



# Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi

## Anadolu Journal of Agricultural Sciences

Cilt/Volume: 37

Sayı/Issue: 2

Haziran/June: 2022





ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
**ANADOLU TARIM BİLİMLERİ  
DERGİSİ**

ANADOLU JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES



**e-ISSN: 1308-8769**

Volume/Cilt: 37 Issue/Sayı: 2

Haziran / June 2022

Samsun

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

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

#### **Amaç ve Kapsam**

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

#### **Aim and Scope**

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

#### **Yazışma Adresi / Corresponding Address**

Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, 55139 Atakum/Samsun

**Tel:** 0 (362) 312 19 19 **Fax:** : 0 (362) 457 60 34

**e-mail:** zfyayin@omu.edu.tr **web:** <https://dergipark.org.tr/tr/pub/omuanajas>

**ANADOLU TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ**

e-ISSN: 1308-8769

2022 Cilt: 37 Sayı: 2

**Ondokuz Mayıs Üniversitesi adına sahibi /**  
Owner on behalf of Ondokuz Mayıs University  
Prof. Dr. Yavuz ÜNAL  
Rektör / Rector

**Baş Editör / Chief Editor**  
Doç. Dr. Umut Sami YAMAK

**Editörler / Editors**  
Prof. Dr. Deniz EKİNCİ  
Prof. Dr. Orhan DENGİZ  
Doç. Dr. Alper TANER  
Doç. Dr. Aydın ALTOP  
Dr. Attila SALAMON  
Dr. Mehmet TÛTÛNCÛ  
Dr. Alfadhl Yahya KHALED  
Dr. Maria DATTENA  
Dr. Dinu GAVOJDIAN

**ANADOLU TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ**

e-ISSN: 1308-8769

2022 Volume: 37 Issue: 2

**İstatistik Editörü / Statistic Editor**  
Prof. Dr. Kamil ALAKUŞ

**Mizanpaj/Layout**  
OMÜ Yayın Koordinatörlüğü

**Mizanpaj Editörleri / Layout Editors**  
Kısmet AYDIN  
Özlem TEKİNER  
Cemre ASLAN  
Abdussemet YAPALIKAN  
Derya YAVUZ  
Mertcan TURAL

**Yayın Yeri ve Tarihi/Publication Place and Date**  
Samsun, Haziran / June 2022

**YAYIN KURULU / EDITORIAL BOARD**

- Prof. Dr. Abdülbaki Bilgiç-Atatürk Üniversitesi/Türkiye  
Prof. Dr. Canan Can-Gaziantep Üniversitesi/Türkiye  
Prof. Dr. Abidin Temizer-Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi/Türkiye  
Doç. Dr. David Herak-Czech University of Life Sciences/Czech Republic  
Doç. Dr. Murat Çankaya-Erzincan Üniversitesi/Türkiye  
Prof. Dr. Fikretin Şahin-Yeditepe Üniversitesi/Türkiye  
Prof.Dr. Ahmet Şahin-Ahi Evran Üniversitesi/Kırşehir  
Prof. Dr. Süleyman Kodal-Ankara Üniversitesi/Türkiye  
Doç. Dr. Murat Şentürk-Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi/Türkiye  
Prof. Dr. Nebahat Sarı-Çukurova Üniversitesi/Türkiye  
Prof. Dr. Sedat Serçe-Niğde Üniversitesi/Türkiye  
Prof. Dr. Kazım Çarman-Selçuk Üniversitesi/Türkiye  
Prof. Dr. Hsin Chi-National Chung Hsing University, Taiwan/Republic of China  
Prof. Dr. Jozsef Ratky-Res. Inst. for Animal Breeding and Nutrition/Hungary  
Prof. Dr. Mogens Vestergaard-University of Aarhus/Denmark  
Prof. Dr. Claudiu T. Supuran-Univ Florence/Italy  
Assit. Prof. Dr. Marketa Mihalikova-Czech University of Life Sciences/Czech Republic)  
Prof. Dr. nal Kızıl-Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi/Türkiye  
Prof. Dr. Soner ÇANKAYA -Ondokuz Mayıs Üniversitesi/Türkiye  
Doç. Dr. Kağan Kökten-Bingl Üniversitesi/Türkiye  
Doç. Dr. Şenay Şimşek-North Dakota State University/USA

# İÇİNDEKİLER

## Araştırma Makalesi/Research Article

**Metric Yaklaşımında Alternatif Soğuk ve Sıcak Hücrelerin Evapotranspirasyon Haritalama Üzerine Etkilerinin Değerlendirilmesi ..... 219-242**

*Evaluation of the Effects of Alternative Cold and Hot Cells on Evapotranspiration Mapping in the Metric*

**Sakine ÇETİN TANER, Eyüp KÖKSAL, Emre TUNCA**

**Cetonia aurata L. (Coleoptera, Scarabaeoidea, Cetoniidae) Gelişimi Üzerinde *Cyclamen coum* subsp. *coum* Miller Bitki Kök Özütlerinin Antifeedant ve Toksik Etkileri ..... 243-262**

*Antifeedant and Toxic Effects of *Cyclamen coum* subsp. *coum* Miller Root Extracts on the Growth of *Cetonia aurata* L. (Coleoptera, Scarabaeoidea, Cetoniidae)*

**Ömer ERTÜRK**

**Farklı Yüksekliklerden Toplanan Pembe Ladenin (*Cistus creticus* L.) Uçucu Yağ Oranı ve Kimyasal Bileşenlerinin Belirlenmesi. ....263-274**

*Determination of Essential Oil Content and Its Chemical Compositions of Pink Rock Rose (*Cistus creticus* L.) Collected from Different Altitudes*

**Emrullah CULPAN, Burhan ARSLAN**

**Effect of *Comboutea* (Kombucha) and Mix Microorganisms Culture *Comboutea* Production Waste on Basal Respiration and Microbial Biomass Carbon Content of Soils ..... 275-290**

*Comboutea (Kombucha) ve *Comboutea* Üretim Atıkları Karışık Mikroorganizma Kültürünün Topraklardaki Toprak Solunumu ve Mikrobiyal Biyokütle Karbon İçeriği Üzerine Etkisi*

**Murat DURMUŞ, Rıdvan KIZILKAYA**

**Bakır Uygulamasının *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae)'un Gelişim Süresi, Verim, Eşey Oranı ve Ömür Uzunluğuna Etkilerinin Belirlenmesi... .. 291-300**

*Determination of the Effects of Copper Treatment on Development Period, Fecundity, Sex Ratio and Longevity of *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae)*

**Nevrin Eylem AKMAN GÜNDÜZ, Nuran KORKMAZ BOZ**

**Literature Review on Farmers' Access to Agricultural Credit in Ethiopia.. ..... 301-316**

*Etiyopya'da Çiftçilerin Tarım Kredilerine Erişimi Üzerine Literatür İncelemesi*

**Gutama Girja URAGO, Mehmet BOZOĞLU**

**Artvin, Giresun, Ordu İllerinde Sofralık ve Reçellik İncir Seleksiyonu.....**  
.....**317-330**

*Selection of Fresh and Jam Fig in Province Artvin, Giresun and Ordu*

**Nilüfer AKSU USLU, Muharrem ÖZCAN, Erol AYDIN**

**Determination of the Direct and Indirect Effects of Feed Characteristics on the Metabolizable Energy of Natural Pasture Hay.....** **331-340**

*Mera Samanı İçin Yem Özelliklerinin Metabolize Edilebilir Enerjisi Üzerine Path Analizi*

**Cem TIRINK, Zehra SARIÇİÇEK, Hasan ÖNDER**

**Identification of Rice Leaf Blight Disease By Using Image Processing Techniques.....** **341-360**

*Çeltik Yanıklığı Hastalığının Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Tespit Edilmesi*

**Oğuzhan SOYDAN, Alper TANER**

**Placental Traits, and Plasma Concentration and Placental mRNA Expression of IGF-I in Bafra Sheep Breed With Different Birth Type ..... 361-372**

*Farklı Doğum Tipine Sahip Bafra Irkı Koyunlarda Plasental Özellikleri ve IGF-I'in Plazma Konsantrasyonu ve Plasental mRNA Ekspresyonu*

**Uğur ŞEN, Ömer KAYA**

**The Effect of Used Different Waste Growing Media on Soilless Lettuce Cultivation.....** **373-386**

*Kullanılmış Farklı Yetiştirme Ortamlarının Topraksız Marul Yetiştiriciliğine Etkisi*

**Müjdat KİLİM, Esin YÖRÜK, Esin HAZNECİ, Harun ÖZER, Gürkan Alp Kağan GÜRDİL**

**Samsun Ondokuz Mayıs İlçesi Aşağı Engiz Havzasının Bazı Topraklarının Isısal Özelliklerinin İncelenmesi.....** **387-404**

*Investigation of Thermal Characteristics of Some Soils of the Engiz Basin in the Bafra*

**İmanverdi EKBERLİ, Orhan DENGİZ, Coşkun GÜLSER, İsmail Fatih ORMANCI, Arif AYDIN**

**Survival Rate of Young Pear Trees in Different Rootstock and Cultivar Combinations under Field Conditions: Preliminary Results ..... 405-420**

*Genç Armut Ağaçlarının Arazi Koşullarındaki Farklı Anaç ve Çeşit Kombinasyonlarında Yaşama Oranı: İlk Sonuçlar.*

**Tahsin KURT, Ahmet ÖZTÜRK, Zaki Ahmad FAİZİ**

**Farklı Ayçiçeği Çeşitlerine Ait Tohumların Bazı Fiziksel ve Renk Karakteristikleri ile Mekanik Davranışlarının Belirlenmesi ..... 421-437**

*Determination of Some Physical and Color Characteristics and Mechanical Behavior of Different Sunflower Cultivars' Seeds*





# METRIC Yaklaşımında Alternatif Soğuk ve Sıcak Hücrelerin Evapotranspirasyon Haritalama Üzerine Etkilerinin Değerlendirilmesi

Evaluation of the Effects of Alternative Cold and Hot Cells on Evapotranspiration Mapping in the METRIC

Sakine ÇETİN TANER<sup>1</sup>, Eyüp KÖKSAL<sup>2</sup>, Emre TUNCA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Samsun, Türkiye  
• sakine.cetin@omu.edu.tr • ORCID > 0000-0002-7333-4250

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Samsun, Türkiye  
• eselimk@yahoo.com • ORCID > 0000-0002-5103-9170

<sup>3</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Samsun, Türkiye  
• emre.tunca@omu.edu.tr • ORCID > 0000-0001-6869-9602

## Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 15 Haziran / June 2021

Kabul Tarihi / Accepted: 16 Mart / March 2022

Yıl / Year: 2022 | Cilt – Volume: 37 | Sayı – Issue: 2 | Sayfa / Pages: 219-242

**Atıf/Cite as:** Çetin Taner, S., Köksal, E. ve Tunca, E. "METRIC Yaklaşımında Alternatif Soğuk ve Sıcak Hücrelerin Evapotranspirasyon Haritalama Üzerine Etkilerinin Değerlendirilmesi". *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 37(2), Haziran 2022: 219-242.

