinking water may replace even complete supplemental sodium in the diet.

CONCLUSION

Based on the results of current study, it can be concluded that, in order to maintaining quail chicks performance at economic and acceptable range as well as least mortality, amount of TDS in drinking water should not be more than 2233 ppm. So, higher salinity in drinking water leads to higher FI, FCR and mortality rate and lower body weight gain and finally lower profitability.

ACKNOWLEDGMENTS

This article adopted from M.Sc. thesis in animal science, Shabestar Branch, Islamic Azad University (thesis supervisor: Dr. N. Maheri-Sis). The authors are grateful to the Animal Research Center and laboratories of Shabestar Branch, Islamic Azad University, Shabestar, Iran.

CONFLICT of INTEREST

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

REFERENCES

- Afifi M, Maie FA, Abdel-Maksoud AM 1992. Salt stress in broiler chicks: 1. Report: effect of salt stress on some productive traits in broiler chicks. *Archiv fur Geflugelkunde* 56: 124-128.
- Ahmed AS 2013. Performance and immune response of broiler chicks as affected by different levels of total dissolved solids in drinking water under hot arid environments. *Animal Production Science*, 53: 322-327.
- Alahgholi M, Tabeidian SA, Toghyani M, Ale Saheb Fosoul SS 2014. Effect of betaine as an osmolyte on broiler chickens exposed to different levels of water salinity. *Archiv fur Tierzucht*, 57:1-12.
- Ali Maie F, Mekkawy MY, Afifi M, A M Abdel-Maksoud 1992. Salt stress in broiler chicks: II. Effect of sodium chloride stress on plasma hormonal levels and other blood constituents in broiler chicks. *Archiv fur Geflugelkunde* 56: 241-246.
- Atekwana EA, Atekwana EA, Rowe RS, Dale Werkema JR, Franklyn DL 2004. The relationship of total dissolved solids measurements to bulk electrical conductivity in an aquifer contaminated with hydrocarbon. *Journal of Applied Geophysics*, 56: 281-294.
- Barton TL 1996. Relevance of water quality to broiler and turkey performance. *Poultry Science*, 75: 854-856.
- Chen J, Balnave D 2001. The influence of drinking water containing sodium chloride on performance and eggshell quality of a modern, colored layer strain. *Poultry Science*, 80:91-94.
- Dai NV, Bessei W, Quang NH 2009. The effects of sodium chloride and potassium chloride supplementation in drinking water on performance of broilers under tropical summer conditions. *Archiv fur Geflugelkunde* 73: 41-48.
- Emami F, Maheri-Sis N, Ghorbani A, Vahdatpour T 2012. Effects of feeding untreated or reconstituted sorghum grain (*Sorghum bicolor* L.) on growth performance of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). *International Journal of Biosciences*, 2: 31-37.
- Emami F, Maheri-Sis N 2015. Effects of reconstitution of high tannin sorghum grain on small intestine morphometry of Japanese quails. *Trakia Journal of Sciences*, 13: 77-82.
- Elsaidy N, Mohamed RA, Abouelenien F 2015. Assessment of variable drinking water sources used in Egypt on broiler health and welfare. *Veterinary World*, 8: 855-864.
- Erener G, Ocak N, Ozdas A 2002, Effect of sodium chloride supplementation provided through

- drinking water and/or feed on performance of Japanese quails (*Coturnix coturnix Japonica*). Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 26: 1081-1085.
- Goldstein DL, Skadhauge E 2000. Renal and Extrarenal Regulation of Body Fluid Composition. In: Whittow GC (ed.) Sturkie's Avian Physiology. 5th edition, Academic Press, San Diego, USA, pp. 265-297.
- Honarbaksh S, Zaghari M, Shivazad M 2007. Interactive effects of dietary betaine and saline water on carcass traits of broiler chicks. Journal of Biological Sciences, 7: 1208-1214.
- Jankowski J, Zduńczyk Z, Juoekiewicz J, Kwieciński P 2011. Effect of different dietary sodium levels on the growth performance of broiler chickens, gastrointestinal function, excreta moisture and tibia mineralization. Journal of Animal and Feed Sciences, 20: 93-106.
- Julian RJ 1987. The effect of increased sodium in the drinking water on right ventricular hypertrophy, right ventricular failure, ascites in broiler chickens. Avian Pathology, 16: 61-71.
- Kalafova A, Hrnčar C, Zbynovska K, Bucko O, Hanusova E, Kapustova Z, Schneidgenova M, Bielik P, Capcarova M 2018. The effects of dietary probiotics and humic acid on meat quality of Japanese quail including sex-related differences and economical background. Biologia, 73: 765-771.
- Karandish F, Hoekstra AY 2017. Informing national food and water security policy through water footprint assessment: the case of Iran. Water 9: 1-25.
- Kettunen H, Peuranen S, Tiihonen K 2001. Betaine aids in the osmoregulation of duodenal epithelium of broiler chicks, and affects the movement of water across the small intestinal epithelium *in vitro*. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 129: 595-603.
- Kiani R, Feizi A 2008. The study of relation between normal and higher than standard concentration of sodium of drinking water in ascites syndrome declaration in broiler chickens. International Journal of Poultry Science, 7: 89-91.
- Madani K, AghaKouchak A, Mirchi A 2016. Iran's socio-economic drought: challenges of a water-bankrupt nation. Iranian Studies-UK, 49: 997-1016.
- Mahmud A, Hayat Z, Zafarullah Khan M, Khalique A, Younus M 2010. Comparison of source and levels of sodium in broilers under low temperature conditions. Pakistan Journal of Zoology, 42: 383-388.
- NRC 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9th edition. The National Academies Press, Washington, DC.
- Olanrewaju HA, Thaxton JP, Dozier WA, Branton SL 2007. Electrolyte diets, stress, and acid-base balance in broiler chickens. Poultry Science, 86: 1363-1371.
- Pourreza J, Nasrollahi H, Samie AH, Mohammadalipour M, Assadian A 2000. The effects of total dissolved solids (TDS) on performance of broiler chickens. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 3: 71-82.
- Redoy MRA, Shuvo AAS, Al-Mamun M 2017. A review on present status, problems and prospects of quail farming in Bangladesh. Bangladesh Journal Animal Science, 46: 109-120.
- Rusydi AF 2018. Correlation between conductivity and total dissolved solid in various type of water: A review. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 118: 1-6.
- Saki AA, Mirzaie Goudarzi S, Ranjbaran M, Ahmadi A, Khoramabadi V 2017. Evaluation of biochemical parameters and productive performance of Japanese quail in response to the replacement of soybean meal with canola meal. Acta Scientiarum Anim Sciences, 39: 51-56.
- SAS 2008. User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA
- Seifi K, Karimi Torshizi MA, Abbasi S, Kazemifard M 2016. Effects of microwave-treated drinking water on growth and some physiological characteristics of Japanese quail (*Coturnix coturnix Japonica*). Iranian Journal of Applied Animal Science, 6: 447-451.
- Shanawany MM, Abdel-Rahman KM, Akl MO 1989. Influence of sodium chloride concentration in drinking-water on shell quality of quail eggs. Proceeding of 3rd European WPSA Symposium on Egg Quality, Stuttgart, Germany, 379-383.
- Sklan D, Noy Y 2000. Hydrolysis and absorption in the small intestines of post hatch chicks. Poultry Science, 79: 1306-1310.
- Steel RGD, Torrie JH, Dickey DA 1997. Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach, 3rd Ed. McGraw Hill Book Co., New York.
- Vosooghi-Postindoz V., Tahmasbi A., Naserian A.A., Valizade R. and Ebrahimi H 2018. Effect of water deprivation and drinking saline water on performance, blood metabolites, nutrient digestibility, and rumen parameters in Baluchi lambs. Iranian Journal of Applied Animal Science, 8: 445-456.
- Watkins SE, Fritts CA, Yan F, Wilson ML, Waldroup PW 2005. The interaction of sodium chloride levels in poultry drinking water and the diet of broiler chickens. Journal of Applied Poultry Research, 14: 55-59.
- Yape Kii W, Dryden McL G 2005. Effect of drinking saline water on food and water intake, food digestibility, and nitrogen and mineral balances of rusa deer stags (*Cervus timorensis russa*). Animal Science, 81: 99-105.

Investigation of Some Biochemical Parameters in Sheep Naturally Infected with Cystic Echinococcosis

Kıvanç İRAK¹ , Özgür Yaşar ÇELİK² , Burçak ASLAN ÇELİK³ , Memiş BOLACALI⁴ , Handan MERT⁵ 
Nihat MERT⁶ 

¹Siirt Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Biyokimya Anabilim Dalı, Siirt, ²Siirt Üniversitesi Veteriner Fakültesi, İç Hastalıkları Anabilim Dalı, Siirt, ³Siirt Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Parazitoloji Anabilim Dalı, Siirt, ⁴Siirt Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Zootehni Anabilim Dalı, Siirt, ⁵Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Biyokimya Anabilim Dalı, Van

¹<https://orcid.org/0000-0001-9765-0330>, ²<https://orcid.org/0000-0001-6365-2688>, ³<https://orcid.org/0000-0002-0130-970X>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-4196-2359>, ⁵<https://orcid.org/0000-0001-9827-7996>, ⁶<https://orcid.org/0000-0001-7185-3316>

✉: kivancirak@hotmail.com

ABSTRACT

This study was performed to reveal the changes in certain serum biochemical parameters in animals diagnosed with Cystic Echinococcosis. The material of the study consisted of 40 sheep aged 1-3, which were brought for slaughter from different animal farms of Siirt. Overall, 20 sheep which were determined to be healthy in physical examinations and had no pathological lesions in their internal organs were determined as the control group, while the remaining 20 sheep with cystic lesions in their lungs and livers which were protoscolex-positive formed the infected group. While no significant relevant difference between the K, Cl, Ca, Mg, GGT, ALT, ALB, TRIG and CHOL levels of health and infected animals ($p>0.05$), statistically meaningful changes in Na ($p<0.01$), TBIL ($p<0.05$), and TP and GLOB ($p<0.001$) levels and AST ($p<0.001$) activity were observed between the groups. As a result, it was determined that the changes in AST, total protein, globulin, and total bilirubin levels could be used as supportive laboratory analyzes in a determination of the prognosis of animals infected with Cystic Echinococcosis and of the physiopathologic alterations occurring in their livers.

Research Article

Article History

Received : 20.02.2019

Accepted : 23.05.2019

Keywords

Cyst hydatid

Blood parameters

Liver

Kist Hidatik ile Doğal Enfekte Koyunlarda Bazı Biyokimyasal Parametrelerin Araştırılması

ÖZET

Bu çalışmada, Kistik Ekinokokkozis tanısı konulan koyunlarda, bazı serum biyokimyasal parametrelerdeki değişimlerin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışmanın materyalini Siirt ilindeki farklı işletmelerden kesime getirilen; 1-3 yaşlı 40 koyun oluşturdu. Yapılan organ muayenelerinde herhangi bir patolojik lezyon bulunmayan ve fiziki muayenede sağlıklı olduğu tespit edilen 20 adet koyun çalışmanın kontrol grubunu, karaciğer ve akciğerlerinde kistik yapılar parazitolojik olarak incelenerek protoskoleks yönünden pozitif olan 20 adet koyun çalışmanın enfekte grubunu oluşturdu. Sağlıklı ve enfekte gruplar arasında K, Cl, Ca, Mg, GGT, ALT, ALB, TRIG ve CHOL düzeyleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmezken ($p>0.05$), Na ($p<0.01$), TBIL ($p<0.05$), TP ve GLOB ($p<0.001$) seviyeleri ile AST ($p<0.001$) aktivitesi bakımından, gruplar arasındaki farkın anlamlı olduğu belirlendi. Sonuç olarak, AST, total protein, globülin ve total bilirubin düzeylerindeki değişimlerin, karaciğerde meydana gelen fizyopatolojik değişikliklerin tespit edilmesinde ve Kistik ekinokokkozis ile enfekte hayvanların prognozunun belirlenmesinde yardımcı laboratuvar analizleri olarak kullanılabileceği kanısına varılmıştır.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 20.03.2019

Kabul Tarihi : 23.05.2019

Anahtar Kelimeler

Kist hidatik

Kan parametreleri

Karaciğer

INTRODUCTION

Cystic echinococcosis is a zoonotic disease caused by the larvae of the *Echinococcus granulosus* (*E. granulosus*) infecting the intermediate hosts, and the disease represents a significant threat for human and animal health all around the globe (Yildiz and Gurcan, 2003; Hakverdi *et al.*, 2008; Demir and Mor, 2011). The adults of *E. granulosus* live in the small intestines of the dogs and other canines that are the final hosts, while its larvae lives in various tissues and organs of humans and certain mammals, particularly in herbivores like sheep, goats, and cattle, which represent the intermediate hosts (Yildiz and Gurcan, 2003; Gicik *et al.*, 2004; Gokcen *et al.*, 2006; Hakverdi *et al.*, 2008). The most important source of infection for humans and animals that are the intermediate hosts are the infected dogs. The vegetables, fruits, and drinking waters contaminated with the dog feces form the source of infection (Gokcen *et al.*, 2006). The parasite is reported to be capable of settling into almost every organ, including lungs, kidneys, spleen, brain, and heart (Karaman *et al.*, 2005).

Significant changes reportedly occur in blood parameters of animals exposed to the parasitic invasion (Mert *et al.*, 2003; Ayaz *et al.*, 2006; Sahin and Akgul, 2006; Tanritanir *et al.*, 2009; Uslu *et al.*, 2011). Parasitic infections seem to cause increased hepatic enzyme activity and decreased trace element levels by causing liver damage (Sahin and Akgul, 2006; Vengust *et al.*, 2003). Some researchers report that investigating the hepatic enzyme activities and total bilirubin, protein, and albumin levels are helpful in the evaluation of the liver functions (Tennant and Center, 2008). Minerals, on the other hand, have an important role in maintaining normal physiological functions and protecting organisms against disease. These substances are found in the structure of cofactors that are necessary for enzymatic activity (Karagul, 2000).

Considering the relationship of the cystic echinococcosis with certain biochemical parameters, various studies were thus performed both in humans (Koltas *et al.*, 2006; Ersayit *et al.*, 2009; Kilic *et al.*, 2010), sheep (Sagkan-Ozturk *et al.*, 2015; Cinar *et al.*, 2018; Irak *et al.*, 2018) and cattle (Yarim *et al.*, 2010; Heidarpour *et al.*, 2013; Hanedan *et al.*, 2015). The fact that clinical findings are not conclusive in cystic echinococcosis, and the parasitologic examinations being unable to provide specific results, makes the disease difficult to diagnose in intermediate hosts. The determination of blood parameters is further important as the rate of success in the treatment increases with early diagnosis of the disease (Kam, 2016).

The objective of this study, was to investigate the changes in certain serum biochemical parameters in sheep diagnosed with Cystic echinococcosis.

MATERIALS and METHODS

Study Area

Siirt province lays in the semi-arid climate region. The average highest and lowest temperatures range from 36.9 °C and 18.9 °C in summer and there are water shortages during the summer (Meteorology, 2018).

Ethical Approval

All applicable international, national, and/or institutional guidelines for the care and use of animals were followed.

Animal Material

Total of 40 sheep at the age of 1 to 3 years brought in for a slaughter from various establishments in the province of Siirt. The general health status of the sheep were examined physically and blood samples were collected. The organs of the animals were checked for cyst hydatid after the slaughter. 20 sheep which were found to be healthy in physical examinations and had no pathological lesions in their internal organs were determined as the control group, while the remaining 20 sheep with cystic lesions in their lungs and livers which were protoscolex-positive formed the test group. The blood samples collected into anticoagulant-free test tubes were kept in room temperature for 30 minutes and then centrifuged in 3000 rpm for 10 minutes. The analyses of Sodium (Na), Potassium (K), Chloride (Cl), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Gamma-Glutamyl Transferase (GGT) Alanine Aminotransferase (ALT), Aspartate Aminotransferase (AST), Total bilirubin (TBIL), Total protein (Tp), Albumin (Alb), Globulin (GLOB), Triglyceride (TRIG), Cholesterol (CHOL) were performed using an ADVIA 1800 brand autoanalyzer device.

Statistical Analysis

SPSS 16.0 Windows program (SPSS Inc., Chicago, IL) was used for statistical analysis of the data. Independent t-test was used when differences between groups were determined and the results were given as mean \pm SEM (Standard Error of Mean). $P < 0.05$ was considered statistically significant.

RESULTS and DISCUSSION

The analysis results for certain biochemical parameters of the healthy animals in the control group and the animals in the test group diagnosed with Cystic echinococcosis were given in Table 1. No statistical difference was observed between the K, Cl, Ca, Mg, GGT, ALT, ALB, TRIG, and CHOL levels between the groups ($p > 0.05$), while the difference between the groups in terms of Na ($p < 0.01$), TBIL ($p < 0.05$), TP and GLOB ($p < 0.001$) levels and AST ($p < 0.001$) activity was found to be statistically significant (Table 1).