**Sorumlu Yazar / Corresponding Author:** Sakine ÇETİN TANER

## METRIC YAKLAŞIMINDA ALTERNATİF SOĞUK VE SICAK HÜCRELERİN EVAPOTRANSPIRASYON HARİTALAMA ÜZERİNE ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

### ÖZ:

METRIC modeli ile evapotranspirasyon (ET) haritalarının elde edilmesinde hem uydu verileri hem de meteorolojik veriler girdi olarak kullanılmaktadır. Hissedilebilir ısı akısı (H) hesaplamaları METRIC modelinin en önemli aşamalarından biridir. Çoğu modelde H hesabı soğuk ve sıcak hücreler adı verilen iki uç koşula dayalı bir kalibrasyon işlemi içermektedir. Kalibrasyonda soğuk ve sıcak hücreye ait çok sayıda parametre kullanılmaktadır. Kullanılan parametrelerin hangisinin ET haritasına hangi düzeyde etki ettiğini belirlemek önemlidir. Bu çalışma, yarı-kurak iklim koşullarına sahip Suluova tarım arazileri için yürütülmüştür. Çalışmada 25 Haziran 2007 ve 4 Temmuz 2010 tarihli LANDSAT 5-TM uydu görüntüleri ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) temin edilen iklim verileri kullanılmıştır. Uydu görüntülerinin işlenmesi ve ET haritalamasında METRIC modeli kullanılmıştır. Çalışmanın amaçları; farklı soğuk ve sıcak hücre kombinasyonlarının ET haritalarında neden olduğu farklılıkların değerlendirilmesi ve soğuk ve sıcak hücrelere ait Normalize Edilmiş Vejetatif Değişim İndeksi (NDVI), Yüzey Sıcaklığı (Ts), Net Radyasyon (Rn), Toprak ısı akısı (G) ve albedo ( $\alpha$ ) parametrelerinin her birinin ET haritalarına etkisinin belirlenmesidir. Çalışma kapsamında uydu görüntülerinde birden fazla soğuk ve sıcak hücre seçimi yapılarak ET haritaları elde edilmiştir. Soğuk ve sıcak hücrelerden birer tanesi en uygun uç koşulları ve diğer hücreler ise kullanıcı hatası sonucu seçilebilecek uç koşulları temsil etmektedir. Çalışmada her iki uydu görüntüsünde de elde edilen ET haritalarından birer tanesi en uygun ET haritası olarak dikkate alınmıştır. Daha sonra en uygun ET haritası ile diğerlerinin karşılaştırılması istatistiksel yöntemlerle yürütülmüştür. Analizler sonucunda, hata üzerine 25 Haziran 2007 tarihli uydu görüntüsünde sıcak hücre parametrelerinin, 4 Temmuz 2010 tarihli uydu görüntüsünde ise soğuk hücre parametrelerinin daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, net radyasyon ET haritalarında hata miktarında önemli rol oynamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji Dengesi, Evapotranspirasyon, Kümeleme Analizi, METRIC, Sıcak ve Soğuk Hücre, Uzaktan Algılama.



## EVALUATION OF THE EFFECTS OF ALTERNATIVE COLD AND HOT CELLS ON EVAPOTRANSPIRATION MAPPING IN THE METRIC

### ABSTRACT:

Both satellite data and meteorological data are used as inputs to obtain evapotranspiration (ET) maps with the METRIC model. Sensible heat flux (H) calculations are one of the most important stages of the METRIC model. In most models, the H account called the hot and cold calibration process based on pixels comprises two end conditions. Many parameters of cold and hot pixels are used in calibration. It is important to determine which of the parameters used affect the ET map at what level. This study was carried out for Suluova agricultural lands in semi-arid climatic conditions. In the study, LANDSAT 5-TM satellite images dated 25 June 2007 and 4 July 2010 and climate data obtained from the The Turkish State Meteorological Service (MGM) were used. METRIC model was used for the processing of satellite images and ET mapping. The aims of the study; evaluation of the differences caused by different combinations of cold and warm cells in ET maps and the analysis of each of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Surface Temperature (Ts), Net radiation (Rn), Soil Heat Flux (G) and albedo ( $\alpha$ ) parameters of cold and hot pixels. It is to determine the effect on ET maps. In study, ET maps were obtained by selecting more than one cold and hot pixel in satellite images. One of the most suitable extreme conditions of cold and hot pixel others represents user error that extreme conditions can be selected. One of the ET maps obtained in both satellite images in the study was considered the most suitable ET map. Statistical methods carried out a comparison of the most appropriate ET map with the others. As a result of the analysis, it was determined that the hot pixel parameters were more effective in the satellite image dated June 25, 2007 and the cold pixel parameters in the satellite image dated July 4, 2010. Overall, Rn plays an essential role in the error in ET maps.

**Keywords:** Cluster Analysis, Energy Balance, Evapotranspiration, Hot and Cold Pixels, METRIC, Remote Sensing.



### 1. GİRİŞ

Evapotranspirasyonun (ET) doğru bir şekilde tahmini bitki su ihtiyacının belirlenmesinde, su kaynaklarının planlanması ve yönetiminde, özellikle su kaynaklarının kıt olduğu kurak ve yarı-kurak bölgelerde su tasarrufu açısından oldukça önemlidir. Etkin bir su yönetimi, başarılı bir su tasarruf planının en temel bileşenlerinden biridir (Mondejar-Jimenez et al., 2011; Ferrari et al., 2010). Günümüzde uzaktan algılama uydu verileri aracılığıyla uydu görüntüsünün her bir hücresindeki ET hakkında zamansal ve mekansal olarak bilgi edinmeye olanak tanımaktadır (Lin et al., 2011; Irmak and Kamble, 2009; Ramos et al., 2009).

Son zamanlarda ET'nin mekansal dağılımını belirlemek için geliştirilmiş farklı yöntemlerden bahsedilmektedir (Choi et al., 2009). Bastiaanssen (1995) tarafından geliştirilen Arazi için Yüzey Enerji Dengesi Algoritması (SEBAL) modelinden, Allen et al. (2005) tarafından üretilen Evapotranspirasyonun Haritalanmasında Yüksek Çözünürlük ve İçsel Kalibrasyon Modeli (METRIC), toprak yüzeyindeki enerji bütçesinden elde edilen ET'nin mekansal ve zamansal dağılımını tahmin etmektedir (Mokhtari et al., 2013). Ayrıca birçok araştırmacı tarafından belirtildiğine göre, uzaktan algılama teknikleriyle ET haritalama yarı-kurak bölgelerde doğru ve düşük maliyetle ET tahminine olanak sağlamaktadır (Allen ve Bastiaanssen, 2005; Chavez et al., 2009; Conrad et al., 2007; Hendrickx et al., 2007; Tasumi et al., 2005b; Trezza, 2006). ET'yi tahmin etmek için kullanılan enerji dengesi modelleri termal kızılotesi radyansa dayanan yüzey sıcaklığı verisine ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca METRIC modeli iki uç koşula göre içsel kalibrasyon işlemlerini içermektedir. Bu uç koşullar sıcak ve soğuk koşullar olarak adlandırılmaktadır (Allen et al., 2007). Ek olarak hissedilebilir ısı akısı (H) ve yüzey sıcaklığı atmosfer sıcaklığı farkı olan  $dT$ 'nin içsel kalibrasyonu, yüzey sıcaklığı ( $T_s$ ) ve albedonun ( $\alpha$ ) atmosferik doğrulamasını ortadan kaldırmaktadır (Tasumi et al., 2005a, b).

SEBAL farklı iklim koşullarına sahip 30'dan fazla ülkede uygulanmış ve çeşitli çalışmalarda modelin doğruluğunun anlık ET için %67 ile %95 arasında olduğu, günlük ET için %70 ile %98 arasında olduğu bildirilmiştir (Bastiaanssen et al., 2005). Ek olarak, lizimetre ölçümlerine göre, ET tahmininde METRIC modelinin hata oranı ise günlük, aylık ve yıllık bazda ortalama %10 olduğu belirtilmiştir (Allen et al., 2005). Ayrıca, %14.7, %8.1, %1.5 ve %-7.4 olan hatalar farklı sulama yönetimleri ve farklı bitki tipleri üzerinde METRIC modeli ile elde edilen ET tahminleri, toprak su bütçesi yönteminden elde edilen ET ile karşılaştırılarak rapor edilmiştir (Chavez et al., 2007). Önceki çalışmalar yeterli bulunmasına rağmen, iklim koşulları ve bitki çeşitliliği gibi sebeplerden dolayı modelin uygulanabilirliği ve hata kaynaklarının araştırılması tavsiye edilmektedir (Gowda et al., 2008). Hatalar parametreler üzerine uygulanan çeşitli istatistiksel analizlerle tanımlanarak azaltılabilir (Nakane and Haidary, 2010; Mokhtari et al., 2013).

Yapılan araştırmalarda enerji dengesinin önemli bileşenlerinden hissedilebilir ısı akısının, sıcak ve soğuk hücre olarak adlandırılan iki referans noktaya üst düzeyde duyarlı olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle SEBAL ve METRIC gibi modellerde uygun sıcak ve soğuk hücre seçimi ET'nin doğru tahmini için oldukça önemlidir (Timmermans et al., 2007; Long et al., 2011; Bastiaanssen, 1995; Wang et al., 2009). METRIC modeline göre sıcak ve soğuk koşulu sağlayan hücreler tarım arazilerine denk gelen hücrelerden elle seçilmektedir (Allen et al., 2005; 2007; Gowda et al., 2008). Bilindiği gibi bir uydu görüntüsü çok fazla sayıda hücreden (Örneğin LANDSAT 5 için  $3.5 \times 10^7$  adet) oluşmaktadır. Bu nedenle bu seçim oldukça zor ve zahmetlidir. Bu amaçla bazı araştırmacılar soğuk ve sıcak hücre seçiminde ortak bir görüntü işleme yazılımında otomatik olarak seçimler yapmışlardır. Fakat

çalışmalarında araştırmacılar en güvenilir seçimin elle seçim olduğunu özellikle vurgulamaktadırlar (Allen et al., 2013). Bu yüzden sıcak ve soğuk hücre seçiminde yapılacak olan hata, kalibrasyona gerek duyan dT, rah, H gibi parametrelerin hesabında dolayısıyla da ET haritalarında hatalara neden olacaktır.

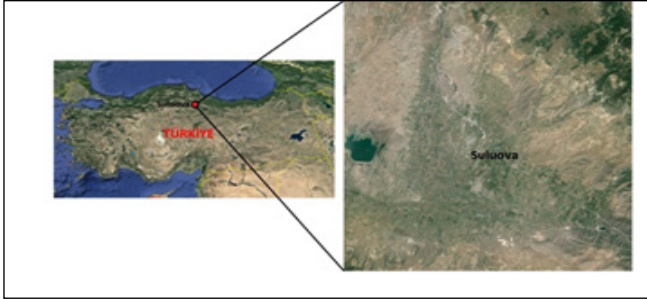
Bu çalışmanın amacı, soğuk ve sıcak hücre seçiminde yapılan hataların ET haritalarına etkisinin tespit edilmesi ve ET haritalamada soğuk ve sıcak hücrelerin seçiminde hataya neden olan parametrelerin çeşitli istatistiksel analizlerle değerlendirilmesidir. Çalışma yarı-kurak iklim koşullarına sahip Amasya İli, Suluova ilçesi için yürütülmüş ve LANDSAT 5-TM uydu görüntüleri kullanılmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Materyal

#### 2.1.1. Çalışma Alanına İlişkin Bilgiler

Çalışma Amasya iline bağlı Suluova ilçesi tarım arazileri için yürütülmüştür (Şekil 1). Suluova, Amasya'nın 25 km batısında yer almaktadır. Başlıca temel geçim kaynağını tarım ve hayvancılık oluşturmaktadır. İlçe alanının %59'u tarım arazisi, %16'sı çayır-mera, %9.8'i orman-çalılık ve %15.2'si kıraç alanlardan oluşmaktadır. Suluova'nın başlıca su kaynakları Tersakan Irmağı ve Yedikır Barajı'dır. Ayrıca bazı köylerde sulama amaçlı kullanılan suni göletler bulunmaktadır. Yedikır Barajı ile birlikte sulu tarıma geçilen Suluova ilçesinde, sanayi bitkilerinin yanında bağ ve bahçe tarımı (meyvecilik, sebzeçilik) yapılmaya başlanmıştır.



Şekil 1. Çalışma Alanı Coğrafik Konumu

Figure 1. Geographical Location of the Study Area

### 2.1.2. Çalışmada Kullanılan İklim Verileri

Bu çalışmada uydu görüntülerinin işlenmesinde saatlik iklim verilerinden yararlanılmıştır. Atmosfer sıcaklığı (Ta), atmosferik basınç (P), oransal nem (RH), güneş radyasyonu (Rs) ve rüzgar hızı (u) verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne (MGM) bağlı Amasya meteoroloji istasyonundan temin edilmiştir. Son 30 yıllık iklim verilerine göre ortalama sıcaklık değeri 13.7 °C iken ortalama oransal nem değeri %60'dır. Ortalama yıllık toplam yağış değeri ise 460.0 mm'dir.

### 2.1.3. Çalışmada Kullanılan Uydu Verileri

Bu çalışma için Amasya merkezli 25 Haziran 2007 ve 4 Temmuz 2010 tarihli 2 adet LANDSAT 5-TM uydu görüntüsü temin edilmiştir. LANDSAT 5-TM uydusunun spektral çözünürlüğü 0.45-12.5 µm, radyometrik çözünürlüğü 8 bit, zamansal çözünürlüğü 6 gün, tarama genişliği 185x170 km ve yörünge yüksekliği 705.0 km' dir. LANDSAT 5-TM uydusu, 1 tanesi termal olmak üzere toplam 7 banda sahiptir (Anonim, 2020).

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1. Uydu Görüntülerinde Sıcak ve Soğuk Hücrenin Seçilmesi ve ET Haritalama

Çalışmada ET'nin haritalanmasında uydu görüntüleri ve iklim verileri kullanılarak yüzey enerji dengesine dayanan METRIC modeli kullanılmıştır. Enerji dengesinin genel eşitliği Eşitlik 1'de verildiği gibidir. Eşitlikte gizli ısı akısı (LE), net Radyasyon (Rn), hissedilebilir ısı akısı (H) ve toprak ısı akısı (G)'nin birimleri W m<sup>-2</sup> cinsindedir (Allen et al., 2002; Tasumi et al., 2005a; Allen et al., 2005, 2007; Kjaersgaard et al., 2009; Mokhtari et al., 2013).

$$LE = Rn - H - G \quad (1)$$

Çalışmada öncelikle Rn hesabında kullanılan vejetasyon indekslerinden albedo (α), Normalize Edilmiş Vejetatif Değişim İndeksi (NDVI), Toprak Yansımalarını Dikkate Alan Vejetasyon İndeksi (SAVI) ve Yaprak Alan İndeksi (YAI) ve termal bant verisi ile vejetasyon indekslerine dayanan yüzey sıcaklığı (Ts) hesaplamaları detayları Allen et al. (2007)'de verildiği gibi yapılmıştır. METRIC modeli, H hesabında türbülanslı değişim süreçleri ve termal konveksiyonu dikkate alan standart Monin-Obukhov teoremini esas almaktadır. H Eşitlik 2'de verildiği gibi hesaplanmıştır. Burada, ρ havanın yoğunluğu (kg m<sup>-3</sup>), Cp hava sabitesi (J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>), dT yüzey sıcaklığı ile atmosfer sıcaklığı arasındaki fark (°C) ve rah aerodinamik dirençtir (s m<sup>-1</sup>) (Bastiaanssen et al., 1998; Bastiaanssen and Boss, 1999; Bastiaanssen et al., 2001; Allen et al., 2005, 2007).

$$H = \frac{\rho \times C_p \times dT}{r_{ah}} \quad (2)$$

Rah ve H parametreleri uydu görüntüsünün her bir hücresinde birbiriyle ilişkili ve belirsizdir. Bu nedenle hesaplamalarında iterasyona gerek duyulmaktadır. Yüzey sıcaklığı ve atmosfer sıcaklığı parametrelerinden oluşan dT hesabında ise, METRIC modelinin belirttiği gibi, soğuk ve sıcak olmak üzere iki uç nokta arasında kalibrasyon işlemine ihtiyaç duyulmaktadır. Model uç koşulların doğru bir şekilde belirlenmesi ile daha yüksek doğrulukla görüntü işlemeye olanak sağlamaktadır. METRIC modeline göre, bu uç koşullar tarımsal alanlardan belirlenmektedir. Çünkü 30 m'lik çözünürlükte, doğal alanlarla karşılaştırıldığında tarımsal alanlarda farklılık daha azdır. Kalibrasyon noktaları toprak tamamen bitki örtüsüyle kaplı vejetasyon durumu yüksek ve bitki örtüsünün bulunmadığı çıplak veya çok az vejetasyona sahip tarım alanlarından belirlenmektedir. Toprak tamamen bitki örtüsüyle kaplı yeşil vejetasyona sahip alanlarda Ts ve dT değerleri yüksek buharlaşmadan dolayı düşüktür. Bu koşulu sağlayan yerler soğuk koşul olarak adlandırılırlar. Bitki örtüsünden yoksun, kuru ve çıplak toprak özelliklerine sahip yeni sürülmüş bir toprak yüzeyinin çok fazla ısınmasından dolayı Ts ve dT değerleri yüksektir. Bu koşulu sağlayan yerler ise sıcak koşul olarak adlandırılmaktadır (Allen et al., 2013). Bu çalışmada belirlenen soğuk hücreler; NDVI değeri yüksek (0.75-0.85 arasında), Ts değeri düşük (295-297 °K arasında) ve sıcak hücreler; NDVI değeri düşük (0.08-0.17 arasında), Ts değeri yüksek (316-320 °K arasında) tarım alanlarından görüntüler incelenerek gözle seçilmiştir. dT değerleri ile aynı hücrelerin Ts değerleri kullanılarak elde edilen doğrusal regresyonla  $dT = a + bTs$  eşitliğinin a ve b katsayıları belirlenmiştir. Ardından uydu görüntüsünün her bir hücresi için ilk dT hesabı yapılmıştır.

Bu çalışmada soğuk ve sıcak hücre seçimleri, yukarıda verilen temel yaklaşımlara göre, ele alınan iki uydu görüntüsünün her biri için belirlenmiştir. Böylece seçilen bu hücreler her bir uydu görüntüsü için esas soğuk (C1) ve sıcak (H1) hücreler olarak dikkate alınmıştır. Buna ek olarak, C1 ve H1 kullanılarak üretilen ET haritaları esas ET haritaları (ET1) olarak değerlendirilmiştir. METRIC ve SEBAL gibi modellerde soğuk ve sıcak hücrelerin çeşitli algoritmalarla otomatik olarak seçilmesi üzerine yapılmış bazı çalışmalar bulunsa da, Allen et al. (2013)'e göre tecrübeli bir uzman tarafından gözle seçim en güvenilir olanıdır. Bu alanda yapılan çalışmaların büyük bir çoğunluğunda soğuk ve sıcak hücre seçimi gözle yapılmaktadır. Ancak, büyük bir uydu görüntüsünde, çeşitli filtreleme teknikleri uygulanırsa ve yukarıda yer verilen temel yaklaşımlar dikkate alınsa bile, seçimde kimi zaman hata yapılabilmektedir. Bu çalışmada her bir uydu görüntüsü için, farklı soğuk ve sıcak hücreler belirlenmiştir. C1 ve H1'den farklı olarak, 25 Haziran 2007 tarihli uydu görüntüsü için 5 adet soğuk hücre (C2, C3, C4, C5 ve C6) ve 5 adet sıcak hücre (H2, H3, H4, H5 ve H6), 4 Temmuz 2010 tarihli uydu görüntüsü için 4 adet soğuk hücre (C2, C3, C4 ve C5) ve sıcak hücre (H2, H3, H4 ve H5) belirlenmiştir.

Çalışmada farklı tarihlerde sıcak ve soğuk hücre sayısı aynı değildir. Çünkü hataya sebep olabilecek sıcak ve soğuk hücreler çalışmaya dahil edilmiştir. Böylece 25 Haziran 2007 tarihli uydu görüntüsü için, soğuk ve sıcak hücre kombinasyonları ile toplam 36 farklı ET haritası (ET1, ET2,...ET36), 4 Temmuz 2010 tarihli görüntü için toplam 25 farklı ET haritası (ET1, ET2,...ET25) hazırlanmıştır (Çizelge 1 ve 2).

**Çizelge 1.** 25 Haziran 2007 tarihli uydu görüntüsü için farklı sıcak ve soğuk hücrelerden elde edilen ET haritalarının kısaltmaları

**Table 1.** Abbreviations of ET maps obtained from different hot and cold pixels for satellite image dated June 25, 2007

<b>Sıcak Hücre</b> <b>Soğuk Hücre</b>	<b>H1 (esas)</b>	<b>H 2</b>	<b>H 3</b>	<b>H 4</b>	<b>H 5</b>	<b>H 6</b>
<b>C1 (esas)</b>	ET1(esas)	ET2	ET3	ET4	ET5	ET6
<b>C2</b>	ET7	ET8	ET9	ET10	ET11	ET12
<b>C 3</b>	ET13	ET14	ET15	ET16	ET17	ET18
<b>C 4</b>	ET19	ET20	ET21	ET22	ET23	ET24
<b>C 5</b>	ET25	ET26	ET27	ET28	ET29	ET30
<b>C 6</b>	ET31	ET32	ET33	ET34	ET35	ET36

**Çizelge 2.** 4 Temmuz 2010 tarihli uydu görüntüsü için farklı sıcak ve soğuk hücrelerden elde edilen ET haritalarının kısaltmaları

**Table 2.** Abbreviations of ET maps obtained from different hot and cold pixels for satellite image dated July 4, 2010

<b>Sıcak Hücre</b> <b>Soğuk Hücre</b>	<b>H1 (esas)</b>	<b>H 2</b>	<b>H 3</b>	<b>H 4</b>	<b>H 5</b>
<b>C1 (esas)</b>	ET1(esas)	ET2	ET3	ET4	ET5
<b>C2</b>	ET6	ET7	ET8	ET9	ET10
<b>C 3</b>	ET11	ET12	ET13	ET14	ET15
<b>C 4</b>	ET16	ET17	ET18	ET19	ET20
<b>C 5</b>	ET21	ET22	ET23	ET24	ET25



ET haritalarını elde etmek için, her bir soğuk ve sıcak hücre kombinasyonu kullanılarak, her bir kombinasyon için ayrı bir H hesabı yapılmıştır. Bu hesaplama için, Allen et al. (2007)'de verilen yöntemler izlenmiştir. İlk olarak her bir kombinasyon için 'Ts ve dT' ye ilişkin kalibrasyon denklemleri elde edilmiştir. Bu denklemlerin elde edilmesinde bu hücrelerin Ts, Rn, G ve zom değerleri kullanılmaktadır. Bu işlemin ardından stabilite doğrulamasının tamamlanması için iterasyon işlemleri yürütülmüştür. Elde edilen H haritaları kullanılarak yukarıda açıklandığı gibi, günlük ET haritaları oluşturulmuştur.

### 2.2.2. İstatistiksel Analiz ve Değerlendirme

Bu çalışmada bir dizi istatistiksel analiz yapılmıştır. Çalışmada uydu görüntüleri işlenerek çeşitli haritalar elde edilmiştir. Bu haritaları oluşturan sayısal verilerle istatistiksel analiz yapılabilmesi için, bu sayısal verilerin harita formatında değil, numerik formatta kullanılması gerekmektedir. Bu amaçla, uydu görüntülerinde çalışma alanı olan Suluova tarım arazileri kesilerek ayrılmış, ardından bu alanın sayısal verileri, her bir hücre bazında, koordinatlarına göre metin dosyası olarak kayıt edilmiştir. Son olarak bu sayısal değerler istatistiksel analizlerin yürütüleceği yazılımlara aktarılmıştır.

Çalışmada enerji dengesinin temel parametreleri olan NDVI, Ts, Rn ve G aralarındaki ilişkilerin değerlendirilmesi amacıyla regresyon analizleri yürütülmüş ve dağılım grafikleri hazırlanmıştır. Ardından Çizelge 1 ve 2' de kısaltmaları verilen ET haritalarının her birine ait olan sayısal veriler koordinatları temel alınarak istatistiksel analiz yapılmak üzere, ilgili yazılımlarda yan yana sütunlara yerleştirilmiştir. Her bir uydu görüntüsü için ET1 veri dizisi ile diğer ET veri dizilerinin (ET2, ET3, ET4...) karşılaştırması ve uyumunun değerlendirilmesi için  $r^2$  (determinasyon katsayısı) ve RMSE (hata kareleri ortalamasının karekökü) hesaplamaları yapılmıştır.

Çalışmada elde edilen RMSE değerleriyle soğuk ve sıcak hücrenin NDVI, Ts, Rn, G ve  $\alpha$  parametreleri arasında korelasyon analizi sonucunda korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Böylece her iki uydu görüntüsünde hata üzerine etkili parametreler daha kolay belirlenerek yorumlanmıştır. Farklı soğuk ve sıcak hücre kombinasyonlarına göre hazırlanan ET haritalarında, esas olarak göz önünde tutulan ET1' e göre hataya NDVI, Ts, Rn, G ve  $\alpha$  parametrelerinin hangisinin daha fazla etki ettiğinin belirlenmesi için kümeleme analizleri yürütülmüştür. Kümeleme analizleri bir önceki aşamada hesaplanan RMSE değerlerine göre yapılmıştır. Kümeleme analizi istatistiksel bir yazılım (SPSS 21.0) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kümeleme analizinde küme sayısı önceden bilinmediğinden hiyerarşik kümeleme analizi kullanılmıştır. Kümeleme analizinde kareli öklit uzaklığıyla değişkenlerin aralarındaki yakınlık uzaklık ilişkisine göre, değişkenlerdeki benzerlikler belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada kümeleme analizi yapılmasındaki amaç, değişken

sayısını daha aza indirip, değişkenlerin hataya etkisini daha kolay yorumlayabilmektir. Böylece, soğuk ve sıcak hücre seçiminin ET haritalamada neden olduğu hatanın en çok hangi enerji dengesi bileşeninden kaynaklandığı belirlenmiştir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Referans Bitki Su Tüketimi Bulguları

Çalışma alanına en yakın meteoroloji istasyonları olan Amasya için MGM Amasya istasyonundan temin edilen iklim verileri kullanılarak, ASCE EWRI (2005) ve Allen et al. (1998)' de verilen yöntemler esas alınarak, 25 Haziran 2007 ve 4 Temmuz 2010 tarihleri için saatlik ve günlük ETr değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan günlük referans ET değerleri sırasıyla 7.3 mm ve 6.62 mm'dir. Uydu görüntüsünün kayıt edildiği saatteki ETr değerleri ise 0.68 mm h<sup>-1</sup> ve 0.70 mm h<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır.