Table 1. The levels of certain biochemical parameters in infected and control group sheep

Parameters	Group	Mean± SEM	P Values
Na (mmol/L)	Infected	153.05 ± 0.69	**
	Control	150.25 ± 0.59	
K (mmol/L)	Infected	5.43 ± 0.15	NS
	Control	5.55 ± 0.09	
Cl (mmol/L)	Infected	108.00 ± 0.45	NS
	Control	107.05 ± 0.27	
Ca (mg\dl)	Infected	9.88 ± 0.08	NS
	Control	9.72 ± 0.10	
Mg (mg\dl)	Infected	2.39 ± 0.07	NS
	Control	2.40 ± 0.07	
GGT (U\L)	Infected	60.25 ± 3.11	NS
	Control	58.70 ± 1.93	
ALT (U\L)	Infected	22.20 ± 1.17	NS
	Control	19.70 ± 1.27	
AST (U\L)	Infected	125.25 ± 4.79	***
	Control	102.25 ± 3.69	
TBIL (mg\dl)	Infected	0.13 ± 0.01	*
	Control	0.10 ± 0.01	
TP (g/dL)	Infected	7.94 ± 0.14	***
	Control	6.94 ± 0.15	
ALB (g\dl)	Infected	3.52 ± 0.07	NS
	Control	3.50 ± 0.06	
GLOB (g\dl)	Infected	4.42 ± 0.17	***
	Control	3.44 ± 0.17	
TRIG (mg\dl)	Infected	17.05 ± 1.07	NS
	Control	18.35 ± 1.17	
CHOL (mg\dl)	Infected	59.50 ± 2.38	NS
	Control	57.70 ± 2.55	

NS: non-significant ($p>0.05$), *: $p<0.05$, **: $p<0.01$, ***: $p<0.001$

Cystic echinococcosis is one of the significant parasitic zoonotic diseases that affect animals and humans alike (Demir and Mor, 2011). Besides the economic loss caused by the infection of the animals, the infection also represents a significant public health problem.

The disease is quite common in humans and animals in Turkey. Eastern, Southeastern, and Central Anatolia regions are the regions where the disease is most commonly encountered (Gicik *et al.*, 2004; Karaman *et al.*, 2005).

It has been reported that host biochemistry shows some alterations from normal physiology in animals with parasitic infections (Mert *et al.*, 2003; Ayaz *et al.*, 2006; Sahin and Akgul, 2006). Minerals have important roles in sustaining the normal physiological functions and protection of the organism against the disease. In studies conducted on parasite infested animals (Tanyuksel *et al.*, 1995; Deger *et al.*, 1997), changes in total serum protein levels, and the levels of certain vitamins, enzymes, and minerals were reported, while the parasitic diseases were reported to make infected animals susceptible to vitamin and

mineral deficiencies.

A study conducted by Ayaz *et al.*, (2006) found that there were some increases in some biochemical parameters including total protein, globulin, amylase, chlor, and vitamin B12 levels, and some decreases in albumin, magnesium, and phosphorus levels of sheep diagnosed with cyst hydatid (Ayaz *et al.*, 2006).

In the physiopathology of the liver, AST, ALT, ALP, GGT, CPK, bilirubin and albumin, globulin protein tests are important parameters (Comba *et al.*, 2017). Increased AST activity in the serum is a sensitive marker of liver damage (Meyer and Harvey, 1998). ALT activity in pigs, horses, goats, sheep and cattle is not specific for the liver for having a diagnostic significance (Kramer and Hoffman, 1997). Tennant (1997) reported that the activity of ALT in liver is low and that serum ALT is not remarkably elevated during infection with *F. hepatica*. The high activity of GGT is found in the liver, kidneys, pancreas, intestine and the spleen. Maden *et al.* (2003) reported that GGT is an important marker in lambs.

In a study conducted by Cinar *et al.* (2018) indicated that there were greater AST ($p<0.001$), ALP ($p<0.05$), and total bilirubin ($p<0.001$) levels of sheep infected with the cyst compared to the control group. On the other hand, total protein ($p<0.001$) and Mg ($p<0.05$) levels were found to be lower. In a study conducted by Sagkan-Ozturk *et al.* (2015) reported that the total protein and albumin levels of animals with cyst hydatids in lungs and livers were found to be significantly higher compared to the healthy animals. Heidarpour *et al.* (2012) have determined that the AST, GGT, and bilirubin levels of the camels infected with Cystic echinococcosis were higher compared to the control group.

In this study, the increases detected in the AST activities and total bilirubin levels of the sheep with Cystic echinococcosis (Heidarpour *et al.*, 2012; Cinar *et al.*, 2018), and the increase in the total protein (Ayaz *et al.*, 2006; Sagkan-Ozturk *et al.*, 2015) and globulin levels (Ayaz *et al.*, 2006) are consistent with the results of the aforementioned studies. Yuksek *et al.* (2007) report that the ALP and AST activities of sheep infected with endoparasites are higher compared to healthy animals and that the increase is caused by the necrosis or cholestasis of the hepatic cells. It is believed that the increase in AST activity and bilirubin levels might be due to necrosis and/or cholestasis of the hepatocytes, while the increase in total protein and globulin levels might be attributed to the deterioration of the protein metabolism.

CONCLUSION

The results of the study indicate that the determination of the changes in AST, total protein, globulin and total bilirubin levels of the animals

infected with cystic echinococcosis could be used as assistive laboratory analyzes to determine the physiopathological changes in their livers and the prognosis of the diseased animals.

REFERENCES

- Ayaz E, Ertekin A, Ozdal N, Tas Z 2006. Some Biochemical Parameters in Sheep Infected with Endoparasites (*Fasciola* spp., *Dicrocoelium dendriticum*, *Hydatid* cysts, *Trichostrongylidae* and *Protostrongylidae*). *Türkiye Parazitol Derg*, 30 (4): 57-61.
- Cinar M, Aydenizoz M, Gokpinar S, Camkerten G 2018. Evaluation of biochemical parameters and oxidative stress in sheep naturally infected with *Dicrocoelium dendriticum* and *hydatid* cysts. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 42 (5): 423-428.
- Deger Y, Gul A, Bildik A, Dede S, Yur F, Deger S 1997. Parazitli köpeklerin bazı kan parametreleri ile plazma vitamin C düzeylerinde görülen değişiklikler. *Türkiye Parazitol Derg*, 21: 195-198.
- Demir P, Mor N 2011. Seasonal Distribution and Economic Importance of Cystic Echinococcosis in Cattle Slaughtered at Kars Municipal Abattoir, Turkey. *Türkiye Parazitol Derg*, 35: 185-188.
- Ersayit D, Kilic E, Yazar S, Artı T 2009. Oxidative Stres in Patients with Cystic Echinococcosis: Relationship between Oxidant and Antioxidant Parameters. *Erciyes University J Health Sci*, 18: 159-166.
- Gicik Y, Arslan MO, Kara M, Kose M 2004. The Prevalence of Cystic Echinococcosis in Cattle and Sheep Slaughtered in the Kars Province. *Türkiye Parazitol Derg*, 28 (3): 136-139.
- Gokcen A, Sahin T, Camkerten I 2006. A primary case of Cardiac cyst *hydatid* in a calf, in Turkey. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17 (1): 33-35.
- Hakverdi S, Culha G, Canda MS, Yaldiz M, Altintas S 2008. Problem Of Cystic Echinococcosis in Hatay. *Türkiye Parazitol Derg*, 32: 340-342.
- Hanedan B, Kirbas A, Kandemir FM, Ozkaraca M 2015. Arginase activity and total oxidant/antioxidant capacity in cows with lung cystic echinococcosis. *Med Weter*, 71 (3): 167-170.
- Heidarpour M, Mohri M, Borji H, Moghdass E 2012. Oxidative stress and trace elements in camel (*Camelus dromedarius*) with liver cystic echinococcosis. *Veterinary parasitology*, 187 (3-4): 459-463.
- Heidarpour M, Mohri M, Borji H, Moghdass E 2013. Oxidant/antioxidant status in cattle with liver cystic echinococcosis. *Vet Parasitol*, 195:(1-2) 131-135.
- Irak K, Celik BA, Karakoc Z, Celik OY, Mert H, Mert N, Kaya MO (2018). Oxidant/Antioxidant Status, PON1 and ARES Activities, Trace Element Levels, and Histological Alterations in Sheep with Cystic Echinococcosis. *Iranian Journal of Parasitology*, 13(3): 448-456.
- Kam K 2016. Investigation of mineral content of the serum and cyst fluid in sheep with *hydatid* cysts. (Master thesis), Yuzuncu Yil University, Institute of Health Sciences Department of Biochemistry, Van, Turkey.
- Karagul H, Altıntaş A, Fidancı UR, Sel T 2000. *Klinik Biyokimya*. 1st ed. Ankara, Turkey: Medisan Yayınevi.
- Karaman U, Miman O, Kara M, Gicik Y, Aycan OM, Atambay M 2005. *Hydatid* Cyst Prevalence in the Region of Kars. *Türkiye Parazitol Derg*, 29 (4): 238-240.
- Kilic E, Yazar S, Bakol G, Artı T 2010. Antioxidant and nitric oxide status in patients diagnosed with *Echinococcus granulosus*. *Afr J Microbiol Res*, 4 (22): 2439-2443.
- Koltas IS, Yucebilgic G, Bilgin R, Parsak CK, Sakman G 2006. Serum malondialdehyde level in patients with cystic echinococcosis. *Saudi Med J*, 27 (11): 1703-1705.
- Maden M, Altunok V, Birdane FM, Aslan V, Nizamlioglu M 2003. Blood and colostrum/milk serum γ -glutamyltransferase activity as a predictor of passive transfer status in lambs. *Journal of Veterinary Medicine Series B*, 50(3): 128-131.
- Mert N, Kozat S, Ekin S, Gunduz H, Denizhan V 2003. Doğal kronik *Fasciolasis*li koyunlarda serum sialik asit ve serum lipid-bağlı sialik asit düzeyleri. 13. Ulusal Parazitoloji Kongresi, 8-12 Eylül 2003, Konya, Turkey.
- Meteorology 2018. Turkish State Meteorological Service. Thornthwaite climate classification. (1938-2017). Retrieved from <https://goo.gl/ud7dBK>. (Access Date:10.10.2018).
- Sagkan-Ozturk A, Durgut R, Ozturk O 2015. Oxidant/antioxidant status in lambs and sheep with liver and lung cystic echinococcosis diagnosed by ultrasonography and necropsy. *Veterinary parasitology*, 208 (3-4): 280-285.
- Sahin T, Akgul Y 2006. Investigation of Some Trace Element Levels and Biochemical Parameters in Sheep with Endoparasite. *YYÜ Sağlık Bilimleri Dergisi*, 9 (1): 100-106.
- Tanritanir P, Özdal N, Ragbetli C, Yörük I, Ceylan E, Deger S 2009. Some biochemical parameters and vitamins levels in the hair goats naturally mixed with endo-ectoparasites (lice (*linognathus africanus*) and *Trichostrongylidae* sp.). *J Anim Vet Adv*, 9: 1707-1711.
- Tanyuksel M, Sayal A, Aydın A 1995. Paraziter hastalıklarda eser element düzeyleri. *Türkiye Parazitol Derg*, 19: 315-321.
- Tennant BC, Center SA 2008. Chapter 13: hepatic function. In *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. sixth ed. In: Kaneko, J.J.,Harvey, J.W.,

- Bruss, M.L. (Eds.), Academic Press, New York, USA, pp. 379-412.
- Uslu U, Akalin PP, Şahin EY, Altunok V 2011. Some biochemical parameters in yearling sheep naturally infected with *Coenurus Cerebralis*. Fresenius Environmental Bulletin, 20(2): 411-414.
- Vengust G, Klinkon M, Bidovec A, Vengust A 2003. *Fasciola hepatica*: effect on blood constituents and liver minerals in fallow deer (*Dama dama*). Vet Parasitol, 112: 51-61
- Yarim GF, Umur S, Acici M, Beyhan YE 2010. Serum sialic acid levels in cattles with cystic echinococcosis. Ankara Üniv Vet Fak Derg, 57: 61-63.
- Yildiz K, Gurcan S 2003. Prevalence of hydatidosis and fertility of hydatid cysts in sheep in Kirikkale, Turkey. Acta Veterinaria Hungarica, 51 (2): 181-187.
- Yukse N, Altug N, Gul A 2007. Therapeutic effect of the combination of trichlobendazole and levamisole in sheep with endoparasite infection. YYU Vet Fak Derg, 18: 19-24.
- Comba B, Mert H, Comba A, Mis L, Mert N 2017. The Some Hematological and Biochemical Parameters In Karakul and Norduz Sheep. Van Vet J, 28 (3): 137-140.
- Meyer DJ, Harvey JW 1998. Veterinary Laboratory Medicine. Interpretation and Diagnosis. 2nd ed., W. B. Saunders Company. Philadelphia, London, Toronto, Montreal, Sydney, Tokyo. pp. 157-187.
- Kramer Jw, Hoffman We 1997. Clinical Enzymology. In: Clinical Biochemistry of Domestic Animals. (Kaneko, J. J., J. W. Harvey, M. L. Bruss, Eds.). Academic Press. San Diego, London, Boston, New York, Sydney, Tokyo, Toronto. pp. 303-325.
- Tennant BC 1997. Hepatic Function. In: Clinical Biochemistry of Domestic Animals. (Kaneko, J. J., J. W. Harvey, M. L. Bruss, Eds.) 5th ed., Academic Press. San Diego, London, Boston, New York, Sydney, Tokyo, Toronto. pp. 327-352.

Tatlısu İstakozunun (*Pontastacus leptodactylus*) Çeltik (*Oryza sativa* L.) İle Birlikte Polikültür Yetiştiriciliğinde İdeal Stok Oranlarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma

Selçuk BERBER¹, Semih KALE², Musa BULUT³, Bahri İZCİ⁴

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimler Bölümü, Çanakkale, ²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Çanakkale, ³Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiricilik Bölümü, Çanakkale, ⁴Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Çanakkale, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-1123-7217>, ² <https://orcid.org/0000-0001-5705-6935>, ³<https://orcid.org/0000-0002-4997-8208>,

⁴<https://orcid.org/0000-0002-5788-1537>

✉: semihkale@comu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma ile kontrollü ortamda çeltik–kerevit polikültür yetiştiriciliğinde ideal stok oranlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, çeltik tarımı yapılan alanların tarla balıkçılığı açısından değerlendirilmesi için yumurtalı dişi tatlısu istakozlarından laboratuvar ortamında temin edilen yavru bireyler kontrollü ortamda çeltik ekili alanlara farklı stok oranlarında (25 birey m⁻², 50 birey m⁻² ve 100 birey m⁻²) yerleştirilmiştir. Araştırma sonunda tatlısu istakozu yavruları için hayatta kalma (%72) ile boy ve ağırlık yönünden en iyi büyümenin 25 birey m⁻² stok yoğunluğu olan ortamda gerçekleştiği tespit edilmiştir (p<0.05). Ülkemizde kerevit yavru besleme çalışmaları ile karşılaştırıldığında bulguların önemli derecede farklı olduğu görülmüştür. Araştırma sonuçları kerevit yetiştiriciliği için alternatif bir yöntem olan çeltik–kerevit yetiştiriciliğinde en iyi verimin, stok yoğunluğunun 25 birey m⁻² olacak şekilde uygulanması ile alınabileceğini göstermiştir. Çalışmanın çeltik–kerevit yetiştiriciliği açısından ilerideki çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 26.03.2019

Kabul Tarihi : 16.05.2019

Anahtar Kelimeler

Tatlısu istakozu
Çeltik
Polikültür üretim
Büyüme
İdeal stok oranı

A Study on Determining the Ideal Stock Density of Freshwater Crayfish (*Pontastacus leptodactylus*) in Polyculture with Rice (*Oryza sativa* L.)

ABSTRACT

This paper aims to determine optimum stock density for rice–crayfish rearing in controlled environment. Juvenile freshwater crayfish (*Pontastacus leptodactylus*) obtained in the laboratory condition from female freshwater crayfish were stocked into rice–planted artificial pond at different stock densities (25 individuals m⁻², 50 individuals m⁻², and 100 individuals m⁻²) for the assessment of paddy field areas in terms of field fisheries in Turkey. Results showed that the best survival rate (72%) and growth for juvenile freshwater crayfish in point of length and weight has been observed at the stock density of 25 individuals m⁻². In addition, statistically significant difference has been found between this stock density and the other stock densities (p<0.05). The maximum survival rate was observed as 72% at the stock density of 25 individuals m⁻². The results of this study are significantly different when compared with other feeding researches on juvenile freshwater crayfish in Turkey. The stock density of 25 individuals m⁻² should be applied to gain maximum yield in rice–crayfish rearing experiments suggested as an alternative method for crayfish rearing. This paper, the first study on the investigation of different stock density for rice–crayfish rearing, will shed light on the further researches.

Research Article

Article History

Received : 26.03.2019

Accepted : 16.05.2019

Keywords

Freshwater crayfish
Rice
Polyculture production
Growth
Optimum stock rate

To Cite : Berber S, Kale S, Bulut M, İzci B 2019. Tatlısu İstakozunun (*Pontastacus leptodactylus*) Çeltik (*Oryza sativa* L.) İle Birlikte Polikültür Yetiştiriciliğinde İdeal Stok Oranlarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 22(6): 953-964. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.544561.

GİRİŞ

Ekonomik olarak önemli türleri içeren, dekapod krustaselerin içsularında yaşayan en büyük formlarından olan tatlısu ıstakozları, diğer adıyla kerevit, dünyada 737 tür ve alttür ile temsil edilmektedir (Crandall ve Buhay, 2008; Crandal ve De Grave, 2017). Türkiye’de bulunan türün farklı alttürleri olduğu bildirilmişse de mevcut türün genetik olarak *Pontastacus leptodactylus* olduğu rapor edilmiştir (Akhan ve ark., 2014). Dünyada kerevit üretimi avcılık ve yetiştiricilik yoluyla yapılmaktadır. Tür sayısının fazla olmasına rağmen genellikle avcılık ve yetiştiricilik faaliyetleri ekonomik açıdan önemli olan sadece 3 familyanın (Cambaridae, Parastacidae, Astacidae) türleri üzerine yoğunlaşmaktadır. Avcılık yoluyla tatlısu ıstakozu üretimi miktarı 2015 yılı itibariyle Çin hariç 15426 ton olarak belirlenmiş olup Ermenistan 7380 tonluk üretimiyle ilk sırada yer almaktadır. Tür bazında üretim miktarları dikkate alındığında avcılık yoluyla en fazla üretilen tatlısu ıstakozu *Pontastacus leptodactylus* türüdür (FAO, 2017). Yetiştiricilik yoluyla ise dünyada 787373 ton tatlısu ıstakozu üretimi gerçekleştirilmiştir. Çin 723200 tonluk tatlısu ıstakozu üretimi ile ilk sırayı almaktadır. Yetiştiricilik yoluyla üretilen türlerin başında 786905 ton ile *Procambarus clarkii* gelmektedir (FAO, 2017). Türkiye’de ise 1984 yılında yaklaşık 8000 ton ile en parlak dönemlerini yaşayan tatlısu ıstakozu üretimi, kerevit vebası, aşırı avcılık ve su kirliliğinin artmasına paralel olarak üretim miktarı oldukça azalmış ve 2016 yılı itibariyle 544 tona kadar gerilemiştir (TÜİK, 2017). Son 10 yıl içerisinde tatlısu ıstakozu üretim miktarlarının sergilemiş olduğu eğilimler değerlendirildiğinde ise üretim miktarının giderek azaldığı görülmektedir.

Tatlısu ıstakozu stoklarının iyileştirilmesi ve alternatif üretim metotlarının yaygınlaştırılması gerekmektedir. Mevcutta uygulanan üretim metodu ise sadece avcılığa dayanmakta olup stokların iyileştirilmeden sürekli av baskısı ile sömürülmesi şeklinde gerçekleştirilmektedir. Dünyada avcılık dışında tatlısu ıstakozlarının yetiştiricilik yöntemleri kullanılarak da üretimi yapılmaktadır. Bu yöntemler türlere bağlı olarak değişmekle birlikte; monokültür, dönüşümlü, ekstansif ve entansif olarak sıralanabilir. Bu üretim yollarında doğal veya yapay rezervuarlara yavru birey stoklanması veya doğal stokların zenginleştirilmesi amaçlanmıştır (Diler, 2013). Tatlısu ıstakozu üretim yöntemlerinden biri de çeltik kerevit dönüşümlü yetiştiricilik sistemleridir. Ülkemizde yerli türümüz olan *P. leptodactylus*’un çeltik üretimi yapılan alanlarda stoklanması günümüz itibariyle söz konusu değildir. Ancak bu türün su zemininden toprağın derinliklerine doğru yuva yapma özelliğinin bulunmaması nedeniyle çeltik ile polikültür açısından önemli avantajı bulunmaktadır (Berber ve Kale, 2018).

Tatlısu ıstakozlarının çeltik tarlalarında gelişim ve üretimleri ile ilgili ilk bilimsel bulgular Thomas (1965) tarafından sunulmuştur. Sonrasında yapılan çalışmalar yardımıyla çeltik tarlalarında tatlısu ıstakozlarının yetiştiriciliği ile ilgili temel yönetim stratejileri belirlenmiş ve günümüzdeki uygulamaların da temeli oluşturulmuştur (Thomas, 1965; Viosca, 1966; LaCaze, 1981). Tatlısu ıstakozları ile çeltik bitkisinin dönüşümlü olarak üretiminin yapılmasının temelinde bu canlının beslenme özellikleri yer almaktadır. Tatlısu ıstakozları beslenme biçimi açısından herbivor, detritivor, omnivor ve bazen de zorunlu karnivor olarak tanımlanmaktadır (Momot, 1995). Yaşayan ve çürümüş bitkiler, tahıllar, algler, küçük omurgasızlardan küçük balık türleri gibi omurgalılara kadar geniş bir grup ile beslenmektedir. Çeltik–kerevit üretiminde ise çeltik hasadından sonra geride kalan bitki materyali kerevitlerin beslenmesine katkıda bulunmaktadır.

Çeltik ekimi ve kullanılan alanlar açısından Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK, 2017) kayıtlarına göre Türkiye genelinde son 10 yılda 1 milyon dekarın üzerinde alan çeltik ekimi için kullanılmaktadır. 2016 yılı itibariyle 1160563 dekar alan çeltik ekimi için kullanılmış ve karşılığında 920000 ton çeltik elde edilmiştir (TÜİK, 2017). Çeltik tarımı ağırlıklı olarak Trakya bölgesinde yapılmakla birlikte Çanakkale’de de tarım arazisi kullanımı 2007 yılında 38488 dekar iken 2016 yılı itibariyle 107464 dekara yükselmiştir (TÜİK, 2017). Dünyada çeltik–kerevit rotasyonu ile 1–2 ton ha⁻¹ kerevit üretimi yapılabildiği göz önüne alındığında hem ülke genelinde hem de Çanakkale düzeyinde oldukça büyük bir potansiyel olduğu düşünülmektedir.

Berber ve Kale (2018) tarafından çeltik tarlasında kerevit yetiştiriciliğinin ekonomik olarak uygulanabilir olup olmadığının araştırıldığı çalışmada kerevitlerin çeltik tarlalarında büyütülmesi yeni ve uygulanabilir bir alternatif yöntem olarak önerilmiştir. Bu doğrultuda mevcut çalışma ile kontrollü ortamda çeltik–kerevit yetiştiriciliğinde ideal stok oranlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Araştırma Materyali ve Çalışma Alanı

Araştırmada Tekirdağ ilinde bulunan Hanoğlu Göleti’nden (Şekil 1) temin edilen tatlısu ıstakozu (*P. leptodactylus*) anaçları ve bu anaçlardan elde edilen yavru bireyler kullanılmıştır. Tatlısu ıstakozu bireylerinin yakalanması için tek girişli iki venterli pinter ağı kullanılmıştır. Kullanılan pinter ağları 5 kasnaklı olup, iki pinter arasında germe ağ yerleştirilmiştir ve ağ gözü genişlikleri 34 mm’dir. Nisan 2017’de avlanan 100 adet yumurtalı tatlısu ıstakozu anaçı bu gölette önceden hazırlanmış olan

yaşatma havuzlarında bir süre bekletilmiştir. Ardından tabanına ıslak süngerler ve buz keseleri yerleştirilmiş 10 litrelik strafor kutular içerisinde laboratuvar ortamına taşınarak canlı nakil operasyonu sorunsuz bir şekilde tamamlanmıştır. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Dardanos Deniz Canlıları Araştırma ve Uygulama Merkezi'ne nakledilen bireyler her birisi 140 litre hacme sahip polyester tankların içerisine su yüksekliği 40 cm olacak şekilde yerleştirilmiştir. Ayrıca kerevitlerde hem stres oluşumunun azaltılması hem de kanibalizmin önlenmesi amacıyla tankların içerisine PVC malzemeden üretilmiş borular yerleştirilerek barınma alanları sağlanmıştır.



Şekil 1. Anaç tatlisu istakozlarının avlandığı Hanoğlu Göleti (Tekirdağ) ve çalışmanın gerçekleştirildiği havuzlar (Çanakkale)

Havuzların Hazırlanması

Çeltik ekiminin yapılması için hazırlanan $2 \times 2 \times 1.5$ m boyutlarındaki havuzlara (Şekil 1) toprağın su geçirgenliğinin belirlenmesi amacıyla su depolaması yapılmıştır. Ancak toprak özelliklerinin su tutma kabiliyetinin çok az olması ve bölgede toprak kayması olmasından dolayı havuzların tamamı beton havuzlara dönüştürülmüş olup içerisine 40 cm yüksekliğinde toprak yerleştirilmiştir. Havuzlardaki su sirkülasyonunun sürekli sağlanması amacıyla da otomatik zamanlayıcı mekanizmaları kurulmuştur. Suyun akışında kesintiler oluşmasının önlenmesi için alternatif motorlar temin edilmiş ve kullanıma hazır hale getirilmiştir. Çeltik tohumlarının ekime hazır hale getirilmesi amacıyla tohumlar nemli bez torba içerisine konularak 3 gün süresince çimlenmeye bırakılmıştır. Çimlenmenin ardından 5 cm yüksekliğinde su bulunan havuzlara Mayıs 2017'de çeltik ekimi yapılmıştır.

Yavru Tatlisu Istakozu Bireylerinin Havuzlara Yerleştirilmesi ve Hasadı

Haziran 2017'de yumurtalardan yavru çıkışları başlayıp yumurtaların tamamının açıldığı gözlemlendikten sonra kanibalizmin önlenmesi amacıyla anaçlar ile yavru bireyler farklı tanklara yerleştirilmiştir. Çeltik bitkisinin su dışında filizlerinin görülmesinin ardından yavru bireyler hazırlanan havuzlara 25, 50, 100 birey m^{-2} olacak şekilde 3 tekerrürlü olarak stoklanmıştır. Çeltik bitkisinin hasadından önce Eylül 2017 itibarıyla tatlisu istakozları havuzlardan toplanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Araştırmanın başlangıç ve sonundaki tatlisu istakozu yavruları

Tatlisu Istakozlarının Boy ve Ağırlıklarının Hesaplanması

Tatlisu istakozu anaç ve yavru bireylerinin boy ölçümleri 0.01 mm hassasiyetli dijital kumpas ile yapılmıştır. Boy ölçümlerinde rostrum ucundan telson sonuna kadar olan total boy esas alınmıştır. Tatlisu istakozu bireylerinin ağırlıklarının ölçümünde ise anaçlarının ağırlık ölçümleri 0.01 g hassasiyetli tartı ile yapılırken yavru bireylerin ağırlıkları ise 0.0001 g hassasiyetli tartı ile ölçülmüştür.

Boy-Ağırlık İlişkisinin Belirlenmesi

Krustaselerin vücut uzunluğu ile ağırlıkları arasındaki ilişkinin belirlenmesinde genellikle regresyon analizi kullanılmaktadır (Ricker, 1973).

Balıklarda olduğu gibi tatlısu ıstakozlarında da boy ile ağırlık arasında $W = a \times L^b$ şeklinde doğrusal olmayan bir ilişki vardır. Bu eşitlikte her iki tarafın logaritması alınırsa boy-ağırlık ilişkisi $\log W = \log(a) + b \log(L)$ şeklinde doğrusal hale getirilmiş olur (Ricker, 1973; Erkoyuncu, 1995). Bu eşitlikte;

L : Total boyu (TB),

W : Total ağırlığı (TA)

a ve b : Denklemin sabit parametrelerini ifade etmektedir.

Tatlısu ıstakozu bireylerinin boy-ağırlık ilişkisi Total Boy (TB)-Total Ağırlık (TA) ilişkisi yönünden incelenmiştir. Buna göre regresyon denklemleri, eğrileri ve korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Hesaplanan b değerinin önem kontrolü yapılırken önce test istatistiği değeri hesaplanmıştır. Bu değer;

$t = \frac{S_x |b-3|}{S_y \sqrt{1-r^2}} \sqrt{n-2}$ formülü ile belirlenmektedir. Bu denklemde;

S_x : $\log(L)$ değerlerinin standart sapması,

S_y : $\log(W)$ değerlerinin standart sapması,

n : hesaplamada kullanılan birey sayısı,

r^2 : $\log(L)$ ve $\log(W)$ değerlerinin determinasyon katsayısını ifade etmektedir.

Pleopodal yumurta sayıları anaçların üzerinden doğrudan sayılarak belirlenmiştir. Yumurta sayısı ile diğer vücut özelliklerinin arasındaki ilişki denklemleri ve korelasyon katsayıları (r), Ricker (1973)'in fonksiyonel regresyon modeli ile hesaplanmıştır.

Suyun Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

Tatlısu ıstakozu yavrularının yerleştirildiği çeltik bulunan havuzların su sıcaklığı (°C), sudaki çözünmüş oksijen miktarı (mg l⁻¹) ile asitlik ve bazlık dereceleri (pH) saha çalışmaları sırasında yerinde ölçümler yapılarak kaydedilmiştir. Su sıcaklığı (°C) ve sudaki çözünmüş oksijen miktarı YSI Pro 2030 ve suyun pH değeri WTW 3110 marka prob ile ölçülmüştür.

Tatlısu İstakozlarında Büyüme ve Yaşama Oranlarının Belirlenmesi

Tatlısu ıstakozlarında büyüme tüm vücudun ya da bazı organların boy, ağırlık, hacim gibi fiziksel boyutlarının zaman içerisinde değişmesidir. Fizyolojik büyüme devam ederken kabuk değişimi ile boy ve ağırlıkta artış meydana gelmektedir. Dış iskeletin değişiminden sonra kerevit boyutu artmaktadır. Bu nedenle dış ölçülerde büyüme zamanla artan bir eğriyle sonuçlanmaktadır. Yavru bireylerin ilk aylarında çok sayıda kabuk değişimi meydana gelmektedir. Tatlısu ıstakozları eşeyssel büyüklüğe yaklaştıkça kabuk değişimi sayısı da azalmaktadır. Genellikle juveniller ilk yılda 6-7 kez kabuk değiştirmelerine rağmen kabuk değişimi ve sayısı bireyden bireye değişiklik göstermektedir. Bu yüzden de yaşı gösteren güvenilir bir rehber olarak

kullanılması doğru sonuçlar veremeyebilir (Kumlu, 2001; Holdich, 2002). Tatlısu ıstakozlarında büyüme, boylarının ölçülmesi veya ağırlıklarının tartılması ile belirlenebilmektedir. Büyüme belirlemek için oldukça fazla yöntem kullanılmaktadır (Lall ve Bishop, 1976; Zanuy ve Carillo, 1985; Hidalgo ve ark., 1987; Pickering ve ark., 1987; Storebakken ve Austreng, 1987; Bernabe, 1993; Ballestrazzi ve ark., 1994; Holdich, 2002). Bu çalışmada büyümenin belirlenmesinde spesifik büyüme oranı (SGR) kullanılmıştır. Büyüme oranlarının karşılaştırılması amacıyla kerevitlerin ağırlık ortalamaları kullanılmıştır. Deneme sonunda tüm grupların SGR değeri aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmıştır (Holdich, 2002).

$$SGR = \frac{(\ln(W_t) - \ln(W_i))}{T} \times 100$$

W_t : Son ortalama kerevit ağırlığı (g)

W_i : Başlangıç ortalama kerevit ağırlığı (g)

T : Deneme gün sayısı

Deneme sonunda gruplardaki yaşama oranının tespitinde aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$\text{Yaşama Oranı (\%)} = \frac{\text{Deneme sonundaki kerevit sayısı}}{\text{Deneme başlangıcındaki kerevit sayısı}} \times 100$$

İstatistiksel Analizler

Farklı stok yoğunlukları arasında total boy ve ağırlık açısından anlamlı bir farklılık bulunup bulunmadığının test edilmesi amacıyla parametrik testlerden tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Varyans analizi sonucunda hem total boy hem de ağırlık için istatistiksel olarak anlamlı farklılık hesaplanmıştır ($p < 0.05$). Farklılığın kaynağını tespit etmek amacıyla Post Hoc testlerinden Tukey testi ile Scheffe testi kullanılmıştır.

BULGULAR

Suyun Fizikokimyasal Özellikleri

Tatlısu ıstakozu yavru bireyleri havuzlara yerleştirilmeden önce ve havuzlardan toplanmadan önce suyun sıcaklık, çözünmüş oksijen, tuzluluk ve pH gibi fizikokimyasal parametreleri ölçülmüştür. Bu ölçümler her bir havuzun üç farklı noktasından yapılmıştır. Ölçülen değerler Çizelge 1'de verilmiştir. Ölçüm yapılan noktaların ölçülen parametreler açısından birbirlerinden istatistiksel olarak önemli ölçüde farklı olmadıkları tespit edilmiştir ($p > 0.05$).

Çizelge 1. Araştırma başlangıcında ve sonunda ölçülen su parametreleri

Parametreler	Başlangıç Ölçümü	Bitiş Ölçümü
Sıcaklık (°C)	22.6	20.5
Çözünmüş Oksijen (mg l ⁻¹)	2.10	3.30
pH	8.2	8.1
Tuzluluk (ppt)	1	1

Tatlısu İstakozlarında Büyüme ve Yaşama Oranları

Yavru temini için kullanılan anaç tatlısu istakozlarının total boyları ortalama 109.89 ± 1.825 mm, total ağırlıkları ise 31.54 ± 1.481 g olarak hesaplanmıştır. Anaçların total boyları 77.26 – 147.44 mm arasında, total ağırlıkları ise 11.11 – 77.2 g arasında değişiklik göstermiştir. Dişi tatlısu istakozlarının kuluçkaladıkları pleopodal yumurta sayıları 6 – 369 adet arasında değişiklik gösterirken, ortalama yumurta sayıları ise 201 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2).

Yumurta çıkışından itibaren yaklaşık 10 gün sonra

yavru tatlısu istakozlarının boy ve ağırlık ölçümleri yapılarak çeltik ekilen havuzlara 25 birey m^{-2} , 50 birey m^{-2} , 100 birey m^{-2} olacak şekilde farklı stok yoğunluklarında yerleştirilmiştir. Başlangıçta ve denemenin sonunda tatlısu istakozu yavrularının ölçülen ortalama total boy ve ağırlıkları Çizelge 3'de sunulmuştur. Havuzlardaki yavru tatlısu istakozlarının yaşama oranları 25 , 50 , 100 birey m^{-2} stoklamalar için sırasıyla $\%72$, $\%56$, $\%43$ olarak hesaplanmıştır. Hem en yüksek spesifik büyüme oranı hem de en yüksek yaşama oranı 25 birey m^{-2} stok yoğunluğunun olduğu havuzlarda gerçekleşmiştir.