#### 3.2. Çalışma Alanının Sıcak ve Soğuk Hücre Bulguları

Çalışmada esas olarak belirlenen sıcak ve soğuk hücre değerleri ve diğer sıcak ve soğuk hücre değerleri Ts ve NDVI haritalarına bağlı olarak belirlenmiştir. Belirlenen soğuk ve sıcak hücelere ilişkin Ts, NDVI, Rn ve G değerleri Çizelge 3 ve 4'te verildiği gibidir. 25 Haziran 2007 ve 4 Temmuz 2010 tarihli uydu görüntüsünde esas soğuk hücrenin (C1) Ts değeri diğer soğuk hücreler için belirlenen Ts değerlerinin en düşüğü (25 Haziran 2007 ve 4 Temmuz 2010 uydu görüntüsü için sırasıyla 295.559 °K ve 298.292 °K), esas sıcak hücrenin (H1) Ts değeri diğer sıcak hücreler için bulunan Ts değerinin ise en büyüğüdür (25 Haziran 2007 ve 4 Temmuz 2010 uydu görüntüsü için sırasıyla 319.359 oK ve 317.845 °K). Ortalama sıcak ve soğuk hücreler sırasıyla genel olarak 25 Haziran 2007 tarihli uydu görüntüsünde 295.559-297.592 °K ve 317.080-319.359 °K arasında değişirken, 4 Temmuz 2010 tarihli uydu görüntüsünde 298.292-299.947 °K ve 315.541-317.845 °K arasında değişmektedir. Bhattarai et al., (2017)'de yapılan bir çalışmada, ET haritalanmasında sıcak ve soğuk hücrelerin seçiminde otomatik bir yaklaşım kullanılmıştır. Bu yaklaşımda sıcak ve soğuk hücre Ts değerlerini seçmede 273-335 °K arası değerler baz alınmıştır. Bu çalışmada elde edilen sıcak ve soğuk hücre bulgularının daha önce yapılan bu çalışma ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 3.** 25 Haziran 2007 tarihli uydu görüntüsü için belirlenen soğuk ve sıcak hücrelerin Ts, NDVI, Rn, G ve  $\alpha$  değerleri

**Table 3.** Ts, NDVI, Rn, G, and  $\alpha$  values of cold and hot pixels determined for the satellite image dated June 25, 2007

Soğuk Hücre (C), Sıcak Hücre (H)	Ts (°K)	NDVI	Rn (W m <sup>-2</sup> )	G (W m <sup>-2</sup> )	$\alpha$
C1 (esas)	295.559	0.810	635.646	45.349	0.231
C2	296.650	0.861	662.941	37.432	0.189
C3	296.698	0.850	663.281	39.610	0.189
C4	297.592	0.845	618.724	41.678	0.233
C5	295.593	0.802	652.087	46.836	0.214
C6	296.893	0.807	656.095	48.127	0.201
H1 (esas)	319.359	0.126	518.812	129.225	0.215
H2	317.080	0.097	537.164	126.738	0.212
H3	318.604	0.115	532.085	128.806	0.206
H4	318.224	0.135	539.250	128.533	0.201
H5	318.463	0.091	539.181	127.422	0.207
H6	319.357	0.168	568.928	130.921	0.160

**Çizelge 4.** 4 Temmuz 2010 tarihli soğuk ve sıcak hücrelere ilişkin belirlenen soğuk ve sıcak hücrelerin Ts, NDVI, Rn, G ve  $\alpha$  değerleri

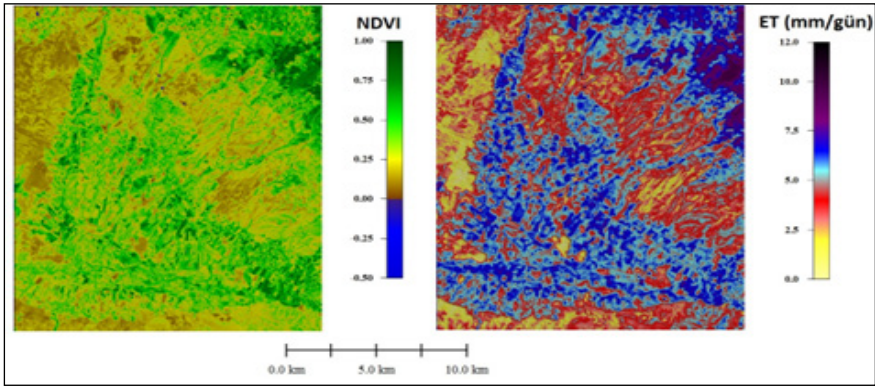
**Table 4.** Ts, NDVI, Rn, G and  $\alpha$  values of cold and hot pixels determined for cold and hot pixels dated July 4, 2010

Soğuk hücre (C), Sıcak hücre (H)	Ts (°K)	NDVI	Rn (W m <sup>-2</sup> )	G (W m <sup>-2</sup> )	$\alpha$
C1 (esas)	298.292	0.784	709.547	52.844	0.122
C2	298.987	0.824	642.517	47.379	0.191
C3	298.606	0.813	689.407	48.610	0.141
C4	299.947	0.800	654.964	53.264	0.172
C5	299.223	0.864	637.090	39.190	0.191
H1 (esas)	317.845	0.079	531.210	126.120	0.204
H2	315.541	0.117	578.055	123.648	0.168
H3	315.928	0.101	583.292	124.245	0.159
H4	316.697	0.109	571.685	125.309	0.167
H5	317.081	0.100	556.439	125.677	0.181

Çalışmada 25 Haziran 2007 tarihli uydu görüntüsü için esas olarak belirlenen soğuk ve sıcak hücrenin Rn ve G değerleri sırasıyla 635.646 W m<sup>-2</sup> ile 45.349 W m<sup>-2</sup> ve 518.812 W m<sup>-2</sup> ile 129.225 W m<sup>-2</sup>'dir (Çizelge 3). Çizelge 4'te belirtildiği gibi, 4 Temmuz 2010 tarihine ait görüntüde soğuk ve sıcak hücre için Rn ve G değerleri ise sırasıyla 709.547 W m<sup>-2</sup> ile 52.844 W m<sup>-2</sup> ve 531.210 W m<sup>-2</sup> ile 126.120 W m<sup>-2</sup> olarak belirlenmiştir.

### 3.3. Çalışma Alanının NDVI ve Evapotranspirasyon Haritaları

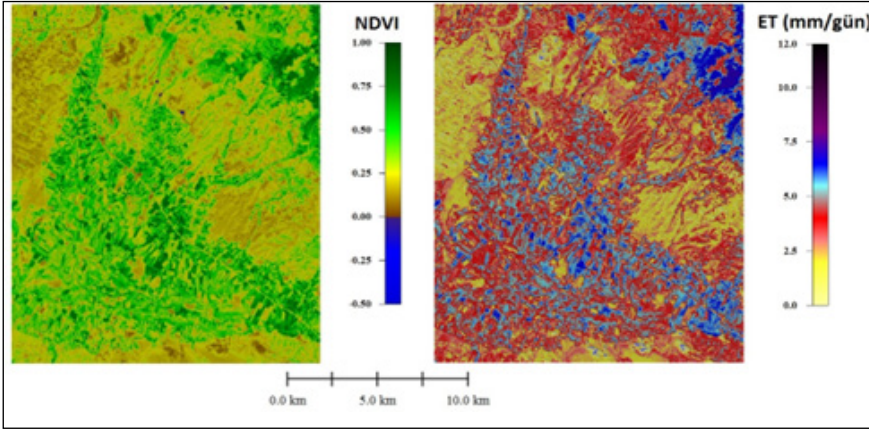
Çalışmada esas olarak seçilen sıcak ve soğuk hücre ile işlenen, Amasya ili, Suluova ilçesine ait 25 Haziran 2007 tarihli görüntüye ilişkin NDVI ve ET haritaları Şekil 2'de verildiği gibidir. Haritalardan görüldüğü gibi, genel olarak NDVI değerlerinin yüksek olduğu alanlarda ET değerleri de yüksek değerler almıştır. Blindığı gibi, tarım alanlarında gerçekleşen ET değerlerinin tespit edilmesinde bitki katsayısı ve referans bitki su tüketimi değerleri çarpılmaktadır (Allen et al., 1998). METRIC modelinde  $E_{Tr}$ , yonca bitkisinin referans bitki su tüketimi,  $E_{TrF}$  ise, yonca bitkisinin bitki katsayısı olarak tanımlanmaktadır. METRIC modelinde soğuk hücrenin  $E_{TrF}$  değeri 1,05 olarak alınmaktadır (Allen et al., 2007; Allen et al., 2013). Bu nedenle gelişim seviyesi yüksek iyi sulanan bir bitkinin ET değerleri  $E_{To} \times 1,05$  değerine yakın olacaktır. Çalışma alanında elde edilen  $E_{Tr}$  değerlerine göre, çalışmada ET değerleri yüksek olan tarım alanları daha çok ET'nin potansiyel durumda olduğu sulu tarım arazilerini göstermektedir. Bu alanların  $T_s$  değerlerinin soğuk hücrenin  $T_s$  değerlerine yakın olduğu tespit edilmiştir. ET haritasında genel olarak ET değerlerinin düşük olduğu yerler, sıcak hücreye yakın  $T_s$  değerlerine sahip bitki örtüsünden yoksun çıplak toprakları ifade etmektedir.



**Şekil 2.** 25.06.2007 tarihli uydu görüntüsüne ilişkin Amasya-Suluova ilçesi NDVI ve ET haritaları

**Figure 2.** NDVI and ET maps of Amasya-Suluova district related to satellite image dated June 25, 2007

Çalışmada esas olarak seçilen sıcak ve soğuk hücre ile METRIC modeli kullanılarak elde edilen 4 Temmuz 2010 tarihli görüntüye ait NDVI ve ET haritaları Şekil 3'de verilmiştir. NDVI ve ET arasında 25 Haziran tarihli görüntüden elde edilen sonuçlarla benzer bir ilişki söz konusudur. Fakat genel olarak 2010 yılında elde edilen haritalarda 2007 yılından daha düşük değerlere sahip NDVI ve ET değerleri tespit edilmiştir.