Çizelge 2. Yumurtalı dişi tatlısu istakozu bireylerinin hesaplanan değerleri

	Total Boy (mm)	Total Ağırlık (g)	Yumurta Sayısı (adet)
Ortalama±SE*	109.89 ± 1.825	31.54 ± 1.481	201.4 ± 9
Min–Maks	77.26 – 147.44	11.11 – 77.2	6 – 369

*SE: Standart Hata

Çizelge 3. Yavru tatlısu istakozlarının ortalama total boy, ortalama ağırlık, spesifik büyüme oranları ve yaşama oranları

Parametre	Stok Yoğunluğu		
	25 birey m^{-2}	50 birey m^{-2}	100 birey m^{-2}
Başlangıç Ortalama Total Boy (mm)	14.28 ± 0.31	14.14 ± 0.224	15.52 ± 0.547
Son Total Boy (mm)	43.32 ± 2.241	34.31 ± 2.564	32.45 ± 1.121
Başlangıç Ağırlık (g)	0.094 ± 0.006	0.095 ± 0.006	0.145 ± 0.022
Son Ağırlık (g)	2.036 ± 0.254	1.262 ± 0.210	0.982 ± 0.099
SGR	3.62	3.04	2.25
Yaşama Oranı (%)	72	56	43

Farklı stok yoğunlukları arasında total boy ve ağırlık açısından anlamlı bir farklılık bulunup bulunmadığının test edilmesi amacıyla uygulanan tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonucunda hem total boy hem de ağırlık için istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$) (Çizelge 4). Farklılığın kaynağını tespit etmek amacıyla Post Hoc testlerinden Tukey testi ile Scheffe testi kullanılmıştır. Test sonuçlarına göre hem ağırlık hem de boy bakımından 25 birey m^{-2} stok yoğunluğu ile 50 birey m^{-2} stok yoğunluğu arasında, 25 birey m^{-2} stok yoğunluğu ile 100 birey m^{-2} stok yoğunluğu istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Ancak, 50 birey m^{-2} stok yoğunluğu ile 100 birey m^{-2} stok yoğunluğu arasında ise istatistiksel olarak önemli bir farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 5).

Çalışma sonucunda hesaplanan yaşama oranları ise

25 , 50 , 100 birey m^{-2} stok yoğunlukları için sırasıyla $\%72$, $\%56$, $\%43$ olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla farklı stok yoğunluklarında çalışma sonucunda hesaplanan yaşama oranları ile boy ve ağırlıkça büyüme miktarları göz önünde bulundurulduğunda en uygun stok oranının 25 birey m^{-2} olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Başlangıçtaki total boy ve ağırlıklar ile çalışma sonucundaki total boy ve ağırlıkların her bir stok miktarı için ortalamaları Şekil 3'te gösterilmiştir.

Boy–Ağırlık İlişkisi

Tatlısu istakozu yavrularının çalışma sonunda ulaştıkları boy ve ağırlık arasındaki ilişki lineer regresyon analizi ile logaritmik olarak incelenmiştir. Farklı stok yoğunlukları için çalışma sonundaki boy–ağırlık ilişkisi Şekil 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Total boy ve ağırlık için tek yönlü varyans analizi sonuçları

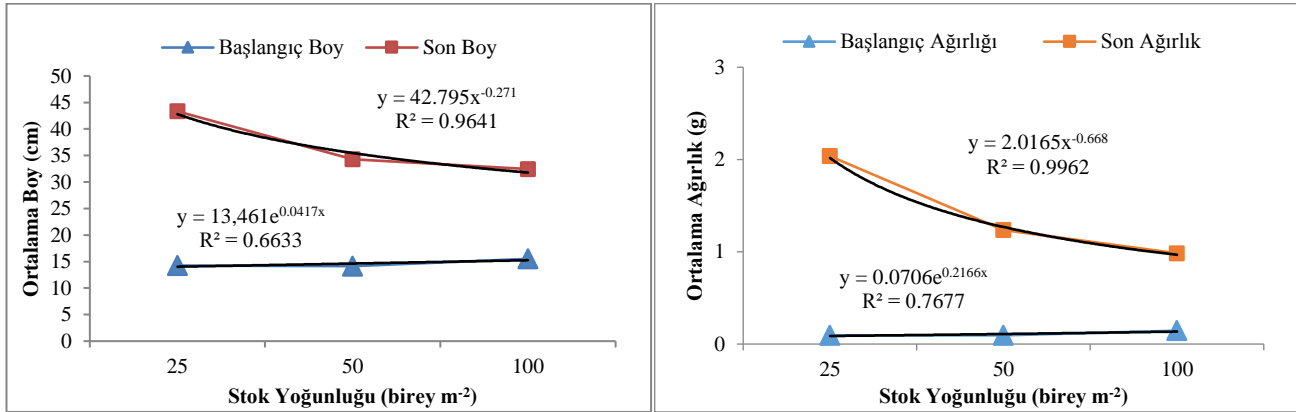
Parametre	Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Total boy	Gruplar arası	1535.283	2	767.642	7.521	0.001
	Gruplar içi	8777.759	86	102.067		
	Toplam	10313.042	88			
Ağırlık	Gruplar arası	14.127	2	7.063	8.591	0.000
	Gruplar içi	70.709	86	0.822		
	Toplam	84.836	88			

Çizelge 5. Farklı stok yoğunluklarının ağırlık için çoklu karşılaştırmaları ile Tukey ve Scheffe testlerinin sonuçları

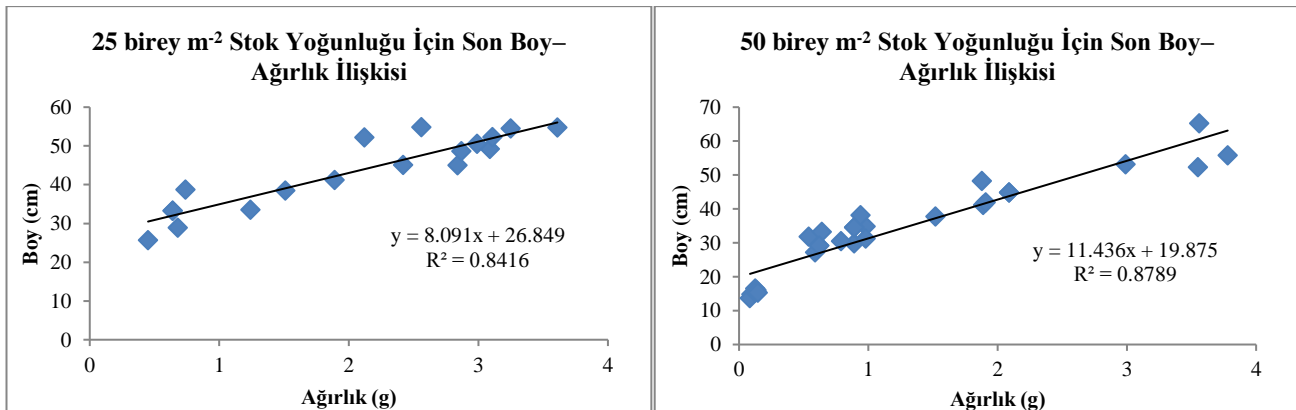
Parametre	Test	Stok Yoğunluğu(I)	Stok Yoğunluğu(J)	Ortalama Fark (I-J)	Standart Hata	P	%95 Güven Aralığı	
							Alt Sınır	Üst Sınır
Ağırlık	Tukey	25	50	0.774*	0.274	0.016	0.121	1.427
			100	1.055*	0.255	0.000	0.447	1.662
		50	25	0.774*	0.274	0.016	-1.427	-0.121
			100	0.281	0.220	0.414	-0.245	0.806
		100	25	-1.055*	0.255	0.000	-1.662	-0.447
			50	-0.281	0.220	0.414	-0.806	0.245
	Scheffe	25	50	0.774*	0.274	0.022	0.092	1.456
			100	1.055*	0.255	0.000	0.420	1.689
		50	25	0.774*	0.274	0.022	-1.456	-0.092
			100	0.281	0.220	0.447	-0.268	0.829
Total boy	Tukey	25	50	9.014*	3.052	0.011	1.735	16.293
			100	10.874**	2.836	0.001	4.110	17.638
		50	25	-9.014*	3.052	0.011	-16.293	-1.735
			100	1.860	2.453	0.729	-3.991	7.712
		100	25	-10.874**	2.836	0.001	-17.638	-4.110
			50	-1.860	2.453	0.729	-7.712	3.991
	Scheffe	25	50	9.014*	3.052	0.016	1.411	16.617
			100	10.874**	2.836	0.001	3.809	17.939
		50	25	-9.014*	3.052	0.016	-16.617	-1.411
			100	1.860	2.453	0.751	-4.251	7.972
100	25	-10.874**	2.836	0.001	-17.939	-3.809		
	50	-1.860	2.453	0.751	-7.972	4.251		

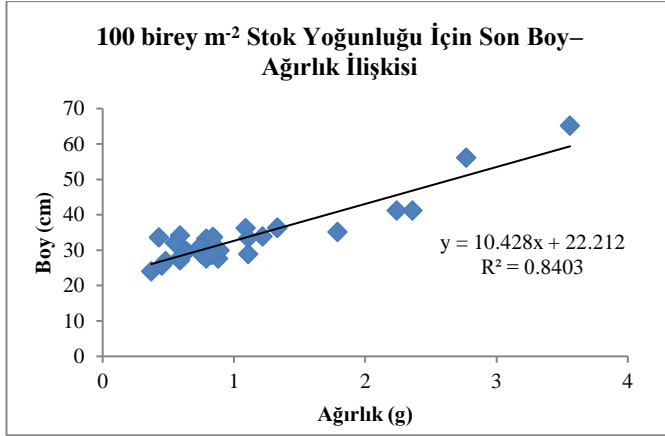
*Ortalama fark 0.05 düzeyinde önemli bulunmuştur.

**Ortalama fark 0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur.



Şekil 3. Farklı stok yoğunluklarında ölçülen başlangıç ve son ağırlık değerlerinin ortalamaları





Şekil 4. Farklı stok yoğunlukları için çalışma sonundaki boy-ağırlık ilişkisi

TARTIŞMA ve SONUÇ

Tatlısu ıstakozu yetiştiriciliğinde yavruların hayatta kalma ve büyümelerini etkileyen faktörler; beslenme, kanibalizm, stok yoğunluğu, su sıcaklığı, barınak sayısı ve fotoperiyot olarak ifade edilmektedir. Tatlısu ıstakozları büyüme, üreme ve diğer normal fizyolojik fonksiyonlarını yerine getirebilmek için besin maddelerine gereksinim duymaktadır. Vücuda yemle alınan besinlerin bir kısmı doku oluşumu, bir kısmı enerji üretimi, diğer bir kısmı da diğer fizyolojik fonksiyonların yürütülmesinde kullanılmaktadır. İhtiyaç duydukları besin maddeleri enerji verenler ve büyümeyi sağlayanlar (karbonhidrat, yağ ve protein) ile enerji vermeyenler (vitamin, mineral) olarak iki gruba ayrılmaktadır. Suda yaşayan canlıların karada yaşayan canlılara oranla protein ihtiyaçlarının yüksek, enerji ihtiyaçlarının düşük olması, beslenme ve metabolizmanın çevre şartlarından çok fazla etkilenmesi, tatlısu ıstakozu beslemenin en önemli karakteristiklerini oluşturmaktadır. Çetinkaya (1995) doğal şartlarda tatlısu ıstakozlarında vitamin ve mineral eksikliğine genelde rastlanmadığı halde, entansif kültür şartlarında yapay yemle beslenmeleri sonucunda vitamin ve mineral eksikliğinin ortaya çıktığını bildirmiştir. Bu nedenle, yapay koşullarda yavru üretiminin önemli olduğu tatlısu ıstakozlarında üreme döneminde olan anaçların besin ihtiyaçları ve özellikle yumurta ve yavru verimini destekleyen ve arttıran maddeler oldukça önemli bir yer tutmaktadır (Goddard, 1988; Harlioğlu ve ark., 2012a). Tatlısu ıstakozlarının büyüme, hayatta kalma, üreme ve diğer fizyolojik gereksinimleri dikkate alındığında çeltik ile aynı ortamda stoklanabilir oldukları görülmektedir. Chien ve Avault (1980) çeltik tarlası ile kontrol havuzları arasında tatlısu ıstakozu üretiminin istatistiksel açıdan önemli derecede farklılık gösterdiğini ve çeltik havuzunda üretim miktarının yüksek olduğunu belirtmiştir.

Tatlısu ıstakozları çeşitli çevresel faktörlerin etkisi altındaki göl, gölet, baraj ve nehirlerde kolaylıkla yaşamlarını sürdürebilmektedir. Coğrafi ve çevresel faktörler popülasyonun yoğunluğunu, büyümesini ve

türlerin hayat döngüsünü etkilemektedir. Araştırmada ölçülen sıcaklık, pH ve çözülmüş oksijen miktarının tatlısu ıstakozlarının yaşam döngülerinde oldukça etkili çevresel faktörler oldukları bilinmektedir. Ayrıca bazı türlerin popülasyon çeşitliliğini de etkilemektedir (Momot ve ark., 1978). Fizyolojik adaptasyonda kerevitler için belirli limitlerdeki fizikokimyasal faktörler önemli rol oynamaktadır (Lodge ve Hill, 1994). Sıcaklık, canlı organizmalar üzerinde birinci derecede etkili olan çok önemli bir faktördür. Canlıların hayatta kalabilme, davranış, beslenme, büyüme, metabolizma, üreme, lokal ve coğrafi dağılımları üzerinde önemli etkiye sahiptir (Begon ve ark., 1986; Ramirez ve ark., 1994; Whitley ve Rabeni, 2003). Tatlısu ıstakozu çok geniş aralıklardaki sıcaklık değerlerini (4–32°C) tolere edebilmektedir (Köksal, 1988). İkinci devre genç tatlısu ıstakoz yavruları üzerinde yapılan bir denemede lethal sıcaklık ortalaması 36.4°C bulunmuştur (Firkins, 1993). Canlının büyüme aktivitesinin en iyi gerçekleştiği optimal sıcaklık derecesi ise 21.8°C olarak tespit edilmiştir (Nyström, 2002). *P. leptodactylus* türünün kültür şartlarında yetiştiriciliği için optimal su sıcaklık değerlerinin 20–25°C'ler arasında olması gerektiği belirlenmiştir (Köksal, 1988). Bununla birlikte, suların pH düzeyi de bazı sucul canlıların dağılımında ve bolluğunda oldukça etkilidir (Bradford ve ark., 1998). Bazı nehir ve göllerde pH seviyesi 6'nın altına düştüğünde bazı balık türlerinin bulunmadığı bilinmektedir. Nyström (2002) balıklar ve diğer bazı sucul omurgasızlar üzerinde en etkili kimyasal strese sahip olan faktörlerin insan faaliyetleri sonucunda meydana gelen asidifikasyonun neden olduğu düşük pH değerleri ve yüksek alüminyum içeriği olduğunu bildirmiştir. Asidifikasyon, kerevitlerin bireysel olarak büyümelerinde negatif etki gösterirken popülasyonun büyüklüğünde pozitif etki göstermektedir. Düşük pH'ya sahip olan sularda yaşayan canlı organizma sayısı normalden daha azdır. Tatlısu ıstakozları için uygun pH seviyeleri minimum 6 olmakla birlikte 6.5–8.5 arasında değiştiği ifade edilmektedir (James ve Huner, 1985; Alderman ve Wickins, 1990). *P.*

leptodactylus türü için ise 3–12 pH değerleri arasında bile yaşayabildikleri tespit edilmesine rağmen optimal 6.5–8 pH seviyelerinin uygun olduğu bildirilmiştir (Köksal, 1988). Köksal ve ark. (1992) *P. leptodactylus* türü ergin bireylerinin yaşama süresini 1.5 pH'da 10.5 saat, 5 pH'da 14 gün, 6.7–8.5 arasındaki pH'da ise sürekli olduğunu bildirmiştir. Diğer taraftan, bir başka çevresel faktör olan oksijen içeriği, tatlısu ıstakozlarının büyümesinde kısıtlayıcı bir etkiye sahiptir. Çözünmüş oksijen miktarının düşük olması ve ani olarak değişkenlikler göstermesi, tatlısu ıstakozlarının doğal ortamlarında ve yetiştiriciliğinin yapıldığı alanlarda görülen başlıca problemlerden biridir (Huner, 1988). Genel olarak sürekli düşük oksijen yoğunluğuna maruz kalan kerevitlerde büyüme ve beslenmede yavaşlama olmaktadır (Chien ve Avault, 1983). Yetiştiricilik ünitelerinde 3 mg l⁻¹'nin altındaki oksijen seviyelerinde iken tatlısu ıstakozlarının strese girdiği bildirilmiş, 2 mg l⁻¹'nin altındaki sularda ise tatlısu ıstakozlarının su yüzeyine çıkarak atmosferik oksijeni kullanmaya çalıştıkları belirlenmiştir (Huner ve Barr, 1991). *P. leptodactylus* türünün minimum 3.97 mg l⁻¹ çözünmüş oksijen miktarını tolere edebileceği ve optimal olarak 6 mg l⁻¹ den yüksek çözünmüş oksijen yoğunluğuna ihtiyacı olduğu belirlenmiştir (Huner ve Barr, 1991; Merrick ve Lambert, 1991; Ackefors ve Lindqvist, 1994; Wingfield, 2000; Nyström, 2002). Bu çalışmada çevresel faktörler bağlamında elde edilen bulgular değerlendirildiğinde su parametrelerinde izlenen değerlerin literatürdeki değerlere yakın olduğu ve kerevitlerin yaşamsal faaliyetleri açısından herhangi bir soruna yol açmayacak düzeylerde değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 6).

Havuzlara yerleştirilen yavru tatlısu ıstakozu bireylerinin 25, 50 ve 100 birey m⁻² şeklinde farklı stok yoğunluklarındaki büyüme ve yaşama oranları değerlendirildiğinde en yüksek yaşama oranı ve büyümenin 25 birey m⁻² stok yoğunluğunun olduğu havuzlarda gerçekleştiği tespit edilmiştir. Berber ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada yumurtalı dişi tatlısu ıstakozlarından laboratuvar ortamında temin edilen yavru bireyleri çeltik tarlası içerisindeki kafeslere yerleştirilmiş ve hayatta kalma oranlarının %64.67 olduğu rapor edilmiştir. Berber ve Kale (2018) çeltik tarlasındaki yavru kerevitlerin büyümesi ile diğer yavru kerevit büyüme çalışmalarını karşılaştırmış ve çeltik tarlasındaki yavru kerevitlerin daha fazla yaşama oranına sahip olduğunu ve büyüme sergilediğini bildirmiştir. Uzun (2007) üç farklı stok yoğunluğunu (10, 50, 100 birey m⁻²) araştırdığı çalışmada en iyi büyümenin en az stok yoğunluğunda gerçekleştiğini belirtmiştir. Köksal (1982) pelet yem ve alglerle beslediği kerevitlerde yaşama oranlarının %44.23 olduğunu rapor etmiştir. Mevcut çalışmada hem yaşama oranının hem de büyümenin diğer çalışmalara kıyasla daha yüksek bulunması çeltik-

kerevit yetiştiriciliğinin ilave besleme yapılmaksızın verimli sonuçlar verdiğini göstermektedir. Yerli türümüz olan *P. leptodactylus* ile ilgili ülkemizde ve dünyada yapılan çalışmalar incelendiğinde birbirlerinden oldukça farklı sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Yapılan bu araştırmalarda yavru tatlısu ıstakozu bireyleri üzerine farklı sıcaklık uygulamalarının, farklı protein seviyesindeki yemlerle beslemenin, farklı stok oranlarında yetiştiriciliğin büyüme ve gelişme seviyelerine etkileri incelenmiştir (Çizelge 6).

Özellikle başlangıç boy ve ağırlıkları ve araştırma süresi birbirlerine yakın olanlar değerlendirildiğinde, mevcut çalışmada elde edilen sonuçların literatürdeki birçok sonuçtan daha iyi olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, bu çalışmayı diğer çalışmalardan ayıran belirgin bir farklılığı ise büyütme çalışmalarında nispeten yapay ortamdan yararlanılması ve dışarıdan herhangi bir besleme yapılmamasıdır. Bu durumda ortamın besin kompozisyonu yeterli düzeyde ise büyümede önemli bir fark olarak ortaya çıkabilmektedir. Hem boy hem de ağırlık yönünden değerlendirilen çalışmaların sonuçlarının farklılık göstermesinin nedenleri olarak bireylerin genetik özellikleri ile büyüklükleri, stoklama oranları, kullanılan besleme materyalleri, su kaynağının özellikleri ve besleme çalışmalarının uzunlukları arasındaki farklılıklar gösterilebilir.

Sonuç olarak, bu çalışma ile kontrollü ortamda çeltik-kerevit yetiştiriciliği için ideal stok yoğunluğu araştırılmıştır. Yavru tatlısu ıstakozu bireylerinin eriştikleri boy ve ağırlık değerleri yüksek maliyetli birçok araştırmanın sonuçlarından daha yüksek seviyelerde bulunmuştur. Tatlısu ıstakozu bireylerinde tespit edilen büyüme değerlerinin çeltik tarımı için kullanılan alanların ikincil bir tür olan tatlısu ıstakozu ile birlikte çeltik-kerevit üretimi açısından değerlendirilebileceği önerilmektedir. Çeltik-kerevit yetiştiriciliği için araştırılan farklı stok yoğunlukları içerisinde büyümenin ve yaşam oranının en yüksek gerçekleştiği 25 birey m⁻² stok yoğunluğunun kullanılması önerilmektedir. Gelecekteki çalışmalarda ise çeltik-kerevit yetiştiriciliği açısından diğer stok yoğunluklarının araştırılması, kerevitlerdeki büyümenin cinsiyetlere göre ayrı olarak incelenmesi, çevresel faktörlerin tatlısu ıstakozlarının büyüme performansı üzerine etkilerinin modellenmesi, tatlısu ıstakozu bireylerinin çeltik üzerindeki olası etkilerinin incelenmesi üzerine araştırmaların gerçekleştirilmesi tavsiye edilmektedir. Bu çalışmanın çeltik-kerevit yetiştiriciliği açısından farklı stok yoğunluklarının araştırıldığı ilk araştırma olması nedeniyle ilerideki çalışmalar için önemli bir kaynak teşkil edeceği düşünülmektedir.

Çizelge 6. Tatlısu ıstakozu yavrularının boy ve ağırlık açısından büyümelerinin araştırıldığı çalışmaların karşılaştırılması

Kaynak	Başlangıç		Son		Süre (gün)
	Boy (mm)	Ağırlık (g)	Boy (mm)	Ağırlık (g)	
Köksal (1982)	–	0.039	25.03–26.32	0.43–0.48	90
	8.8	0.03	32	0.99	83
Köksal (1985)	11.3	0.041	20.78	0.2	45
			20.64	0.198	
			20.6	0.2	
	21.1	0.22	20.8	0.21	60
			20.73	0.21	
			34.88	1.08	
11.22	–	34.96	0.96	90	
		37.41	1.22		
		30.46	0.7		
21.1	0.22	26.32	0.48	90	
		30.37	0.87		
Köksal (1988)	–	–	43.7	2.1	120
			47.82	3.3	
Köksal ve ark. (1992)	16	0.07	29.17–36.31	0.6–1.2	120
			25.6	0.56	
			30.1	0.91	
			30.7	0.98	
Erdem (1993)	8.3	0.03	33.8	1.22	90
			26	0.4	
Kalma (1996)			45	2.7	330
Aydın (1998)	11.2	0.067		0.68	90
Berber (1999)	11.98	0.04	32.34 (♂)	0.84	90
			31.19 (♀)	0.77	
			35.8 (♂)	1.25	
			34.1 (♀)	0.98	
Erkebay (2004)	14.89	0.073	24.21	0.33	90
			14.89	0.072	
			14.84	0.073	
			14.87	0.075	
Ulikowski ve ark. (2006)	12	0.029	27.45	0.48	92
			29.2	0.799	
Uzun (2007)	12	0.02	48.3	2.27	120
			37.33	1.4	
Mazlum (2007)	11.4	0.02	35.1	1.08	120
			36.05	1.26	
			35.5	1.16	
Mazlum ve Uzun (2008)	14	0.025	33.3	0.91	90
			31.3	0.85	
			35.4	0.97	
Aydın (2010)	10.1	0.067	41.7	1.3	120
			36.6	0.648	
Güner ve Mazlum (2010)	10.8	0.045	29.4	0.38	90
			27.4	0.3	
			27.9	0.32	
			24.6	0.23	
Kulesh ve Alekhovich (2010)	10.1	0.028	43.6	2.69	108
			46.2	3.34	
Mazlum ve ark. (2011)	10.8	0.045	23.44	0.86	90
			28.4	1.02	
			21.93	0.62	
			21.22	0.5	

Türel (2012)		11.08	0.04	28.29	0.343	90
		10.74	0.045	31.51	0.395	
		11.09	0.040	29.93	0.380	
		11.06	0.040	27.57	0.367	
Berber ve Kale (2018)		11.08	0.04	37.46	1.46	68
Bu Çalışma	25 birey m ⁻²	14.28	0.094	43.32	2.036	85
	50 birey m ⁻²	14.14	0.095	34.31	1.262	
	100 birey m ⁻²	15.52	0.145	32.45	0.982	

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (ÇOMÜBAP) tarafından desteklenmiştir (Proje No: FBA-2015-563). Ayrıca, bu çalışma Uluslararası Mühendislik ve Yaşam Bilimi Kongresi'nde (International Congress on Engineering and Life Science, ICELIS2018) sunulmuştur.

KAYNAKLAR

- Ackefors H, Lindqvist OV 1994. Cultivation of Freshwater Crayfishes in Europe, In: Huner, (Ed.), Freshwater Crayfish Aquaculture in North America, Europe, and Australia, Families Astacidae, Cambaridae, and Parastacidae. Food Products Press, New York.
- Akhan S, Bektas Y, Berber S, Kalayci G 2014. Population structure and genetic analysis of narrow-clawed crayfish (*Astacus leptodactylus*) populations in Turkey. *Genetica*, 142: 381-395.
- Alderman DJ, Wickins JF 1990. Crayfish Culture. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food Directorate of Fisheries Research, Laboratory Leaflet, No:62.
- Aydın H 1998. Growth and Maturity of Freshwater Crayfish (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz 1823) Juveniles in Concrete Fish Ponds, Fisheco 98, First International Symposium on Fisheries and Ecology Proceedings, September 2-4, Trabzon, Turkey, 487-491.
- Aydın H 2010. The Growth of the Freshwater Crayfish (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) Juveniles until the First Sexual Maturity Age in Concrete Fish Ponds. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9 (12): 1720-1723.
- Ballestrazzi R, Lanari D, D'Agora E, Mion A 1994. The Effect of Dietary Protein Level and Source on Growth, Body Composition, Total Ammonia and Reactive Phosphate Excretion of Growing Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 127: 197-206.
- Begon M, Harper JL, Townsend CR 1986. Ecology-Individuals, Populations and Communities. Blackwell Scientific Publications, 876pp.
- Berber S 1999. Tatlısu İstakozu (*Astacus leptodactylus salinus*, Nordmann, 1842) Yavrularının Gelişimi Üzerine Bir Araştırma. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Temel Bilimler ABD, Yüksek Lisans Tezi, 35s.
- Berber S, Yıldız H, Türel S 2011. Kerevit Yetiştiriciliğinde Alternatif Model: Çeltik-Kerevit Rotasyonu. Çanakkale Tarımı Sempozyumu, 10-11 Ocak, Çanakkale.
- Berber S, Kale S 2018. Comparison of Juvenile *Astacus leptodactylus* Growth Raised in Cages in Rice Fields to other Crayfish Juvenile Growth Studies. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18(2): 331-341.
- Bernabe G 1993. Broodstock Management and Egg and Larval Quality. (Aquaculture, Blackwell Science Publications, Oxford: Ed. Bromage NR, Robert RJ)
- Bradford DF, Cooper SD, Jenkins TM, Krantz Jr K, Sarnelle O, Brown AD 1998. Influences of Natural Acidity and Introduced Fish on Faunal Assemblages in California Alpine Lakes. *Canadian Journal Fisheries and Aquatic Sciences*, 55: 2478-2491.
- Chien YH, Avault JW Jr 1980. Production of Crayfish in Rice Fields. *The Progressive Fish-Culturist*, 42: 67-71.
- Chien YC, Avault JW Jr 1983. Effects of Flooding Dates and Type of Disposal of Rice Straw on the Initial Survival and Growth of Caged Juvenile Freshwater Crayfish, *Procambarus clarkii* in Ponds. *Freshwater Crayfish*, 5: 344-350.
- Crandall KA, Buhay JE 2008. Global Diversity (Astacidae, Cambaridae, and Parastacidae- Decapoda) in Freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 295-301.
- Crandall KA, De Grave S 2017. An updated classification of the freshwater crayfishes (Decapoda: Astacidea) of the World, with a complete species list. *Journal of Crustacean Biology*, 1-39. doi:10.1093/jcobiol/rux070.
- Çetinkaya O 1995. Balık Besleme. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No:9, 137s.
- Diler Ö 2013. Tatlısu İstakozu Üretimi. Nobel Akademik Yayıncılık, Yayın No: 530, 150s.
- Erdem M 1993. Eğirdir Gölü Kerevitlerinden (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) Yapay Olarak Elde Edilen Yavruların Yaşama Oranlarının Tespiti Üzerine Bir Araştırma. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Yetiştiriciliği ABD, Yüksek Lisans Tezi, 78s.
- Erkebay C 2004. Sera Gölü (Trabzon) Kerevit (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) Stoğunun Biyolojik Özellikleri, Stok Yapısı ve Doğu Karadeniz Koşullarında Yetiştiricilik Olanakları.

- Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği ABD, Doktora Tezi, 70 s.
- Erkoyuncu İ 1995. Balıkçılık Biyolojisi ve Populasyon Dinamiği. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Basımevi, Samsun, Yayın No: 95, 265 s.
- FAO 2017. Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950–2015 (FishStatJ). In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 2017. www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en
- Firkins I 1993. Environmental Tolerances of Three Species of Freshwater Crayfish. PhD Thesis, Nottingham University, 288p.
- Goddard J 1988. Food and Feeding in Freshwater Crayfish (Freshwater Crayfish: Biology, Exploitation and Management, Timber Press, London, UK: Ed. Holdich D, Lowery R) 145–166.
- Güner Ö, Mazlum Y 2010. Farklı Protein Seviyelerindeki Dietlerin Yavru Tatlısu Kerevitlerinin (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) Büyüme, Yaşama Oranları ve Vücut Kompozisyonları Üzerine Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 6(2): 1–10.
- Harlioğlu MM, Çakmak MN, Köprücü K, Aksu Ö, Harlioğlu AG, Yonar SM, Duran TÇ, Özcan S, Gündoğdu H 2012a. The Effect of Dietary n-3 Series Fatty Acids on the Number of Pleopadal Egg and Stage 1 Juvenile in Freshwater Crayfish, *Astacus leptodactylus* Eschscholtz. Aquaculture Research, 44(6): 860–868.
- Hidalgo F, Alliot E, Thebault H 1987. Influence of Water Temperature on Food Intake, Food Efficiency and Gross Composition of Juvenile Sea Bass, *Dicentrarchus labrax*. Aquaculture, 64: 199–207.
- Holdich DM 2002. Biology of Freshwater Crayfish. Oxford, U.K., Blackwell Science, 702 p.
- Huner JV, Barr JE 1991. Red Swamp Crawfish: Biology and Exploitation. Sea Grant No: LSU-T-80-001, LSU Center for Wetland Resources, Baton Rouge, Louisiana, USA.
- Huner JV 1988. *Procambarus* in North America and Elsewhere. (Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation, Croom Helm, London, UK: Ed. Holdich DM, Lower RS) 239–261.
- James WA Jr, Huner JV 1985. Freshwater Prawns, (Crustacean and Mollusk Aquaculture in the United States, Avi Publishing Company Inc., Westport, Connecticut: Ed. Huner JV, Brown EE) 1–54.
- Kalma M 1996. Beşgöz Gölündeki (Konya-Konuklar, Türkiye) Tatlısu İstakozu (*Astacus leptodactylus salinus*, Nordmann, 1842)'nin Gelişme Durumunun Araştırılması. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 13(1-2): 1–7.
- Köksal G 1982. Akşehir Gölü Tatlısu İstakozunun (*Astacus leptodactylus salinus*, Nordmann, 1842) Sakaryabaşı Balık Üretim ve Araştırma İstasyonunda Üretimi ve Genç Yavruların Beslenmesi Üzerinde İncelemeler. A.Ü., Fen Fak., Doçentlik Tezi, 84s.
- Köksal G 1985. Kültür Koşullarında Tatlısu İstakozunun (*Astacus leptodactylus salinus*, Nordmann, 1842) Üreme Randımanı Üzerine İncelemeler. Su Ürünleri Dergisi, 2(5-6): 42–56.
- Köksal G 1988. *Astacus leptodactylus* in Europa. (Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation, Croom Helm, London, UK: Ed. Holdich DM, Lower RS) 365–400.
- Köksal G, Ölmez M, Bekcan S, Güler AS 1992. Doğal Suların Restorasyonu İçin Tatlısu İstakozu (*Astacus leptodactylus*, Eschscholtz, 1823) Yavru Yetiştiriciliği. İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 1: 1–16.
- Kulesh VF, Alekhovich AV 2010. Farming of the Juvenile Narrow-clawed Crayfish (*Astacus leptodactylus*) in Cages and Ponds in Polyculture with Fish in the Heated Waste Water of the Thermal Power Plant. Hydrobiological Journal, 46(3): 45–59.
- Kumlu M 2001. Karides, İstakoz ve Midye Yetiştiriciliği. Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, 395s.
- LaCaze CG 1981. Crawfish Farming. Louisiana Wildlife and Fisheries Commission, Baton Rouge, Fisheries Bulletin, No: 7.
- Lall SP, Bishop FJ 1976. Studies on the Nutrient Requirements of Rainbow Trout, *Salmo gairdneri*, Grown in Sea Water and Fresh Water. Advances in Aquaculture. Fishing News Books Ltd., Farnham, Surrey, England.
- Lodge D, Hill A 1994. Diel Changes in Resource Demand: Competition and Predation in Species Replacement among Crayfish. Ecology, 75: 532–547.
- Mazlum Y, Uzun C 2008. Korunak Tiplerinin *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) Kerevitlerinin Büyümesi, Hayatta Kalması ve Yem Değerlendirmesi Üzerine Etkileri. Journal of FisheriesSciences.com, 2(3): 321–328.
- Mazlum Y 2007. Stocking Density Affects the Growth, Survival and Cheliped Injuries of Third Instars of Narrow-clawed Crayfish, *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 Juveniles. Crustaceana, 80(7): 803–815.
- Mazlum Y, Güner Ö, Sirin S 2011. Effects of Feeding Interval on Growth, Survival and Body Composition of Narrow-Clawed Crayfish, *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 Juveniles. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 11: 1–2.
- Merrick JR, Lambert CN 1991. The Yabby, Marron and Red Claw Production and Marketing. J.R. Merricks Publications, Australia.
- Momot WT, Gowing H, Jones PD 1978. The Dynamics