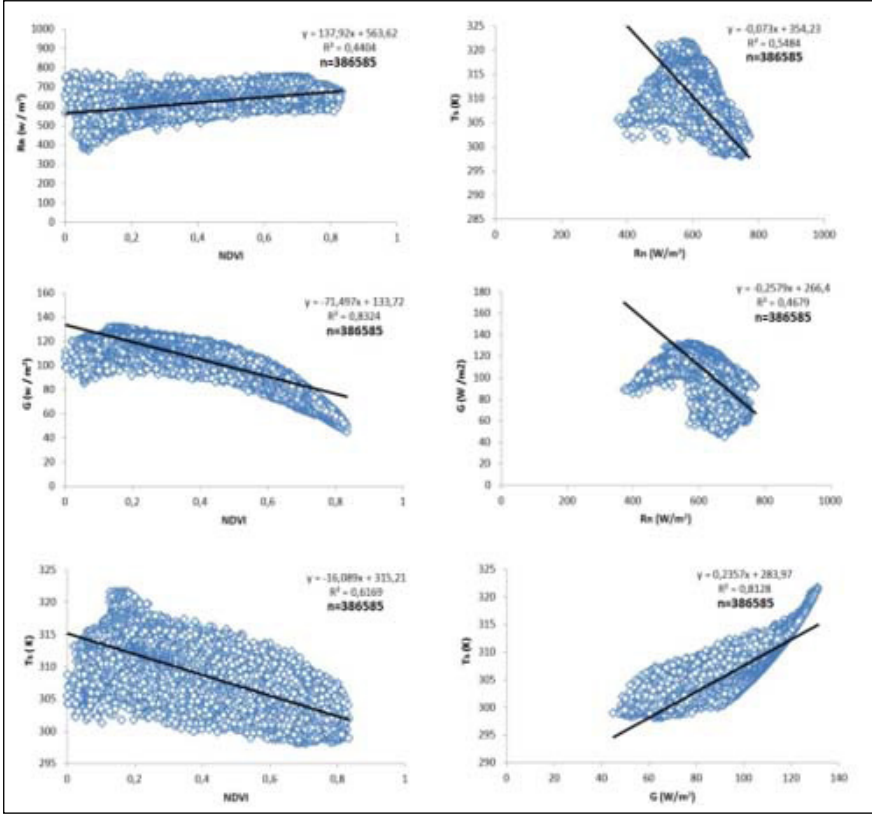


**Şekil 3.** Amasya-Suluova ilçesine ait 4 Temmuz 2010 tarihli NDVI ve ET haritaları

**Figure 3.** GNDVI and ET maps of Amasya-Suluova district dated July 4, 2010

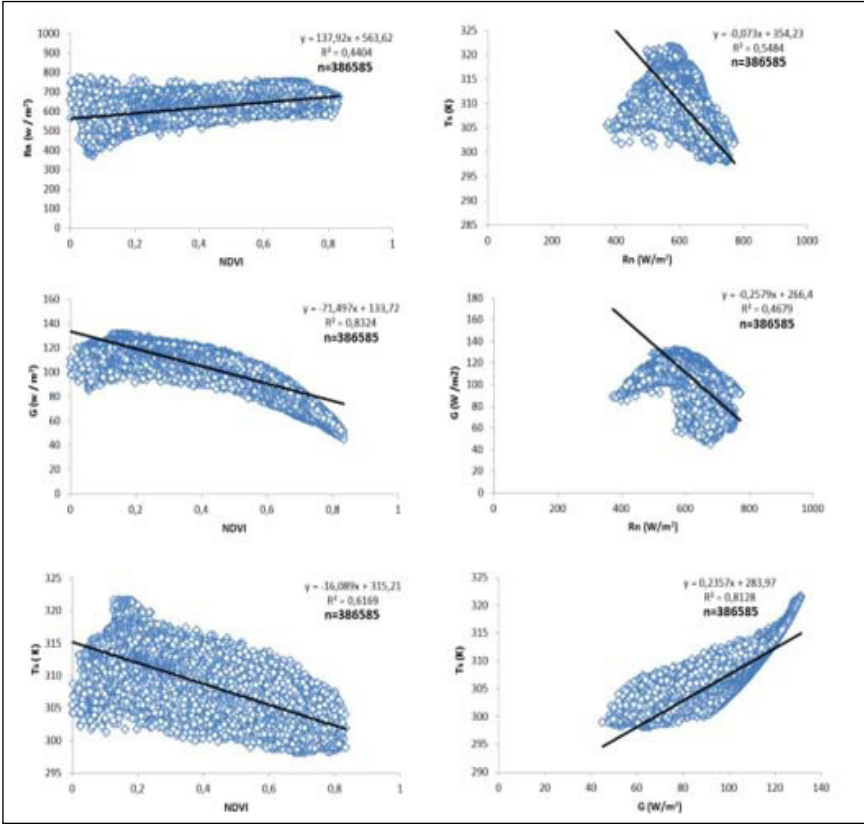
### 3.4. İstatistiksel Analiz ve Değerlendirme

Çalışmada enerji dengesinin temel parametreleri (NDVI, Ts, Rn ve G) arasında ilişkileri gösteren dağılım grafikleri, regresyon denklemleri ve determinasyon katsayıları Şekil 4 ve 5'te verilmiştir. 25 Haziran tarihli uydu görüntüsünden elde edilen  $r^2$  değerleri NDVI ve Rn arasında 0.4404, NDVI ve G arasında 0.8324, NDVI ve Ts arasında 0.6169, Rn ile Ts arasında 0.5484, Rn ile G arasında 0.4679, G ile Ts arasında 0.8128 olarak bulunmuştur (Şekil 4). 4 Temmuz 2010 tarihli görüntüden elde edilen haritalardan elde edilen değerlere göre  $r^2$  değerleri NDVI ve Rn arasında 0.3820, NDVI ve G arasında 0.7785, NDVI ve Ts arasında 0.5382, Rn ile Ts arasında 0.5874, Rn ile G arasında 0.4082, G ile Ts arasında 0.8021 olarak saptanmıştır (Şekil 5).  $r^2$ 'nin genellikle + 1'e yakın olması değişkenler arasında pozitif yönlü güçlü bir doğrusal ilişkinin varlığını işaret etmektedir. Burada genel olarak enerji dengesi bileşenlerinden NDVI ile G arasında ve G ile Ts arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki mevcuttur.



**Şekil 4.** 25 Haziran 2007 tarihli görüntü için enerji dengesi parametrelerinden olan NDVI, Ts, Rn ve G arasında ilişkileri gösteren dağılım grafikleri, regresyon denklemleri ve determinasyon katsayıları

**Figure 4.** For the image dated June 25, 2007, distribution charts showing the relationships among energy balance parameters NDVI, Ts, Rn, G, regression equations, and determination coefficients



**Şekil 5.** 4 Temmuz 2010 tarihli görüntü için enerji dengesi parametrelerinden olan NDVI, Ts, Rn ve G arasında ilişkileri gösteren dağılım grafikleri, regresyon denklemleri ve determinasyon katsayıları

**Figure 5.** Distribution graphs showing the relationships among energy balance parameters NDVI, Ts, Rn, G for the image dated July 4, 2010, regression equations, and determination coefficients

Çalışmada her iki uydu görüntüsü için elde edilen esas ET1 sayısal veri seti ile diğer ET sayısal veri setleri (ET2, ET3, ET4...) arasında hesaplanan  $r^2$  değerleri Çizelge 5'te verilmiştir. Çizelgede verilen  $r^2$  değerlerine göre, esas olarak seçilen soğuk ve sıcak hücreyle haritalanan ET1 ve diğer ET'ler arasında yüksek anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir.

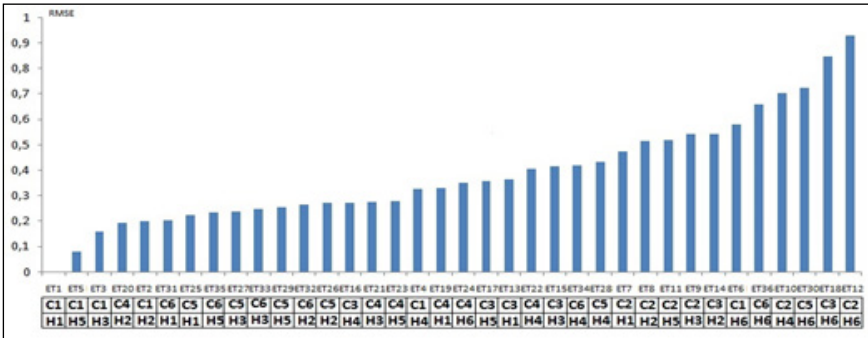


**Çizelge 5.** 25 Haziran 2007 ve 4 Temmuz 2010 tarihli görüntüleri ait ET1 ile diğer ET kombinasyonları arasında  $r^2$  değerleri

**Table 5.**  $r^2$  values between ET1 and other ET combinations from images dated June 25, 2007, and July 4, 2010

25 Haziran 2007								04 Temmuz 2010					
$r^2$	$r^2$		$r^2$		$r^2$		$r^2$	$r^2$		$r^2$			
ET1	1.000	ET10	0.988	ET19	0.989	ET28	0.999	ET1	1.000	ET10	0.967	ET19	0.966
ET2	0.991	ET11	0.994	ET20	0.999	ET29	0.989	ET2	0.995	ET11	0.998	ET20	0.970
ET3	0.992	ET12	0.990	ET21	0.989	ET30	0.992	ET3	0.997	ET12	0.991	ET21	0.976
ET4	0.990	ET13	0.989	ET22	0.990	ET31	0.990	ET4	0.996	ET13	0.994	ET22	0.963
ET5	1.000	ET14	0.997	ET23	0.989	ET32	0.990	ET5	0.998	ET14	0.993	ET23	0.968
ET6	0.988	ET15	0.989	ET24	0.987	ET33	0.990	ET6	0.973	ET15	0.996	ET24	0.966
ET7	0.987	ET16	0.987	ET25	0.990	ET34	0.990	ET7	0.961	ET16	0.976	ET25	0.969
ET8	0.975	ET17	0.997	ET26	0.999	ET35	0.989	ET8	0.966	ET17	0.963		
ET9	0.987	ET18	0.997	ET27	0.999	ET36	0.998	ET9	0.964	ET18	0.968		

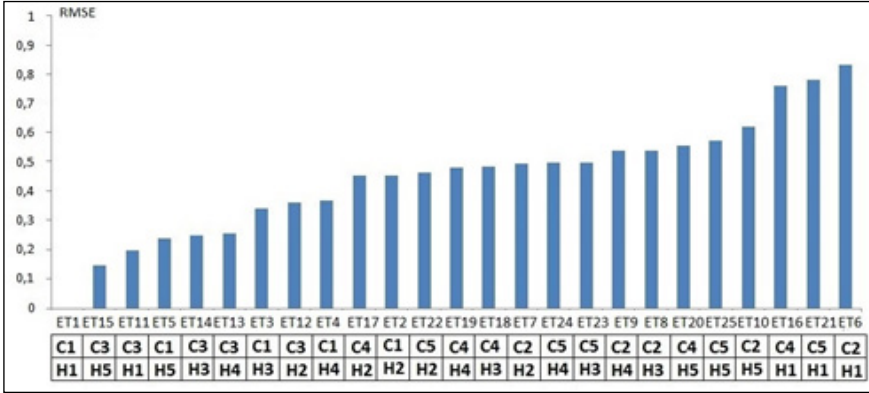
Çalışmada elde edilen diğer bir bulguda, esas ET1 ile diğer ET'ler arasında elde edilen RMSE değerleridir (Şekil 6 ve 7). Şekil 6'da görüldüğü gibi, 25 Haziran 2007 tarihli görüntüde RMSE değeri en düşük (0.079) olan yani ET1 ile en iyi uyumu gösteren ET kombinasyonu ET5 olarak tespit edilmiştir. RMSE değeri en yüksek (0.930), yani ET1'le kıyaslandığında hata oranı daha yüksek olan ET kombinasyonu ET12 olarak bulunmuştur. 4 Temmuz 2010 tarihli görüntü kullanılarak esas soğuk ve sıcak hücre ile elde edilen ET1 ile diğer ET karşılaştırıldığında hata oranı en az olan yani RMSE'si en düşük (0.145) ET kombinasyonu ET15 olarak tespit edilirken, hata oranı en yüksek, en yüksek RMSE ye (0.833) sahip ET kombinasyonu C2 soğuk hücresi ve H1 sıcak hücresi kullanılarak oluşturulan ET6 olarak tespit edilmiştir (Şekil 7).