- of Crayfish and Their Role in the Ecosystem. American Midland Naturalist, 99: 10–35.
- Momot WT 1995. Redefining the Role of Crayfish in Aquatic Ecosystems. Reviews in Fisheries Science, 3(1): 33–63.
- Nyström P 2002. Ecology. (Biology of Freshwater Crayfish, Blackwell Science, Oxford, UK: Ed. Holdich DM) 192–235.
- Pickering AD, Griffiths R, Pottinger TG 1987. A Comparison of the Effects of Overhead Cover on the Growth, Survival and Haematology of Juvenile Atlantic Salmon, *Salmo salar* L., and Rainbow Trout, *Salmo gairdneri* Richardson. Aquaculture, 66: 109–124.
- Ramirez LFB, Herrera FD, Sandoval FC, Sevilla BB, Rodriguez MH 1994. Diel Thermoregulation of the Crawfish *Procambarus clarkii* (Crustacea, Cambaridae). Journal of Thermal Biology, 19(6): 419–422.
- Ricker WE 1973. Linear Regressions in Fishery Research. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 30: 409–434.
- Storebakken T, Austreng E 1987. Ration Level for Salmonids II: Growth, Feed Intake, Protein Digestibility, Body Composition, and Feed Conversion in Rainbow Trout Weighing 0.5–1.0 kg. Aquaculture, 60: 207–221.
- Thomas CH 1965. A Preliminary Report on the Agriculture Production of Red Swamp Crayfish in Louisiana Rice Fields. Proceeding of Annual Conference Southeast Association Game and Fish Community, 17: 180–186.
- TÜİK 2017. Türkiye İstatistik Kurumu, Veri tabanları, <http://rapory.tuik.gov.tr/29-11-2017-09:21:02-1360581333976585582337456933.html>
- Türel S 2012. Kalsiyum İçerikli Yemlerin Tatlısu Istakozları *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823)'nın Büyüme Performansına Etkisi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Temel Bilimler ABD, Yüksek Lisans Tezi, 39s.
- Ulikowski D, Krzywosk T, Smietana P 2006. A Comparison of Survival and Growth in Juvenile *Astacus leptodactylus* (Esch.) and *Pacifastacus leniusculus* (Dana) under Controlled Conditions. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 380–381: 1245–1253.
- Uzun C 2007. Farklı Stok Yoğunluğunun Juvenil Tatlısu Kerevitlerinin (*Astacus leptodactylus*, Eschscholtz, 1823) Büyüme, Yem Değerlendirme Oranları ve Hayatta Kalma Oranları Üzerine Etkileri. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri ABD, Yüksek Lisans Tezi, 37s.
- Viosca P Jr 1966. Crayfish Farming. Louisiana Department of Wildlife and Fish, Educational Bulletin No: 2.
- Whitledge GW, Rabeni CF 2003. Maximum Daily Consumption and Respiration Rates at Four Temperatures for Five Species of Crayfish from Missouri U.S.A (Decapoda, *Orconectes* spp.). Crustaceana, 75(9): 1119–1132.
- Wingfield M. 1998. An Overview of Production Techniques Practiced in the Australian Crayfish Farming Industry. In Proceedings of the 1st Natfish Annual Conference/Trade Show, North Coast Institute of TAFE, NSW, Australia.
- Zanuy S, Carrillo M 1985. Annual Cycles of Growth, Feeding Rate, Gross Conversion Efficiency and Hematocrit Levels of Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) Adapted to Two Different Osmotic Media. Aquaculture, 44: 11–25.

Determination of Co-infection in Diseased Seven khramulya (*Capoeta capoeta*)

Tülay AKAYLI¹ , Çiğdem ÜRKÜ² , Erol Rüştü BOZKURT³ 

^{1,2}Department of Fish Disease, Faculty of Aquatic Sciences, University of Istanbul, Laleli- Istanbul, ³Istanbul Education and Research Hospital, Department Pathology, Samatya-Istanbul,Turkey

¹<https://orcid.org/0000-0003-2375-2224>, ²<https://orcid.org/0000-0003-0381-9321>, ³<https://orcid.org/0000-0002-1349-2206>

✉: curku@istanbul.edu.tr

ABSTRACT

This study was conducted identify the cause of mortality in diseased Seven khramulya (*Capoeta capoeta*) and to determine the damage to the fish tissue caused by the agents identified. While hemorrhage on the fins and abdominal region of diseased fish, necrosis in gills, darkening color and loss of scales were externally determined, the presence of bloody and smelling liquid in the abdominal cavity, necrosis of visceral organs, splenomegaly, hyperemia and hemorrhage in the visceral organs were internally observed. As a result of the parasitological examination, *Gyrodactylus* sp. were found on the gills of the diseased fish, and *Trichodina* sp. were found on their skin. Bacteriologically, isolated bacteria were identified as *Aeromonas hydrophila*, *Vibrio fluvialis*, *Staphylococcus warneri* and *S. capitis*. Histopathologically, thickening of epicardium in heart tissue, myopathy, periglomerular and tubular edema melanomacrophage and hemosiderin foci, the infiltration of inflammatory cells in the kidney, hyperemia, infiltration of inflammatory cells in the liver were observed. *A. hydrophila*, *V. fluvialis*, *S. warneri*, and *S. capitis* were first isolated and identified as disease agents from the co-infection in diseased Seven khyramulya, and furthermore, pathological changes in tissues caused by these pathogenic bacteria were investigated in detail.

Research Article

Article History

Received : 25.03.2019

Accepted : 09.05.2019

Keywords

Seven khramulya
A. hydrophila
V. fluvialis
Staphylococcus spp.
Infection

Hasta Siraz Balıklarında (*Capoeta capoeta*) Görülen Ko-Enfeksiyonun Tanımlanması

ÖZET

Bu çalışma, hasta siraz balıklarında (*Capoeta capoeta*) görülen ölümlerin nedenini belirlemek ve tespit edilen etkenlerin balık dokusunda meydana getirdiği hasarı tespit etmek amacıyla yürütülmüştür. Dış bakıda balıkların yüzgeçlerinde ve karın bölgesinde hemoraji, yanı sıra solungaçlarda nekroz, renkte koyulaşma ve pullarda dökülme tespit edilirken, içbakiya ise abdominal boşlukta kanlı ve kokulu bir sıvının olduğu ayrıca iç organlarda nekroz, dalakta büyüme ve iç organlarda hiperemi ve hemoraji tespit edilmiştir. Parazitolojik muayene sonucunda, incelenen hasta balıkların solungaçlarında *Gyrodactylus* sp. derisinde ise *Trichodina* sp. parazitlerine rastlanılmıştır. Bakteriyolojik olarak izole edilen bakteriler *Aeromonas hydrophila*, *Vibrio fluvialis*, *Staphylococcus warneri* ve *S. capitis* olarak tanımlanmıştır. Histopatolojik olarak, epikardiyum da kalınlaşma, miyopati, böbrek dokusunda periglomerular ve tübüler ödem, melanomakrofaj ve hemosiderin odakları yanı sıra inflamasyon hücrelerinin infiltrasyonu, karaciğerde hiperemi, infiltrasyon hücrelerinin infiltrasyonu gözlenmiştir. Bu çalışma ile hasta siraz balıklarının karma enfeksiyonundan ilk kez hastalık etkeni olarak *A. hydrophila*, *V. fluvialis*, *S. warneri* ve *S. capitis* izole ve tanımlanmıştır ayrıca bu patojen bakterilerin dokularda meydana getirdiği patolojik değişiklikler detaylı bir şekilde araştırılmıştır.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 25.03.2019

Kabul Tarihi : 09.05.2019

Anahtar Kelimeler

Siraz
A. hydrophila
V. fluvialis
Staphylococcus spp.
Enfeksiyon

INTRODUCTION

The Cyprinidae family constitutes the most important family among the fish species distributed over the world (Blanc et al., 1971; Howes, 1991). The genus *Capoeta*, a member of this family, is distributed from West Asia to Central Asia, and the fish species in this genus live in fast or slow flowing lakes and rivers (Geldiay and Balik, 1996). It was reported that this genus has five species and 7 subspecies in fresh waters of Turkey (Geldiay and Balik, 1996; Demirsoy, 1997). It was also reported that the most important species that are cultured among these species were common carps (Pullin, 1986).

Seven khramulya (*Capoeta capoeta*) is a fish species with economic importance, which is consumed as food by local people in the Southeastern Anatolia Region (Geldiay and Balik, 1996; Şen and Canpolat, 2011). It was reported that the total fishing of Seven khramulya species in Turkey was 695 tons in 2015 and reached 708 tons in 2016 (TUIK, 2016). However, according to the data for 2016, it is observed that it decreased by 1.6% compared to 2015. Therefore, it was indicated that studies should be conducted on the farming of this fish (Demir, 2017).

It is remarkable that studies conducted on Seven khramulya so far have focused on different areas including the reproductive biology of this species, accumulation of heavy metal, nutrition regime and processing technology (Yılmaz et al., 2003; Yazıcıoğlu and Yılmaz, 2011; Gündüz et al., 2018). Nevertheless, the parasites causing disease in Seven khramulya were studied in detail in previous studies, and it was reported that parasites such as *Lernaea cyprinacea* (Koyun and Atıcı, 2017), *Clinostomum complanatum* (Malek and Mobedi, 2001), *Ichthyophthirius multifiliis* (Raissy et al., 2010), *Rhabdochona denudata* (Raissy and Ansari 2012) and *Ligula intestinalis* (Keskin and Erk'akan, 1987) were detected in *Capoeta capoeta*. Despite the reports indicating that bacterial pathogens such as *A. hydrophila*, *A. sobria*, *V. fluvialis*, *A. salmonicida*, *Flavobacterium* sp. cause disease in common carps in previous studies (Guz and Kozinska, 2004; Monette et al., 2006; Adanır and Turutoğlu, 2007), there is no study on the bacterial diseases of this fish, which is considered to be cultured and is a Cyprinid species.

This study was conducted to identify the agents causing mortality in Seven khramulya through parasitological and bacteriological methods and to determine the histopathological damage to tissues caused by the agents identified.

MATERIAL and METHODS

Fish Samples

Diseased Seven khramulya (150-200 g), which is found in freshwater in the Euphrates Region and where

deaths are observed, was used as a material in this study. The temperature of the water where diseased fish found was 20-21°C.

Bacteriological Examination

For microbiological analysis, samples were taken from liver, spleen and kidney from all moribund Seven khramulya. They were inoculated onto Tryptic Soy Agar (TSA) and Brain Heart Infusion Agar (BHIA). Petri plates were incubated at 24-25 °C for 24-48 h. The isolates recovered from diseased fish were identified by using conventional bacteriological method. In addition, all isolates were determined together with their biochemical characteristics using rapid identification kits such as API20E and API STAPH (Buller, 2004; Austin and Austin, 2016).

Parasitological Examination

The presence of external parasites was investigated by examining the fresh samples from the gills and skin of diseased Seven khramulya under a light microscope. Furthermore, the samples taken from the intestine, stomach, and gallbladder of the same fish after autopsy were examined for internal parasites (Bullock, 1978; Timur and Timur, 2003).

Histological Examination

Samples of tissues from liver, kidney, spleen, gut, gills, heart and gill immediately fixed in 10% buffered formalin and processed for paraffin embedding. Histological sections (4-5µm) were stained with haematoxylin and eosin (H&E) and examined by light microscopy (Culling, 1963).

RESULTS

Clinical Findings

While clinical findings such as weakness, slight loss of scales, necrosis in gills, cloud like thin white film layer on the body surface and hemorrhage in the dorsal and tail fin are remarkable in the external examination of diseased Seven khramulya (Fig. 1a,b), accumulation of fluid in the abdominal cavity, hemorrhage and hyperemia in internal organs, and splenomegaly were observed in the internal examination (Fig. 1c).

Parasitological Findings

As a result of the parasitological examination, *Gyrodactylus* sp., one of the external monogenean parasites, was found on the gills and *Trichodina* sp., one of the protozoan ciliates, was found on the skin of the diseased Seven khramulya.

Bacteriological Findings

Bacteria with 4 different colony morphologies reproduced in the medium at the end of the incubation



Figure 1. The loss of scales on the body surface of the diseased fish and hemorrhage on the fins (*) (a), necrosis in the gill (b), enlargement of the spleen and hemorrhage in the abdominal cavity and hyperemia in the visceral organs (*) (c)

period. A total of 20 bacterial isolates were obtained from these colonies, and these isolates were examined in 4 different groups based on their morphological, physiological and biochemical characteristics. The bacteria of the first isolate (n=5) were identified as *Aeromonas* sp. since they were Gram-negative, motile bacilli, gave a positive reaction to cytochrome oxidase and catalase tests and also were sensitive to O/129 test. Since isolate number 2 (n=5) was Gram-negative motility bacilli, gave a positive reaction to cytochrome and oxidase test and was sensitive to O/129 test, the isolated bacteria were identified as *Vibrio* sp. It was determined that isolates number 3 (n=5) and 4 (n=5) were Gram-positive, cluster forming, cocci shaped bacteria and also gave a negative reaction to cytochrome oxidase and a positive reaction to catalase. Therefore, these isolated bacteria were identified as *Staphylococcus* spp. According to the results of all biochemical tests, the isolated bacteria were identified as *A. hydrophila* (isolate 1), *V. fluvialis* (isolate 2), *S. warneri* (isolate 3), and *S. capitis* (isolate 4). All results obtained were confirmed by the API 20E and API STAPH kit. The morphological, physiological and biochemical characteristics of the isolated bacteria and their API profiles are presented in Table 1.

Histopathological Findings

Histopathologically, thickening of epicardium in the heart tissue of the diseased fish (Fig. 2a), myopathy and inflammatory cell infiltration (Fig. 2b), periglomerular and tubular edema in the renal tissue of the kidney, melanomacrophage and hemosiderin foci, necrosis and inflammation reaction in the

hematopoietic tissue were detected (Fig. 2c). Furthermore, it was also remarkable that there was hyperemia in the liver tissue of infected fish, intense infiltration of inflammatory cells, and necrosis in hepatic cells (Fig. 2d). As a result of the parasitological examination, hyperplasia at the ends of the primary filaments of the gills in which *Gyrodactylus* sp. was detected (Fig. 2f), and edema in secondary lamellae were observed (Fig. 2e).

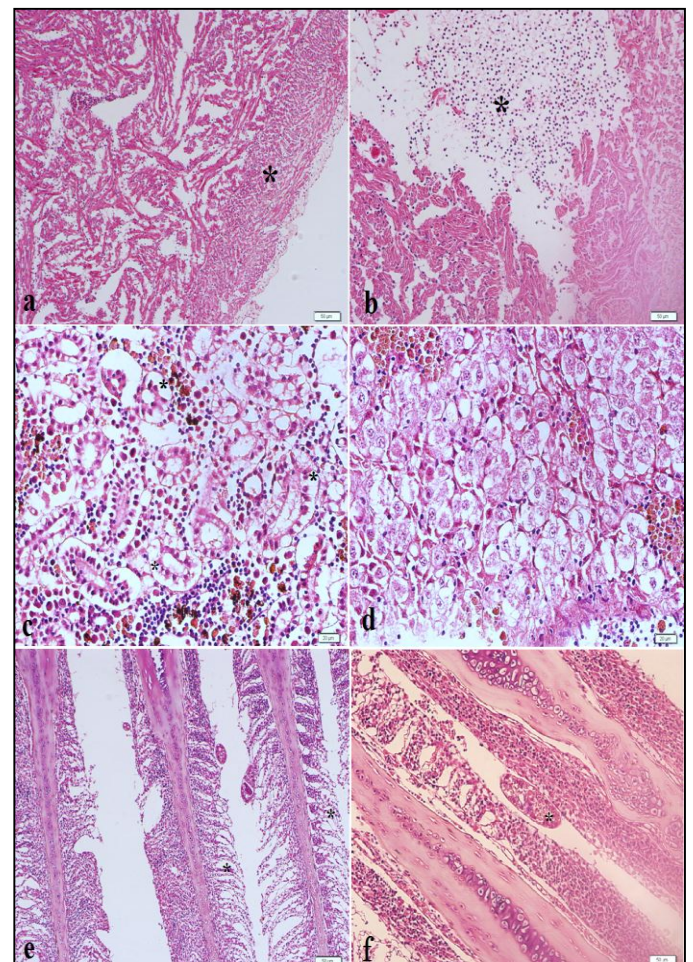


Figure 2. Thickening of epicardium (*) (a), inflammatory cell infiltration in the heart tissue (*) (b), periglomerular and tubular edema (*), melano macrophage centers in the renal tissue of the kidney (c), intense infiltration of inflammatory cells and necrosis in hepatic cells (d), edema (*) and hyperplasia in the secondary lamellae (e) and *Gyrodactylus* sp. (*) (f)

DISCUSSION

Stress factors, such as the increase in organic load occurring in the habitat of fish that are found in nature and cultured, oxygen deficiency and pollutants, cause bacterial diseases and therefore mortality in fish populations (Roberts, 2001; Austin and Austin, 2016).

Table 1. Morphological, physiological, and biochemical characteristics of the isolates recovered from moribund Seven khramulya and API profiles

Characteristics	Isolate ₁ (n=5)	Isolate ₂ (n=5)	Isolate ₃ (n=5)	Isolate ₄ (n=5)
Gram staining	-	-	+	+
Motility	+	+	-	-
Oxidase	+	+	-	-
Catalase	+	+	+	+
O/F	F	F	F	F
O/129- 10	-	+	-	-
O/129-150	-	+	-	-
Growth on %2 TSA	+	+	+	+
%3 TSA	-	+	+	+
%5 TSA	-	-	+	+
MCA	+	+	-	-
TCBS	+	+	-	-
Arginine dihydrolase	+	-	+	+
Lysine decarboxylase	+	-	ND	-
Ornithine decarboxylase	-	-	ND	-
H ₂ S	-	-	ND	-
Indole	+	+	ND	-
Urease	-	-	+	+
Metil Red	+	+	ND	-
Voges Proskauer	+	-	+	+
Nitrate reduction	+	+	-	+
Urease production	-	-	+	+
Starch hydrolise	+	-	ND	-
Citrate	v	+	ND	ND
Esquline	+	+	ND	-
Arabinose	+	+	-	-
Maltoze	+	+	+	-
Mannose	+	+	+	-
Mannitole	+	+	ND	+
Trehalose	+	+	+	-
Xylose	+	+	-	-
Sorbitol	-	-	-	-
Sucrose	+	+	+	-
Inositole	-	-	-	-
Laktose	-	-	-	-
API Profile Number	3 0 4 7 1 6 7 5 7	1 0 4 4 0 2 6 5 5	7 2 1 0 1 1 3	7 1 0 2 1 0 7
Identification	<i>A. hydrophila</i>	<i>V. fluvialis</i>	<i>S. warneri</i>	<i>S. capitisi</i>

+:positive reaction, -:negative reaction, V: variable, ND: not detected, O/F:Oxidative/Fermentative, MCA:Mac Conkey Agar, TCBS: Thiosulfate Citrate Bile Sucrose

In this study, the diseases causing mortality in Seven khramulya in nature was diagnosed using parasitological, bacteriological and histopathological examination methods. While bacterial agents such as *A. hydrophila*, *V. fluvialis*, *S.warneri*, and *S.capitisi* were isolated and identified from the internal organs of moribund fish, some parasitary agents such as *Gyrodactylus* sp. and *Trichodina* sp. were not present in the same fish. Histopathologically, it was determined that all these agents caused serious pathological disorders especially in the internal organs of diseased fish.

Aeromonas infections are an important bacterial disease observed in many freshwater fish (Roberts, 2001; Austin and Austin, 2016). The pathogens that cause this infection include bacterial species such as *A. hydrophila*, *A. caviae*, *A. sobira*, *A. veronii*, *A. salmonicida*, and *A. bestiarum* (Timur and Timur, 2003; Buller, 2004; Austin and Austin, 2016). It was reported that mobile Aeromonas species that cause diseases in nature, aquaculture medium and even in aquarium fish production exist in large amounts in places where there is organic pollution. In the studies conducted so far, *A. hydrophila* was reported to be the

pathogen bacteria, which was defined as an opportunistic pathogen and was the most predominantly isolated pathogen among these species (Roberts, 2001; Nielsen et al., 2001; Timur and Timur, 2003). While some of the bacteria examined in this study are Gram-negative and motile bacilli and identified as *A. hydrophila* due to their morphological, physiological and biochemical characteristics, as previously reported (Buller, 2004; Austin and Austin, 2016).

It was reported that *A. hydrophila* causes primary or co-infections in cyprinid fish and causes mass deaths as a primary agent in common carps cultured in Northern Greece (Sioutas et al., 1991), and as a co-infection with *Flavobacterium* sp. in common carps in the habitat in the St. Lawrence River in Canada (Monette et al., 2006). As reported by Bohai et al. (1993) in various carp species, *A. hydrophila* and *V. fluvialis* were isolated and identified in this study. As stated previously by Monette et al (2006), we think that the reason for observing this pathogen, which was also reported in common carps in nature, in the co-infection in diseased fish examined is the physical and environmental factors.

Vibriosis disease caused by different *Vibrio* species was reported in many naturally grown or cultured freshwater and sea fish species (Roberts, 2001; Austin and Austin, 2016). *Vibrio* species causing disease in freshwater fish mostly involve pathogens such as *V. anguillarum*, *V. fluvialis* (Han-Chang, 2009). In this study, *V. fluvialis* was isolated and identified from diseased Seven khramulya, as it was reported in various diseased common carp by Bohai et al (1993).

In freshwater fish, Gram-positive bacteria such as *S. aureus*, *S. epidermidis*, *S. cohnii* subsp. *cohnii*, and *S. warneri* (Varvarigos, 2001; Akaylı et al., 2011; Austin and Austin, 2016) mainly cause staphylococcosis. There was a report indicating that *S. warneri* isolated from diseased Seven khramulya causes disease in *Oncorhynchus mykiss* cultured in our country (Metin et al., 2014). There are no studies indicating that isolated *S. capititis* causes disease in fish we found.

Protozoan parasites that cause disease in fish are defined as opportunistic or compulsory pathogens. Protozoan parasites found on fish skins include species such as *Ichthyobodo necator*, *Ichthyophthirius multifiliis*, *Trichodina* spp. (Roberts, 2001; Durborow, 2003). Although *Trichodina* sp. is a parasite that is usually and intensely found in freshwater, it is a type of parasite that causes disease in addition to primary pathogens during stress. In this study, *Trichodina* sp. was found in the skin of diseased Seven khramulya, as it was also reported by previous researchers (Sanmartin et al., 1991; Nilsen, 1995; Asmat, 2001).

Gram-negative and Gram-positive pathogen bacteria causing hemorrhagic septicemia in fish cause serious

disorders in the structure, function, and morphology of the tissues (Roberts, 2001). Histologically, it was determined in this study that bacterial agents cause co-infection and degeneration in the hepatocytes of the liver, tubular and glomerular destruction in the renal tissue, as it was stated by Yu et al (2010). As reported by Dar et al (2016), hypertrophy in the lamellae and degenerative changes in the gill epithelium in the gill tissue of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) infected with *A. sobria* were also detected in diseased Seven khramulya.

As a result, the disease observed in Seven khramulya in nature was mostly accompanied by *A. hydrophila* along with the pathogens such as *V. fluvialis*, *S. warneri*, and *S. capititis*. *S. capititis* was isolated and identified as a disease agent from diseased Seven khramulya for the first time in this study. Furthermore, we report for the first time in this comprehensive study that these pathogenic bacteria isolated and identified from co-infection may cause disease in Seven khramulya. We think that the external parasites observed in diseased fish examined act as secondary factors causing disease with bacterial pathogens.

CONCLUSION

Common carps are among the most important freshwater fish cultured in the world and Turkey. Seven khramulya is an important fish species that is found in natural water in our country and aimed to be raised. The data in this study shed light on future intense cultivation of Seven khramulya in Turkey, as contributes to pre-identification of bacterial and parasitic diseases that may pose a risk to fish.

REFERENCES

- Adanır D, Turutoglu H 2007. Isolation and Antibiotic Susceptibility of *Aeromonas hydrophila* in a Carp. Bulletin of the Veterinary institute in Pulawy, 51: 361-364.
- Akaylı T, Ürkü Ç, Başaran B 2011. Kültür Balıklarında *Staphylococcus cohnii* subsp. *cohnii* Enfeksiyonu. Aquatic Sciences and Engineering, 26(2): 1-12.
- Asmat GS 2001. *Trichodina porocephalusi* sp. (Ciliophora: Trichodinidae) from an Indian flatheads leeper, *Ophiocara porocephalus* (Valenciennes) (Eleotrididae). Acta Protozoologica, 40(4): 297-302.
- Austin B, Austin DA 2016. Diseases of Farmed and Wild Fish, Springer, Dordrecht, 119-131.
- Blanc MP, Banarescu J, Gaudet L, Hureu JC 1971. European Inland Water Fish. A Multilingual Catalogue. FAO, Fishing News Ltd, London, England, 187.
- Bohai X, Zhan Y, Yushen W, Taozhen C 1993. Studies on the Taxonomy of Pathogenic Bacteria of the

- Bacterial Hemorrhagic Septicemia in Cultured Fishes in Freshwater. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 3 (English Abstract).
- Buller NB 2004. Bacteria from Fish and Other Aquatic Animals: A Practical Identification Manual. CABI Publishing, UK, 75-124.
- Bullock AM 1978, Laboratory Methods in Fish Pathology. Bailliere Tindall, London, 235-267.
- Culling CFA 1963, Handbook of Histopathological Techniques (Including Museum Technique). Second Education, Butterworth and Co. Publisher Ltd, London, 25-97.
- Dar GH, Dar SA, Kâmilî AN, Chishti MZ, Ahmad F 2016. Detection and Characterization of Potentially Pathogenic *Aeromonas sobria* Isolated from Fish *Hypophthalmichthys molitrix* (Cypriniformes: Cyprinidae). *Microbial Pathogenesis*, 91: 136-140.
- Demir O 2017. Endemik İçsu Balıkları Yetiştiriciliğinin Önemi: Eğirdir Sirazı (*Capoeta pestai* Pietschmann, 1933). Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 13(1): 88-98.
- Demirsoy A 1997. Yaşamın Temel Kuralları (Omurgalılar/Anamniyota). Hacettepe University Publications. Vol. 3, Ankara, 684.
- Durborow R.M., 2003. Protozoan Parasites. SRAC Publication, no. 4701.
- Geldiay R, Balık S 1996. Freshwater Fishes of Turkey. Ege University Publications, No: 97, Izmir, Turkey, 520.
- Guz L, Kozinska A 2004. Antibiotic Susceptibility of *Aeromonas hydrophila* and *A. sobria* isolated from Farmed Carp (*Cyprinus carpio* L.). *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*, 48: 391-395.
- Gündüz F, Çoban MZ, Yüksel F, Demirel F, Alpaslan K, Ahmet A 2018. Uzun Çayır Baraj Gölü'ndeki *Capoeta trutta* (Heckel, 1843)'nın Üreme Biyolojisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 21(1): 51-57.
- Han-Chang S 2009. Isolation and Identification of a Pathogenic *Vibrio* sp. from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Freshwater Fisheries*, 4.
- Howes GJ 1991. Cyprinid Fishes: Systematics, Biology and Explanation (Systematics and Biogeography: An overview, Chapman & Hall, London: Ed. Winfield IJ, Nelson JS), 1-33.
- Keskin N, Erk'akan F 1987. Ülkemiz Tatlı Su Balıklarında Ligulosis. Hacettepe Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 8: 57-70.
- Koyun M, Atıcı AA 2018. First Record of *Lernaea cyprinacea* (Crustacea: Copepoda) on *Capoeta capoeta* (Actinopterygii: Cyprinidae) from Karasu Creek (Van) Eastern Anatolia. *Biharean Biologist*, 12 (2): 70-72.
- Malek M, Mobedi I 2001. Occurrence of *Clinostomum complanatum* (Rudolphi, 1819) (Digenea: Clinostomatidae) in *Capoeta capoeta gracilis* (Osteichthys: Cyprinidae) from Shiroud River, Iran. *Iranian Journal of Public Health*, 30(3-4): 95-98.
- Metin S, Kubilay A, Onuk EE, Didinen BI, Yildirim P 2014. First Isolation of *Staphylococcus warneri* from Cultured Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) Broodstock in Turkey. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 34: 165-174.
- Monette S, Dallaire AD, Mingelbier M, Groman D, Uhland C, Richard JP, Leighton FA 2006. Massive Mortality of Common Carp (*Cyprinus carpio*) in the St. Lawrence River in 2001: Diagnostic Investigation and Experimental Induction of Lymphocytic cephalitis. *Veterinary Pathology*, 43(3): 302-310.
- Nielsen ME, Høi L, Schmidt AS, Qian D, Shimada T, Shen JY, Larsen JL 2001. Is *Aeromonas hydrophila* the Dominant Motile *Aeromonas* species that Causes Disease Outbreaks in Aquaculture Production in the Zhejiang Province of China?. *Diseases of Aquatic Organisms*, 46(1): 23-29.
- Nilsen F 1995. Description of *Trichodina hippoglossi* sp. from Farmed Atlantic Halibut Larvae *Hippoglossus hippoglossus*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 21(3): 209-214.
- Pullin RSV 1986. The world Wide Status of Carp Culture. *Aquaculture of Cyprinids*. INRA, Paris, France, 21-34.
- Raissy M, Ansari M 2012. Parasites of Some Fresh Water Fish from Arman Driver, Chaharmahal Va Bakhtyari Province, Iran. *Iranian Journal of Parasitology*, 7(1): 73-76.
- Raissy M, Ansari M, Moumeni M, Goudarzi MA, Sohrabi HR, Rashedi M 2010. An Epizootic of Ichthyophthiriasis Among Fishes in Armand River, Iran. *Journal of Cell and Animal Biology*, 4(10): 150-153.
- Roberts RJ 2001. The Bacteriology of Teleosts. (Fish Pathology, A John Wiley & Sons, Ltd., Publication, Philadelphia: Ed. Roberts RJ) 315-321.
- Sanmartin ML, Fernandez J, Tojo JL, Santamarina MT, Estevez J, Ubeira F 1991. *Trichodina* sp.: Effects on the Growth of Farmed turbot (*Scophthalmus maximus*). *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 11: 89-91.
- Sioutas S, Hoffmann RW, Pfeil-Putzien C, Fischer-Scherl T 1991. Carp Erythrodermatitis (CE) due to an *Aeromonas hydrophila* Infection. *Journal of Veterinary Medicine*, 38(10): 186-194.
- Şen B, Canpolat Ö 2011. Elazığ İlinin Bazı İlçelerinde Balık Eti Tüketimi. *Ecological Life Sciences*, 6(2): 43-52.
- Timur G, Timur M 2003. Balık Hastalıkları, İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, Yayın no:4426, İstanbul, 350-421.
- TUIK, 2016. Türkiye İstatistik Kurumu, Haber bülteni. Su Ürünleri, Sayı 21720.

- Varvarigos, P. 2001. Gram Positive Coccobacteria (Micrococcaceae, Streptococcaceae) causing systemic disease in intensively farmed fish, http://www.vetcare.gr/ARTPRES/Gram_positive_cocci.htm. (date accessed:12.02.2019).
- Yazıcıoğlu O, Yılmaz M 2011. Hirfanlı Baraj Gölü'nde Yaşayan Siraz Balığı [*Capoeta sieboldii* (Steindachner, 1864)]'nın Beslenme Rejimi. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 2(1): 62-73.
- Yılmaz H, Aras NM, Haliloğlu Hİ, Yılmaz M 2003. An Investigation on the Surumi Production from Siraz "*Capoeta capoeta umbla*" fish species. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(1): 63-67.
- Yu JH, Han JJ, Kim HJ, Kang SG, Park SW 2010. First Report of *Aeromonas veronii* Infection in Farmed Israeli Carp *Cyprinus carpio* in Korea. Journal of Fish Pathology, 23(2): 165-176.

An Investigation on the Determination of Diurnal and Ontogenetic Variations of Essential Oil Composition in *Sideritis trojana* Growing in Kazdağı (Edremit-Balıkesir)

Cenk PAŞA¹, Selami SELVİ², Züleyha ÖZER³, Turgut KILIÇ⁴

¹Balıkesir University, Altinoluk Vocational School, Department of Plant and Animal Production, Medicinal and Aromatical Plants Programme, Altinoluk, Edremit, Balıkesir, ²Balıkesir University, Faculty of Necatibey Education, Balıkesir, Turkey

¹<https://orcid.org/0000-0002-6125-9767>, ²<https://orcid.org/0000-0002-9959-6945>, ³<https://orcid.org/0000-0003-4957-5756>,

⁴<https://orcid.org/0000-0002-6842-3160>

✉: cpasa@balikesir.edu.tr

ABSTRACT

This study was conducted to determine the essential oil composition and diurnal variations (9.00 am, 12.00 am and 16.00 pm) of *Sideritis trojana* Bornm. which was distributed naturally at the peak of Kazdağı (Edremit-Balıkesir), west of Turkey during the growing season. The oil composition was determined with GC-MS. The highest quantity of essential oil content (0.25-0.30%) was found at the full plant flowering stage and the lowest was at fresh fruiting stage (0.07-0.1%). Diurnal fluctuation in essential oils of whole plant was also observed. The highest and lowest essential oil levels were observed at the afternoon (16.00 pm) and in the morning (08.00 am), respectively. The oils were consisted of mainly α -bisabolol (27.8%), valeranone (13.4%), 4-terpineol (10.3%), germacrene-D (8.8%) and spathulenol (5.8%) during vegetative stage, 4-terpineol (30.3%), caryophyllene (21.0%) and 3-methyl nonane (9.3%) during flowering stage, 4-terpineol (16.1%), copaene (15.4%), caryophyllene (10.6%), 3-methyl nonane (9.8%) and valeranone (7.9%) during fresh fruiting stage.

Short Communication

Article History

Received : 24.01.2019

Accepted : 18.04.2019

Keywords

Volatile oil components,
Sideritis trojana,
GC-MS,
Edremit,
Balıkesir

Kazdağları'nda (Edremit-Balıkesir) yayılış gösteren *Sideritis trojana* türünün Uçucu Yağ Oranı ve Bileşenlerinin Diurnal ve Ontogenetik Varyasyonunun Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma

ÖZET

Bu çalışmada, Kazdağları'nda (Edremit-Balıkesir) yayılış gösteren *Sideritis trojana* Bornm türünün uçucu yağ oranı ve bileşenlerinin diurnal ve ontogenetik varyasyonunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Uçucu yağ bileşenleri GC-MS analizi ile yapılmıştır. En yüksek uçucu yağ oranı çiçeklenme döneminde (%0.25-30), en düşük uçucu yağ oranı ise meyve döneminde %0.07-0.10) tespit edilmiştir.