**Şekil 6.** 25 Haziran 2007 tarihli uydu görüntüsünden elde edilen esas ET1 ile diğer ET kombinasyonları arasındaki RMSE değerleri

**Figure 6.** RMSE values between base ET1 and other ET combinations obtained from satellite image dated June 25, 2007

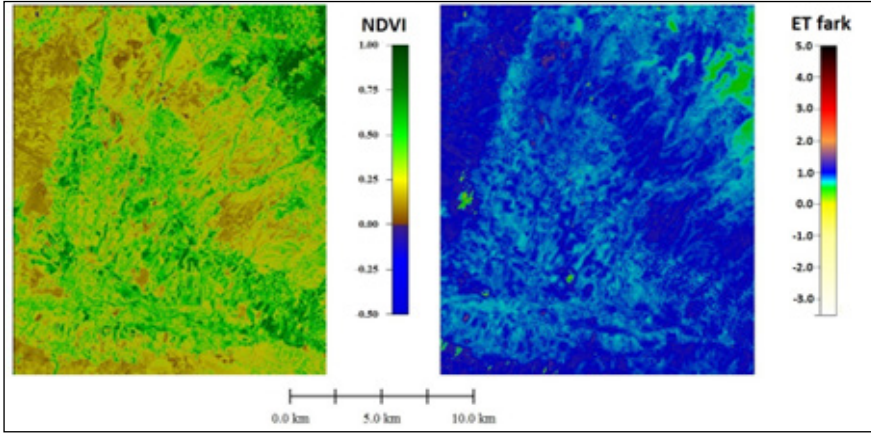




Şekil 7. 4 Temmuz 2010 tarihli uydu görüntüsünden elde edilen esas ET1 ile diğer ET kombinasyonları arasındaki RMSE değerleri

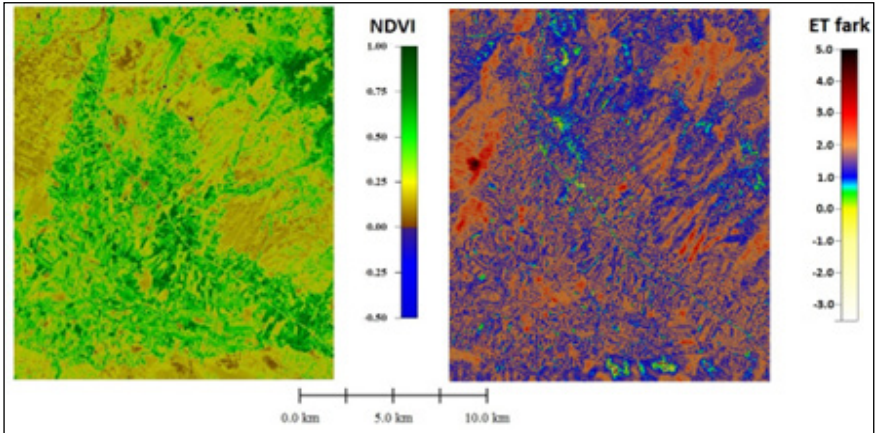
Figure 7. RMSE values between base ET1 and other ET combinations obtained from satellite image dated July 4, 2010

Çalışmada 25 Haziran 2007 ve 4 Temmuz 2010 tarihli uydu görüntüsü için RMSE'si en yüksek olan ET kombinasyonu (25 Haziran 2007 uydu görüntüsünde ET12 ve 4 Temmuz uydu görüntüsü için ET6) ile esas ET (her iki görüntüde de ET1) görüntüleri birbirinden çıkarılarak fark haritaları oluşturulmuştur. Oluşturulan fark haritaları hatalı olarak soğuk ve sıcak hücre seçilerek elde edilen ET haritalarıyla karşılaştırılmıştır. Elde edilen fark haritaları ve NDVI haritaları Şekil 8 ve 9'da verildiği gibidir. 25 Haziran 2007 uydu görüntüsünden elde edilen NDVI ve fark ET haritalarından görüldüğü gibi, NDVI değeri yüksek olan yerlerde esas ET1 ile hatası yüksek olan ET12 arasında daha düşük fark tespit edilmiştir (Şekil 8). NDVI düşük olan yerlerde ise fark değeri daha yüksek olarak belirlenmiştir. 4 Temmuz 2010 uydu görüntüsünde diğer görüntüyle benzer olarak, genel olarak vejetasyon yoğunluğu yüksek olan yerlerde, esas ET1 ile hatası yüksek ET arasında daha düşük fark bulunmuştur. Vejetasyon yoğunluğu düşük olan yerlerde ise fark daha yüksek tespit edilmiştir (Şekil 9).



Şekil 8. 25 Haziran 2007 tarihi için hesaplanan fark haritası ve NDVI haritası

Figure 8. Difference map and NDVI map calculated for June 25, 2007



Şekil 9. 4 Temmuz 2010 tarihli uydu görüntüsü için oluşturulan fark haritası ve NDVI haritası

Figure 9. The difference map and NDVI map created for the satellite image dated July 4, 2010

Çalışmada, esas ET1 ile diğer ET kombinasyonları arasında elde edilen RMSE değerleriyle soğuk ve sıcak hücrenin  $T_s$ ,  $R_n$ ,  $G$ , NDVI ve  $\alpha$  değerleri arasında korelasyon analizleri yapılmıştır. Yapılan korelasyon analizi sonucunda her iki görüntü için hesaplanan korelasyon katsayıları Çizelge 6 ve 7'de verildiği gibidir. 25 Hazi-

ran 2007 tarihli görüntü için elde edilen RMSE değerleri ile  $T_s$ ,  $R_n$ ,  $G$ , NDVI ve  $\alpha$  değerleri arasında yapılan korelasyon analizi sonucunda hata üzerinde sıcak hücre parametrelerinin soğuk hücre parametrelerinden daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Sıcak hücre parametrelerinden hata üzerinde en duyarlı parametreler sırasıyla  $\alpha$ ,  $R_n$ , NDVI,  $G$  ve  $T_s$ 'dir. Yurtsever (1984)'e göre gözlem sayısı ( $n$ ) 36 olduğunda korelasyon katsayısının anlamlı olması için 0.05 düzeyinde 0.321 olması, 0.01 düzeyinde 0.413 olması yeterlidir. Bu nedenle, burada soğuk hücrenin  $\alpha$ ,  $G$ , NDVI ve  $R_n$  değerleri hem 0.05 düzeyinde hem de 0.01 düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Sıcak hücrenin  $\alpha$ ,  $R_n$ , NDVI ve  $G$  değerleri de 0.05 ve 0.01 düzeyinde anlamlı olarak tespit edilmiştir.

**Çizelge 6.** 25 Haziran 2007 tarihli uydu görüntüsü için belirlenen RMSE değerleriyle soğuk ve sıcak hücrenin  $T_s$ ,  $R_n$ ,  $G$ , NDVI ve  $\alpha$  değerleri arasındaki korelasyon katsayıları

**Table 6.** Correlation coefficients between RMSE values determined for satellite image dated June 25, 2007, and  $T_s$ ,  $R_n$ ,  $G$ , NDVI, and  $\alpha$  values of cold and hot pixels

Soğuk Hücre r değerleri		Sıcak Hücre r değerleri	
RMSE- $T_s$	0.137	RMSE- $T_s$	0.291
RMSE- $R_n$	0.419	RMSE- $R_n$	0.614
RMSE- $G$	-0.454	RMSE- $G$	0.441
RMSE-NDVI	0.432	RMSE-NDVI	0.589
RMSE- $\alpha$	-0.511	RMSE- $\alpha$	-0.676

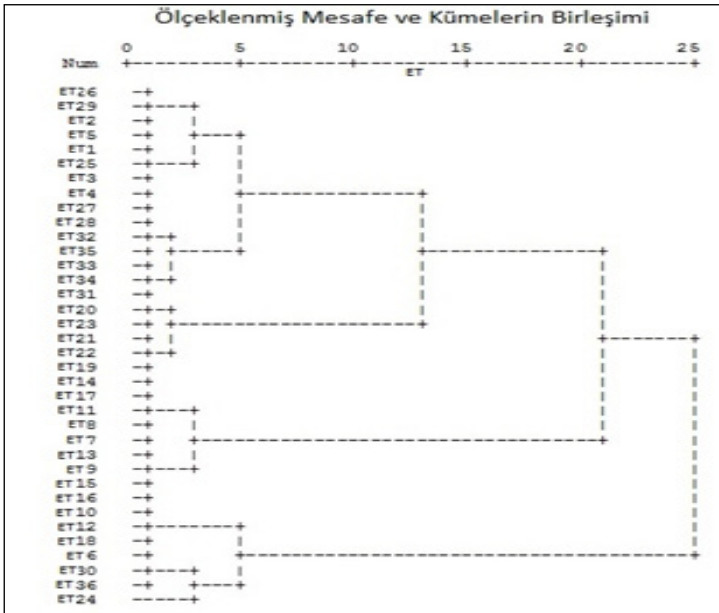
**Çizelge 7.** 25 Haziran 2007 tarihli uydu görüntüsü için belirlenen RMSE değerleriyle soğuk ve sıcak hücrenin  $T_s$ ,  $R_n$ ,  $G$ , NDVI ve  $\alpha$  değerleri arasındaki korelasyon katsayıları

**Table 7.** Correlation coefficients between RMSE values determined for satellite image dated June 25, 2007, and  $T_s$ ,  $R_n$ ,  $G$ , NDVI, and  $\alpha$  values of cold and hot pixels

Soğuk Hücre r değerleri		Sıcak Hücre r değerleri	
RMSE- $T_s$	0.578	RMSE- $T_s$	0.115
RMSE- $R_n$	-0.743	RMSE- $R_n$	-0.15
RMSE- $G$	-0.311	RMSE- $G$	0.087
RMSE-NDVI	0.431	RMSE-NDVI	-0.135
RMSE- $\alpha$	0.746	RMSE- $\alpha$	0.158

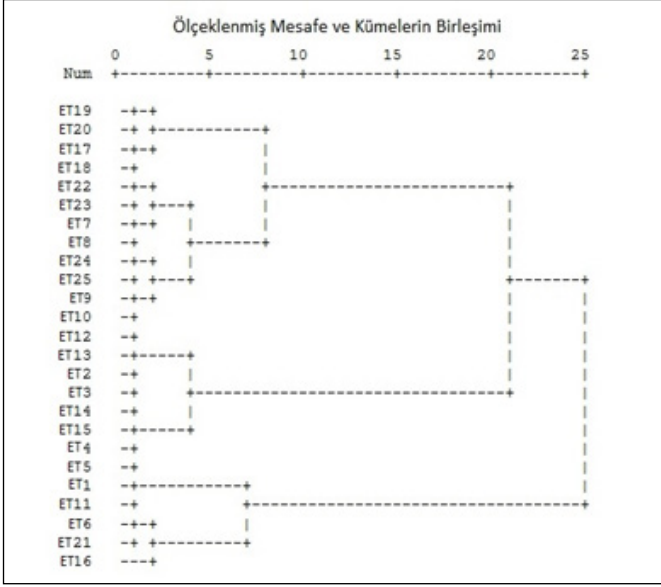
Çizelge 7'de görüldüğü gibi, hata üzerinde soğuk hücrenin  $T_s$ ,  $R_n$ ,  $G$ ,  $NDVI$  ve  $\alpha$  parametreleri, sıcak hücrenin  $T_s$ ,  $R_n$ ,  $G$ ,  $NDVI$  ve  $\alpha$  parametrelerinden daha etkili olduğu saptanmıştır. Soğuk hücre parametreleri içinde hataya en duyarlı parametreler sırasıyla  $\alpha$ ,  $R_n$ ,  $T_s$ ,  $NDVI$  ve  $G$ 'dir. Mokhtari et al., 2013'de yapılan bir çalışmada METRIC modeli ile elde edilen ET haritasında, modelin  $dT$ ,  $T_s$ ,  $R_n$ ,  $H$ ,  $\alpha$ ,  $G$  ve hava sıcaklığına ( $T_a$ ) oldukça duyarlı olduğunu göstermiştir. Yurtsever (1984)'e göre gözlem sayısı ( $n$ ) 25 olan veri setlerinde korelasyon katsayısının anlamlı olması için 0.05 düzeyinde 0.381 ve 0.01 düzeyinde 0.487 olmasının yeterli olduğu belirtilmektedir. Çizelgeden görüldüğü gibi, 4 Temmuz 2010 tarihli uydu görüntüsünde soğuk hücrenin  $\alpha$ ,  $R_n$  ve  $T_s$  değerleri 0.01 düzeyinde anlamlı,  $NDVI$  değeri 0.05 düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Fakat sıcak hücrenin hiçbir parametre değeri anlamlı bulunmamıştır.

Çalışmanın istatistiksel olarak değerlendirilmesinde son aşama kümeleme analizi olmuştur. Kümeleme analizi, hataya neden olan parametreleri belirlemek ve esas uydu görüntüsüne benzer olan kombinasyonları ortaya çıkarmak amacıyla yapılmıştır. Enerji dengesi bileşenlerinden  $H$ 'nin belirlenmesinde etkin rol oynayan ve hataya neden olabilecek en temel parametreler girdi olarak seçilmiştir. Bu amaçla esas ET kombinasyonu ile hatalı ET kombinasyonları arasında belirlenen RMSE ile soğuk ve sıcak hücrelere ilişkin belirlenen  $NDVI$ ,  $T_s$ ,  $R_n$ ,  $G$  ve  $\alpha$  parametreleri ile kümeleme analizi yapılmıştır. Her iki görüntü için yapılan kümeleme analizi sonucu elde edilen dendogramlar Şekil 10 ve 11'de gösterildiği gibidir.