Uçucu yağ bileşenleri vejetatif dönemde esas olarak; α -bisabolol (%27.8), valeranone (%13.4), 4-terpineol (% 0.3), germacrene-D (%8.8) ve spathulenol (%5.8); çiçeklenme döneminde ise 4-terpineol (% 30.3), caryophyllene (%21.0) ve 3-methyl nonane (9.3%); meyve oluşumu döneminde 4-terpineol (%16.1), copaene (% 15.4), caryophyllene (%10.6), 3-methyl nonane (%9.8) ve valeranone (%7.9) olarak belirlenmiştir.

Kısa Not

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 24.01.2019

Kabul Tarihi : 18.04.2019

Anahtar Kelimeler

Uçucu yağ bileşenleri,
Sideritis trojana,
GC-MS,
Edremit,
Balıkesir

To Cite : Paşa C, Selvi S, Özer Z, Kılıç T 2019. An Investigation on the Determination of Diurnal and Ontogenetic Variations of Essential Oil Composition in *Sideritis trojana* Growing in Kazdağı (Edremit-Balıkesir). KSU J. Agric Nat 22(6): 972-975. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.517345.

INTRODUCTION

A derivate of the Greek word "Sideron" was used to name the genus *Sideritis*, also known as ironwort, shepherd's tea and mountain tea is a genus of flowering plants widely known for their use in herbal medicine as well as an herbal tea (Piozzi et al, 2006).

Sideritis L., which is one of the important genera of

the Lamiaceae family, has species that are of medical and economic value (Davis, 1982; Çarıkçı et al, 2012). More than 150 taxa of the genus *Sideritis* are found mainly in the Mediterranean region (Obon and Nunez 1994). *Sideritis* genus are represented by 46 species (53 taxa) in Turkey and 39 of these taxa are endemic (endemism ration is about 80%) for our country

(Aytaç and Aksoy, 2000; Güvenç and Duman, 2010). *Sideritis* species are generally known namely “adacayı, dagcayı” and are widely used as herbal tea and folk medicine in Turkey (Kirimier et al, 2004). *Sideritis* species are also widely used in the treatment of some diseases such as cough, colds, gastrointestinal disorders, antimicrobial and anti-rheumatic (Baytop 1999; Topcu and Gören, 2007; Kilic et al, 2009; Pasa and Selvi, 2011; Selvi et al. 2012; Polat et al. 2012).

The purpose of the study was to determine the essential oil components content and ontogenetic variations of *Sideritis trojana* Bornm., cultivated in Mount Ida, Edremit-Balikesir, Turkey during a growing season.

MATERIALS and METHODS

Object of the Study

The object of this study was to determine the essential oil components content and ontogenetic variations of *S. trojana*, which was collected at different developing stages from Edremit district of Balikesir province, Turkey between April and August of 2014. The soil of the trial area was sandy with pH value (6.9), organic matter (6.8%), sand (68%), silt (24 %) and clay (8%). The trial location sustained a mean temperature of 22.1 °C, mean rainfall of 27.4 mm and relative humidity of 61.2 % during the year of 2014. Samples were collected three times a day (9.00 am; 12.00 am and 16.00 pm) for each development stage.

Sampling and sample preparation

Ontogenetic sampling corresponded with different date for *S. trojana* shoots with leaves were harvested at the vegetative stage. At the full flowering stage, only shoots with fully opened flowers and at the fresh fruiting stage, the shoots with green capsules were harvested. The plant materials were dried at room

temperature (20 °C) and 50 g of each sample was subjected to hydro distillation for 6 h using a Clevenger type apparatus for determining the oil content.

Oil Composition and Analyses

The oil composition was determined with GC-MS. GC-MS analyses were conducted in the TUBITAK (MAM). GC-MS conditions; helium was used as carrier gas at a constant flow rate of 1 mL/min. 1µL of sample was injected. The GC temperature program was set as follows; 50 °C hold for 5 min, ramp to 250 °C at 5 °C/min and hold for 10 min. The temperature of the MS transfer line was set at 220 °C. Using scan mode a mass range from 50 to 650 *m/z*. Used column, DB-5 30 m x 0.25 mmID x0.25 µm. The Thermo Scientific TSQ GC-MS/MS was used in this study.

Statistic

Data was subjected to Analysis of Variance using MSTAT software program. Means were separated by the Duncan Multiple Range Test.

RESULTS and DISCUSSION

Total essential oils content in *S. trojana* during ontogenetic development was the highest in the full flowering stage (0.25-0.30%), followed by vegetative (0.23-0.27%) and fresh fruiting stage (0.07-0.10%) (Table 1). The differences among essential oils values during the different developmental stages were significant (P<0.01). One-way tendency of change in the essential oils content during the different hours of the day indicated that the oils values were higher in the afternoon (16.00 pm)- 0.10-0.30 % compared with at noon (12.00 am)-0.07-0.26 and in the morning (08.00 am)-0.08-0.25% in all developmental stages.

Table 1. Total essential oils content (%) and changes during collecting and development stages of *S. trojana*

Diurnal Collecting Times	Developmental Stages			
	Vej.Stage	Full Flow.	Fresh Fruit.	Mean
09:00 am	0.24 cd	0.25 c	0.08 f	0.19 b
12:00 am	0.23 d	0.26 bc	0.07 g	0.19 b
16:00 pm	0.27 b	0.30 a	0.10 e	0.22 a
Mean	0.25 b	0.27 a	0.08 c	0.20

There is no statistical (p<0.01) differences between values with the same letters in the same columns.

Several studies on ontogenetic variation of secondary metabolites were conducted in different plants. Alkaloid changes during fruit development were observed by Miriam and Pfeifer (1959) in *Papaver somniferum* and by Fairbairn and Challen (1959) in *Conium maculatum*.

Schwob et al., (2004) investigated essential oil changes during the course of ontogenesis in *Hypericum perforatum*. In another study, Gupta et al. (2002) discussed the changes of artemisinin during phonological cycle of *Artemisia annua* and foliar

monoterpenoid variation in *Umbellularia californica* in seedlings and tree stages. Chemical concentrations varied considerably during the course of ontogenesis in a medicinal plant. Not only the concentrations of plant chemicals fluctuated through the season, but also the plant experienced short-lived and rapid turnovers (Smith et al., 1996).

The identity, the retention time and percent composition of the essential oils content from *S. trojana* is presented Table 2.

Table 2. Variation of volatile oils content of *S. trojana* within a one day during the course of ontogenetic (%)

KI*	RT**	Compounds	Vegetative stages			Full flowering			Fresh fruiting		
			09.00 am	12.00 am	16:00 pm	09:00 am	12:00 am	16:00 pm	09.00 am	12.00 am	16.00 pm
930	5.25	α -Thujene	0.4	0.2	0.7	1.1	0.7	0.7	0.3	0.2	0.2
939	5.44	α -Pinene	1.8	2.3	1.7	1.4	2.8	1.8	4.2	4.7	5.1
971	6.87	3-Methyl nonane	3.2	3.7	4.3	9.3	9.4	8.7	9.8	9.2	9.4
979	7.16	1-Octen-3-ol	-	-	0.1	0.7	0.2	0.5	-	-	-
979	7.55	β -Pinene	-	0.1	0.3	0.9	0.4	0.8	0.7	0.5	0.6
1003	7.90	α -Phallandrene	-	0.1	0.1	0.6	0.5	0.6	0.9	1.1	1.2
1031	8.11	Carene-3- δ	0.1	0.1	0.2	0.9	0.6	1.1	1.2	1.4	1.8
1017	8.33	Terpinene	0.1	0.3	0.5	1.4	1.3	0.8	0.8	0.7	0.9
1025	8.60	Cymene	-	0.3	0.1	0.9	0.8	1.2	1.3	1.5	1.3
1029	8.75	Limonene	1.6	2.4	2.4	1.3	1.8	1.9	3.1	2.2	3.3
1037	9.20	β -Ocimene	0.7	0.8	1.2	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0
1060	9.82	τ -Terpinene	0.4	0.6	0.7	1.1	1.3	1.8	1.2	1.0	1.0
1086	10.39	Nonanal	0.2	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4	0.2	0.2
1089	10.81	Terpinolene	0.4	0.3	0.3	0.5	0.3	0.3	0.4	0.2	0.2
1100	11.28	Undecane	0.2	0.4	0.4	0.8	0.9	0.6	0.4	0.2	0.3
1157	11.38	Nonen-1-ol	0.6	0.7	0.7	0.9	1.0	0.7	0.7	0.9	0.7
1177	13.51	4-Terpineol	9.4	10.3	10.2	30.3	25.4	25.1	16.1	14.3	12.4
1189	13.89	α -Terpineol	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5	0.7	0.5	0.3	0.6
1243	15.42	Carvone	0.5	0.4	0.4	1.0	1.2	1.4	0.5	0.2	0.2
1377	19.10	Copaene	1.7	1.3	1.9	0.9	0.8	1.1	12.2	11.4	15.4
1388	19.27	β -Bourbene	0.1	0.2	0.5	0.2	0.4	0.3	0.7	0.5	0.6
1391	19.60	β -Elemene	-	0.1	0.2	0.3	0.5	0.4	0.4	0.2	0.2
1409	20.10	Caryophyllene	3.6	5.1	4.2	21.0	17.1	16.7	10.6	9.7	9.5
1455	21.00	α -Humulene	0.1	0.1	0.3	0.2	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3
1447	21.22	Aromadendrene	0.3	0.1	0.6	0.5	0.1	0.5	0.4	0.4	0.3
1462	21.56	1.8-cineole	4.3	3.9	4.2	6.8	8.2	7.6	3.4	4.9	4.7
1485	21.70	Germacrene-D	8.8	6.4	7.1	4.2	5.4	6.9	4.7	4.2	4.8
1480	22.00	τ -Muurolele	2.8	3.3	2.9	0.7	1.4	1.4	4.0	3.5	3.8
1514	22.52	γ -Gamma-cadinene	0.8	1.2	0.8	0.9	1.5	1.1	0.4	0.5	0.6
1539	22.69	α -Cadinene	0.4	0.7	0.5	0.4	0.8	0.8	0.6	0.4	0.7
1572	23.90	Spathulenol	5.6	5.4	5.8	1.0	1.5	1.1	0.7	0.6	0.4
1583	24.03	Caryophyllene oxide	1.4	1.9	2.4	0.3	0.9	0.7	0.6	1.0	1.1
1593	24.22	Viridifloral	-	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3
1636	25.10	σ -Cadinol	1.1	0.7	1.2	0.5	0.6	0.6	1.3	1.6	1.2
1660	25.61	α -Cadinol	3.1	3.8	3.6	2.3	3.3	2.7	2.9	3.1	2.8
1675	26.02	Valeranone	13.4	11.8	10.7	1.7	2.1	2.2	6.1	7.9	7.3
1686	26.30	α -Bisabolol	27.8	22.4	21.9	1.5	2.4	2.0	2.4	2.9	2.6
1943	29.70	Phytol	1.7	2.2	1.5	0.5	0.5	0.7	1.4	1.6	1.7

*KI: Kovats Retention Index; **RT: Retention Time

During vegetative stage, the oils consisted mainly of α -bisabolol (27.8 %), valeranone (13.4 %), 4-terpineol (10.3 %), germacrene-D (8.8 %) and spathulenol (5.8 %). During flowering stage the oils consisted mainly of 4-terpineol (30.3 %), caryophyllene (21.0 %) and 3-methyl nonane (9.3 %). During fresh fruiting stage flowering stage, the oils consisted mainly of 4-terpineol (16.1 %), copaene (15.4 %), caryophyllene (10.6 %), 3-methyl nonane (9.8 %) and valeranone (7.9 %).

The major constituents of the oil were β -pinene (18.4 %), α -pinene (13.2 %), germacrene-D (5.3 %), β -caryophyllene (4.9 %), limonene (3.7 %), and *p*-cymene (3.4 %) (Kirimer et al, 2008).

The effects of the diurnal variation on the essential oil's composition of *S. trojana* have not been reported previously. Nevertheless, differences in the essentials composition of developmental stages have been described for the closely related species of *S. trojana* (Kirimer et al, 2004).

CONCLUSIONS

In this study, diurnal and ontogenetic variability of essential oil and components of *S. trojana* has been determined. The highest essential oil content of the plant has been identified during full plant flowering, before flowering and fresh fruit stages, respectively.

As a result of this study, 38 different essential oil components have been detected in three different development stages of the plant. The main components of the essential oil are α -bisabolol (27.8%) and valeranone (13.4%) during vegetative stage; caryophyllene (21.0%) and 4-terpineol (30.3%) during flowering stage; 4-terpineol (16.1%) and copaene (15.4 %) during fresh fruiting stage.

In addition to the above, the most suitable collection time and collection period has been obtained in terms of the essential oil ratios and components of the investigated species and the most effective utilization method of the species was determined in this study. Furthermore, we believe that *S. trojana* will contribute to various upcoming scientific studies, especially in phytochemical and pharmaceutical arena.

REFERENCES

- Aytaç Z, Aksoy A 2000. A new *Sideritis* species (Labiatae) from Turkey. *Flora Mediterranea*, 10: 181-184.
- Baytop T 1999. Therapy with medicinal plants in Turkey (Past and Present). Nobel Medicine Publications, 2nd edition, Istanbul, 118-119.
- Çarıkcı S, Kılıç T, Azizoğlu A, Topçu G 2012. Chemical Constituents of Two Endemic *Sideritis* Species from Turkey with Antioxidant Activity. *Rec. Nat. Prod.*, 6(2): 101-109.
- Davis PH 1982. *Flora of Turkey and the East Aegean Island*, Edinburgh University Press. 7: 178-199.
- Fairbairn JW, Challen SB 1959. Alkaloids of Hemlock (*Conium maculatum* L.) distribution in relation to the development of the fruit. *Biochem*, 72: 556-562.
- Gupta SK, Singh P, Bajpai P, Ram G, Singh D, Gupta MN, Gupta DJ, Jain SP, Khanuja SP, Kumar S 2002. Morphogenetic variation for artemisinin and volatile oil in *Artemisia annua*. *Ind. Crop Prod.*, 16: 217-224.
- Güvenç A, Duman H 2010. Morphological and anatomical studies of annual taxa of *Sideritis* L. (Lamiaceae), with notes on chorology in Turkey. *Turk J. Bot.*, 34: 83-104.
- Kılıç T, Çarıkcı S, Topcu G, Aslan I, Gören AC 2009. Diterpenoids from *Sideritis* condensate evaluation of chemotaxonomy of *Sideritis* species and insecticidal activity. *Chem. Nat. Comp.*, 45: 918-920.
- Kırimer N, Baser KHC, Demirci B, Duman H 2004. Essential oils of *Sideritis* species of Turkey Belonging to the section Empedoclia. *Chemistry of Natural Compounds*, 40(1): 19-23.
- Kırimer N, Demirci B, İşcan G, Baser KHC, Duman H 2008. Composition of The Essential Oils of Two *Sideritis* Species From Turkey and Antimicrobial Activity. *Chemistry of Natural Compounds*, 44(1): 121-123.
- Miriam R, Pfeifer S 1994. Über die Veränderungen im Alkaloidhaushalt der Mohnpflanze während einer Vegetationsperiode. *Sci Pharm.*, 27: 34-40.
- Obon de Castro C, Rivera Nunez D 1994. A taxonomic revision of the section *Sideritis*. (Berlin-Stuttgart, Ed. Cramer, J) 86.
- Paşa C, Selvi S 2011. Kazdağları'nda (Balıkesir-Edremit) yöre halkı tarafından toplanan ve ticareti yapılan tıbbi bitkiler üzerine bir araştırma, IX. Tarla Bitkileri Kongresi, 12-15 Eylül 2011, Bursa, s:1409-1412.
- Piozzi F, Bruno M, Rosselli S, Maggio 2006. The diterpenoids from the genus *Sideritis*. *S.Nat. Prod. Chem.*, 33: 493-540.
- Polat R, Selvi S, Çakılcıoğlu U, Açar M 2012. Investigations of ethnobotanical aspect of wild plants sold in Bingöl (Turkey) local markets, *Biological Diversity and Conservation*, 5(3):155-161.
- Selvi S, Satıl F, Polat R, Çakılcıoğlu, U 2012. Kazdağlarından (Balıkesir-Edremit) Toplanan Ve Bölgedeki Aktarlarda Satılan Tıbbi Bitkiler Üzerine Bir Araştırma, Kazdağları III. Ulusal Sempozyumu, 24-26 Mayıs 2012, Edremit Balıkesir, s: 505-513.
- Schwob L, Bessiere JM, Masotti V, Viano J 2004. Changes in essential oil composition in Saint John's wort (*Hypericum perforatum* L.) aerial parts during its phenological cycle. *Biochem.Syst.Ecol*, 32: 735-745.
- Smith R, Caswell D, Carriere A, Zielke B 1996. Variation in the ginsenoside content of American ginseng, *Panax quinquefolius* L. roots. *Can. J. Bot.*, 74: 1616-1620.
- Topçu G, Gören AC 2007. Biological activity of diterpenoids isolated from Anatolian Lamiaceae Plants. *Rec.Nat.Prod.*, 1: 1-16.