Şekil 10. 25 Haziran 2007 tarihli görüntüye ait kümeleme analizi sonuçları

Figure 10. Results of cluster analysis for the image dated June 25, 2007



**Şekil 11.** 4 Temmuz 2010 tarihli görüntüye ait kümeleme analizi sonucunda elde edilen dendrogram

**Figure 11.** Dendrogram obtained as a result of the cluster analysis of the image dated July 4, 2010

25 Haziran 2007 tarihli görüntü için elde edilen dendrograma göre (Şekil 10), RMSE, NDVI, Ts, Rn ve G parametrelerine göre esas ET1 ile benzer özelliklere sahip kombinasyonlar ET25, ET5, ET2 ve ET29 olurken, ET1 ile kareli öklit uzaklığına göre en uzak kümeler ET24, ET36, ET30 ET6, ET18 ve ET12 olarak tespit edilmiştir. Buna göre benzer olan kombinasyonların NDVI, Ts, Rn, G ve  $\alpha$  değerlerine bakılacak olursa, hata değerlerinin birbirine yakın olan kombinasyonlarda olduğu görülmektedir. Benzer olmayan yani uzak olan kombinasyonların hata değerlerinin ise genel olarak daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca benzer olmayan kombinasyonların hepsinin sıcak hücrelerinin (H6) aynı, soğuk hücrelerinin farklı olduğu görülmektedir. Bu nedenle 25 Haziran tarihli görüntüde hataya neden olan parametrelerin daha çok soğuk hücre seçiminden kaynaklandığı söylenebilir. 4 Temmuz 2010 tarihli uydu görüntüsü için yapılan kümeleme analizi sonucunda (Şekil 11), ET1 ile benzer özelliklere sahip ET kombinasyonları ET11, ET6, ET21 ve ET 16'dır. Kareli öklit uzaklığı hesaplanarak belirlenen ET1'e en uzak ET kombinasyonları ET19, ET20 ve ET 17'dir. Esas ET1'e en yakın ET kombinasyonlarının hepsinde sıcak hücre değerlerinin aynı, soğuk hücre değerlerinin farklı olduğu saptanmıştır. O halde soğuk hücre seçiminin yapılan hatada fazla etkili olmadığı bu uydu görüntüsünde belirlenmiştir. ET1'e en uzak benzer olmayan ET19, ET20

ve ET17'nin soğuk ve sıcak hücredeki NDVI, Ts, Rn, G ve  $\alpha$  değerleriyle değerlendirme yapılırsa, benzer olmayan ET kombinasyonlarında soğuk hücrelerin aynı, sıcak hücrelerin farklılık gösterdiği saptanmıştır. Bu durumda sıcak hücrenin ET üzerindeki hatalar üzerine daha etkili olduğu belirlenmiştir.

#### 4. SONUÇ

METRIC modeli yarı-kurak alanlarda ET'nin mekansal ve zamansal dağılımını belirlemek için uygun bir yüzey enerji dengesi modeli olarak bilinmektedir. Evapotranspirasyon ise enerji dengesi modellerinde en temel bileşendir. Ayrıca ET'nin belirlenmesi sırasında H'nin hesaplanması, diğer enerji dengesi bileşenlerinden daha karmaşık işlemler dizini içermektedir. Bu işlemler içerisinde dT ve zom hesabındaki içsel kalibrasyonlar, rah hesabındaki stabilite doğrulaması ve H'ye ulaşmadaki iterasyon işlemleri söz konusu hesaplama dizininin karmaşık bölümlerini oluşturmaktadır. METRIC modelinde kalibrasyon işlemleri soğuk ve sıcak hücre gibi iki uç koşul kullanılarak tamamlanmaktadır. Bu koşullar iyi tanımlandığında ET haritaları doğru bir şekilde elde edilebilecektir. Bu nedenle, METRIC model ile ET haritalamada sıcak ve soğuk hücre seçimi, meydana gelebilecek olası hataların önüne geçmek açısından oldukça önemlidir. Bu amaçla hataya neden olan kaynakların araştırılıp ortaya konması gerekmektedir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, LANDSAT 5-TM uydu görüntüleri ve iklim verileri enerji dengesine dayanan modeller kullanılarak ET haritalama amacıyla kullanılabilir. Bu çalışmada iki görüntü için yapılan kümeleme analizleri ve korelasyon analizleri sonucunda, her iki görüntüde de hata üzerine etkili olan parametreler farklı bulunmuştur. Her iki uydu görüntüsünde hataya duyarlı parametrelerin farklı olmasının nedenleri arasında görüntü tarihleri, ekim deseni, arazi kullanım durumunun farklılık göstermesi söylenebilir. Fakat çalışmada iki uydu görüntüsünde de hataya en duyarlı parametreler içerisinde net radyasyonun önemli rol oynadığı belirlenmiştir. Bu konunun netleşmesi için daha geniş çaplı yer gözlemlerinin de dahil edildiği birtakım çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

#### Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): SÇT (%50), EK (%30), ET (%20)

Veri Toplanması (Data Acquisition): SÇT (%60), EK (%20), ET (%20)

Veri Analizi (Data Analysis): SÇT (%70), EK (%20), ET (%10)

Makalenin Yazımı (Writing up): SÇT (%60), EK (%30), ET (%10)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): SÇT (%70), EK (%20), ET (%10)



## KAYNAKLAR

- Allen, R.G., Morse, A. Tasumi, M., Trezza, R., Bastiaanssen, W., Wright, J.L., and Kramber W., 2002. Evapotranspiration from a satellite based surface energy balance for the Snake Plain Aquifer in Idaho. Proceedings of the 2002 USCID/EWRI Conference, San Luis Obis July 9-12, p 167-178.
- Allen, R.G. and Bastiaanssen, W.G.M. 2005. Special issue on remote sensing of crop evapotranspiration for large regions. *Irrigation and Drainage Systems*, 19, 207-210.
- Allen, R.G. Burnett, B., Kramber, W., Huntington, J., Kjaersgaard, J., Kilic, A., Kelly, C., Trezza, R., 2013. Automated Calibration Of The Metric-LANDSAT Evapotranspiration Process, *Journal Of The American Water Resources Association*, Vol. 49, No. 3 563-576.
- Allen, R.G., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M. 1998. "Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements." FAO Irrig. and Drain. Paper No. 56, Food and Agriculture Organization, Rome.
- Allen, R., Tasumi, M., Morse, A. and Trezza, R. 2005. A LANDSAT-based energy balance and evapotranspiration model in Western US water rights regulation and planning. *Irrigation and Drainage Systems*, 19 (3), 251-268.
- Allen, R.G., Tasumi, M. and Trezza, R. 2007. Satellite-Based Energy Balance for Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration (METRIC) Model. *J. Irrig. Drain Eng.*, 133 (4), 380-394.
- Anonim, 2020. [https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-5?qt-science\\_support\\_page\\_relate\\_d\\_con=0#qt-science\\_support\\_page\\_related\\_con](https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat/landsat-5?qt-science_support_page_relate_d_con=0#qt-science_support_page_related_con)
- ASCE-EWRI, 2005. ASCE-EWRI The ASCE standardized reference evapotranspiration equation R.G. Allen, I.A. Walter, R.L. Elliot, al. et (Eds.), Environmental and Water Resources Institute (EWRI) of the American Society of Civil Engineers, ASCE. Standardization of Reference Evapotranspiration Task Committee Final Report, American Society of Civil Engineers (ASCE), Reston, VA (2005).
- Bastiaanssen, W.G.M. and Bandara, K.M.P.S. 2001. Evaporative depletion assessments for irrigated watersheds in Sri Lanka. *Irrigation Science*. 21:1-15.
- Bastiaanssen W.G.M., and Bos M.G. 1999. Irrigation performance indicators based on remotely sensed data: a review of literature. *Irrigation and Drainage Systems* 13: 291-311.
- Bastiaanssen W.G.M., Menenti, M., Feddes, R.A., Holtslag, A.M.M., 1998: A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): I. Formulation. *J. Hydrology* 212-213, 198-212.
- Bastiaanssen, W.G.M. 1995. Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain. A remote sensing approach under clear skies in Mediterranean climates, Dissertation, 273 Wageningen: Agricultural University of Wageningen.
- Bastiaanssen, W.G.M., Noordman, E.J.M., Pelgrum, H., Davids, G., Thoreson, B.P. and Allen, R.G. 2005. SEBAL model with remotely sensed data to improve water-resources management under actual field conditions. *J. Irrig. Drain Eng.*, 131 (1), 85-93.
- Bhattarai, N., Quackenbush, L. J., Im, J., & Shaw, S. B. 2017. A new optimized algorithm for automating endmember pixel selection in the SEBAL and METRIC models. *Remote Sensing of Environment*, 196, 178-192.
- Chavez, J.L., Gowda, P.H., Howell, T.A., Marek, T.H. and New, L.L. 2007. Evapotranspiration mapping using METRIC TM for a region with highly advective conditions. In 2007 ASABE Annual International Meeting, Technical Papers, Vol. 4 Book.
- Chavez, J.L., Gowda, P.H., Howell, T.A. and Copeland, K.S. 2009. Radiometric surface temperature calibration effects on satellite based evapotranspiration estimation. *Int. J. Remote Sens.*, 30 (9), 2337 - 2354.
- Choi, M., Kustas, W.P., Anderson, M.C., Allen, R.G., Li, F. and Kjaersgaard, J. . 2009. An intercomparison of three remote sensing-based surface energy balance algorithms over a corn and soybean production region (Iowa, U.S.) during SMACEX. *Agr. Forest Meteorol.* 149 (12), 2082-2097.
- Conrad, C., Dech, S., Hafeez, M., Lamers, J., Martius, C. and Strunz, G. 2007. Mapping and assessing water use in a Central Asian irrigation system by utilizing MODIS remote sensing products. *Irrigation and Drainage Systems*, 21 (3), 197-218.
- Ferrari, G., Mondéjar-Jiménez, J. and Vargas - Vargas, M. 2010. Environmental Sustainable Management of Small Rural Tourist Enterprises. *Int. J. Environ. Res.*, 4 (3), 407-414.
- Gowda, P., Chavez, J., Howell, T., Marek, T. and New, L. 2008. Surface Energy Balance Based Evapotranspiration Mapping in the Texas High Plains. *Sensors*, 8 (8), 5186-5201.
- Hendrickx, J.M.H., Kleissl, J., Velez, J.D.G., Hong, S.H., Duque, J.R.F., Vega, D., Ramirez, H.A.M. and Ogden, F.L. 2007. Scintillometer networks for calibration and validation of energy balance and soil moisture remote sensing algorithms. In Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XIII,

- Vol. 6565, 65650W-65616 Orlando, FL, USA: SPIE.
- Irmak, A. and Kamble, B. 2009. Evapotranspiration data assimilation with genetic algorithms and SWAP model for on-demand irrigation. *Irrigation Sci.*, 28 (1), 101-112.
- Kjaersgaard, J.H., and Allen R.G., 2009. Field-Scale Evapotranspiration for the Mission Valley using METRIC. Report submitted to the Montana Department of Natural Resources and Conservation. University of the Idaho, Kimberly, Idaho. 106p.
- Lin, M.L., Chu, C.M. and Tsai, B.W. 2011. Drought Risk Assessment in Western Inner-Mongolia. *Int. J. Environ. Res.*, 5 (1), 139-148.
- Long, D., Singh, V.P. and Li, Z.L. 2011. How sensitive is SEBAL to changes in input variables, domain size and satellite sensor. *J. Geophys. Res.*, 116, D21107, doi:10.1029/2011JD016542.
- Mokhtari, M.H., Ahmad, B., Hoveidi, H., Busu, I., 2013. Sensitivity Analysis of METRIC-Based Evapotranspiration Algorithm. *Int. J. Environ. Res.*, 7(2):407-422.
- Mondéjar-Jiménez, J.A., Cordente-Rodríguez, M., Meseguer-Santamaría, M. L. and Gázquez-Abad, J. C. 2011. Environmental Behavior and Water Saving in Spanish Housing. *Int. J. Environ. Res.*, 5 (1), 1-10.
- Nakaneve, K. and Haidary, A. 2010. Sensitivity Analysis of Stream Water Quality and Land Cover Linkage Models Using Monte Carlo Method. *Int. J. Environ. Res.*, 4 (1), 121-130.
- Ramos, J.G., Cratchley, C.R., Kay, J.A., Casterad, M. A., Martínez-Cob, A. and Domínguez, R. 2009. Evaluation of satellite evapotranspiration estimates using ground meteorological data available for the Flumen District into the Ebro Valley of N.E. Spain. *Agr. Water Manage.*, 96 (4), 638-652.
- Tasumi, M., Trezza, R., Allen, R. and Wright, J. 2005a. Operational aspects of satellite based energy balance models for irrigated crops in the semi-arid U.S. *J. Irrigation Drain. Systems*, 19, 355-376.
- Tasumi, M., Trezza, R., Allen, R. and Wright, J. 2005b. Operational aspects of satellite-based energy balance models for irrigated crops in the semi-arid U.S. *Irrigation and Drainage Systems*, 19 (3), 355-376.
- Trezza, R. 2006. Estimation Of Evapotranspiration From Satellite-Based Surface Energy Balance Models For Water Management in the Rio Guarico irrigation system, Venezuela. In *Earth Observation For Vegetation Monitoring and Water Management*, 852 (1), 162-169 (Paper presented at the AIP, Naples Italy).
- Timmermans, W.J., Kustas, W. P., Anderson, M. C. And French, A. N. 2007. An intercomparison of the Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) and the Two-Source Energy Balance (TSEB) modeling schemes. *Remote Sens. Environ.*, 108 (4), 369-384.
- Wang, J., Sammis, T.W., Gutschick, V.P., Gebremichael, M. and Miller, D. R. 2009. Sensitivity Analysis of the Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL). *Transactions of the ASABE*, 52 (3), 801-811.
- Yurtsever, N., 1984. *Deneysel İstatistik Metotlar*, Tarım, Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Yayın No: 121, Ankara.







# **Cetonia aurata L. (Coleoptera, Scarabaeoidea, Cetoniidae) Gelişimi Üzerinde *Cyclamen coum* subsp. *coum* Miller Bitki Kök Özütlerinin Antifeedant ve Toksik Etkileri**

Antifeedant and Toxic Effects of *Cyclamen coum* subsp. *coum* Miller Root Extracts on the Growth of *Cetonia aurata* L. (Coleoptera, Scarabaeoidea, Cetoniidae)

Ömer ERTÜRK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ordu Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Ordu  
• oseerturk@hotmail.com • ORCID > 0000-0001-5837-6893

## Makale Bilgisi / Article Information

**Makale Türü / Article Types:** Araştırma Makalesi / Research Article

**Geliş Tarihi / Received:** 1 Haziran / June 2021

**Kabul Tarihi / Accepted:** 14 Şubat / February 2022

**Yıl / Year:** 2022 | **Cilt – Volume:** 37 | **Sayı – Issue:** 2 | **Sayfa / Pages:** 243-262

**Atıf/Cite as:** Ertürk, Ö. "Cetonia aurata L. (Coleoptera, Scarabaeoidea, Cetoniidae) Gelişimi Üzerinde *Cyclamen coum* subsp. *coum* Miller Bitki Kök Özütlerinin Antifeedant ve Toksik Etkileri". *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 37(2), Haziran 2022: 243-262.

## CETONIA AURATA L. (COLEOPTERA, SCARABAEOIDEA, CETONIIDAE) GELİŞİMİ ÜZERİNDE *CYCLAMEN COUM* SUBSP. *COUM* MILLER BITKİ KÖK ÖZÜTLERİNİN ANTIFEEDANT VE TOKSİK ETKELERİ

### ÖZ:

Bu araştırmanın odak noktası, köklerin ezilmesiyle elde edilen hamurun *Cyclamen coum* subsp. *coum* Miller) insektisidal etkinliğini değerlendirmek ve toksisite seviyelerine sahip bileşikleri belirlemektir. *C.coum* kimyasal bileşikleri gaz kromatografisi/kütle spektrometrik (GC/MS) analizleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. *C.coum* subsp.'nin ham metanolik ekstraktlarının etkisi, 1, 2 ve 3 instar besleme ve performans üzerine *coum* root. *Cetonia aurata* L larvaları araştırıldı. Kök salçası ile besleme, 8-10 günlük önemli olmayan büyüme sonrasında larvaların % 77.77±2.32- 94.13 ±6.45 % ölüm oranı ile sonuçlanmıştır. 20, 40, 80 ve 160 mg/ml kök konsantrasyonu ilave edilmiş ortam içeren kök macunu, larvalara karşı güçlü beslenme önleyici ve toksik aktivite sergilemiştir. 1. 2. ve 3. instar larvaları için 8-10 gün üzerinden hesaplanan antifeedant indeksi 58, 86, 54,09'dan 55,78'e ve kök konsantrasyonu 20'den 160 mg / ml'ye yükselmiştir. Son üç konsantrasyon, 20 mg ml konsantrasyonla 144.16 mg tüketimle beslenmeyi engelledi 3. Inst., 80 mg/ml konsantrasyonla 45.83 mg tüketim 2. Inst. 20 mg ml konsantrasyon ile sırasıyla 77 mg tüketim ve altında, sadece 160 ekstrakt solüsyonu 1. inst larva için 39.5 ile beslenmeyi engellemiştir. Kök macununun toksisitesi, 20, 40, 80 ve 160 mg ml konsantrasyonda bitki kökü ham ekstraktını içeren diyetlerle beslenen larvaların yüksek ölüm oranı, düşük büyüme oranları ve düşük ağırlık kazanımı ile kendini göstermiştir. GC-MS analizine göre, *C.coum* subsp. *coum* n-Hekzadekanoik asit, (%13.52), Oktadekanoik asit, (%52.09) ve 3.39 2-Amino-9-(3,4-Dihidroksi-5-Hidroksimetil-Tetrahidro-Furan-2-Yl)- ile alkolik özüt 3,9- (%13.46 ). Çalışmanın sonuçları, sentetik insektisitlere alternatif olarak kullanılabilir olacak bir doğal pestisit kaynağının potansiyelinin ortaya çıkarılması açısından oldukça önemlidir.

**Anahtar Kelimeler:** Altın Böceği, Sıklamen, Biyolojik Mücadele.



### ANTIFEEDANT AND TOXIC EFFECTS OF *CYCLAMEN COUM* SUBSP. *COUM* MILLER ROOT EXTRACTS ON THE GROWTH OF *CETONIA AURATA* L. (COLEOPTERA, SCARABAEOIDEA, CETONIIDAE)

#### ABSTRACT:

The focus of this research is to evaluate the insecticidal efficacy of pulp obtained by crushing the roots from *Cyclamen coum* subsp. *coum* Miller and to identify compounds with toxicity levels. Chemical compounds of the *C.coum* plant were

carried out using gas chromatography/mass spectrometric (GC/MS) analyses. Effect of crude methanolic extracts of *C.coum* plant. 1, 2 and 3 instar feeding and feeding performance were investigated with *Cetonia aurata* L larvae. Feeding with root paste resulted in a mortality rate of  $77.77 \pm 2.32$ - $94.13 \pm 6.45\%$  of larvae after 8-10 days of non-significant growth. Root paste containing 20, 40, 80 and 160 mg/ml root concentration added media showed strong anti-nutrition and toxic activity against larvae. Antifeedant index calculated over 8-10 days for 1st, 2nd and 3rd instar larvae increased from 58.86, 54.09 to 55.78 and root concentration increased from 20 to 160 mg/ml. The last three concentrations inhibited feeding with consumption of 144.16 mg at a concentration of 20 mg/ml 3. Inst., consumption of 45.83 mg at a concentration of 80 mg/ml 2. Inst. With a concentration of 20 mg/ml, consumption of 77 mg and below, respectively, only 160 extract solutions prevented feeding with 39.5 for 1st inst larvae. The toxicity of root paste was manifested by high mortality, low growth rates and low weight gain of larvae fed diets containing the crude extract of plant root at concentrations of 20,40,80 and 160mg/ml. Based on GC/MS analysis, *C.coum* subsp. *coum* n-Hexadecanoic acid, (13.52%), Octadecanoic acid, (52.09%) and 3.39 2-Amino-9-(3,4-Dihydroxy-5 Hydroxymethyl-Tetrahydro-Furan-2-Yl)- with alcoholic extract 3, 9- (13.46%). The results of the study are very important in terms of revealing the potential of a possible natural pesticide source that can be used as an alternative to synthetic insecticides.

**Keywords:** *Rose Chafer, Cyclamen, Biological Control.*



## 1. GİRİŞ

Böcekler en büyük hayvan grubudur (Tsakas, 2010). Yüksek Arktik'ten tropikal yağmur ormanlarına, petrol havuzlarından buzullara, yüzeyin bir mil altındaki madenlerden mağaralardan denize kadar değişen habitatlarda böcekler vardır (Resh ve Cardé., 2003). Zararlı böcekler, larvalar veya yetişkinler gibi çeşitli gelişim aşamalarında, bitkilerin farklı kısımlarına köklerine, gövdelerine, yapraklarına saldırırlar ve bitkiye zarar verirler. Böcek zararlıları, tarımcılar tarafından üretilen ürünler için insanlara en büyük rakiptir ve geniş alanlarda bu zararlı yönlerini gösterirler (Oerke ve Dehne, 2004). Bu organizmaların neden olduğu hasar, herhangi bir bitki türünün verimliliğinin azalmasındaki en önemli faktörlerden biridir. Tarlada (hasat öncesi) ve depolama sırasında (hasat sonrası) kayıplar meydana getirirler (Oerke, 2006). Tüm dünyada mahsulleri zararlılardan korumak için gösterilen tüm çabalara rağmen, kaynaklanan kayıplar yıllık olarak% 10-20'ye ulaşabilir (Ferry ve ark., 2004). Zararlılardan korunmak hala çözülmesi gereken bir sorun olmaya devam etmektedir. Otçul böceklerin, her yıl dünyanın toplam mahsul üretiminin beşte birini yok etmekten sorumlu olduğu bildirilmektedir. Yiyecek tedariki her zaman insanlığın karşı karşıya olduğu bir zorluk olmuştur. Bu zorluğun

temel taşlarından biri, zararlı böceklerden kaynaklanan rekabettir. Gelişmekte olan ülkelerde, böcek zararlılarından kaynaklanan rekabet sorunu, gıda üretimindeki % 1'lik artışa kıyasla insan popülasyonundaki hızlı yıllık artışla (% 2.5-3) daha da karmaşık hale gelmektedir. Şu anda, sentetik böcek öldürücüler, haşereleri kontrol etmek için en çok kullanılan mekanizmalardır. Bununla birlikte, geleneksel sentetik böcek öldürücülerle ilişkili direnç, toksisite ve çevre kirliliğinin gelişmesine ilişkin endişeler bizi yeni bileşikler aramaya zorlamaktadır (Coscollá, 2004). Çevreyle ilgili endişelerin giderek artması ve geleneksel pestisitlerin zararlı etkileri konusunda yükselen bilinç sayesinde doğal zararlı kontrol metodlarına yönelik hızla artmaktadır. “Biyolojik pestisit” ve “biyopestisit” terimleri, mevcut çevre bilinci ve halkın endişesini en aza indirme anlamında popülerlik kazanmaktadır. Biyopestisitler hayvanlar, bitkiler, bakteriler veya çeşitli mineraller gibi birçok doğal maddeden elde edilen ve zararlılarla mücadelede kullanılan ürünlerdir. (Benbrook ve ark., 2014). Otçul böceklerle birlikte evrimleştikleri, etkileşim ve kendilerini savunacak mekanizmalar geliştirdikleri için sentetik böcek ilaçlarına alternatif olabilecek bitkilere dikkat çekilmektedir (Wink, 2003). Bu bakımdan bitkiler, ikincil metabolitler olarak adlandırılan geniş bir yelpazede farklı kimyasal bileşikleri sentezleyebilirler (Howe ve Jander, 2008); bunların çoğu yeni doğal pestisit kaynakları sağlayabilir (Schoonhoven ve ark., 1998; Isman, 2002, Isman, 2006). Ayrıca, doğal bileşiklerin kullanımının bildirdiği ana avantajlar arasında, daha dar toksisite spektrumu ve daha az çevresel etki öne çıkmaktadır (Jermy, 1990). Bu bileşikler, biyosentetize edildiklerinde, herhangi bir biyo amplifikasyon vakası bildirilmeksizin enzimatik yolları takip ederek kolaylıkla bozunurlar (Regnault-Roger, 2003). Böcek zararlıları, son elli yılda esas olarak sentetik böcek öldürücülerle kontrol altına alınmıştır. Böcek öldürücü bileşiklerin çoğu, organoklorinler, organofosfatlar, karbamatlar ve piretroidler olmak üzere dört ana sınıfa girer. Bunların dışında günümüzde kullanılan başlıca sınıflar organofosfatlar ve karbamatlardır (Ware, 1982; Dorow, 1993). İnsan ve çevre dahil hedef dışı organizmalar üzerinde pestisit direnci ve olumsuz etkiler sorunları vardır (Rembold, 1984; Franzen, 1993; FAO, 1992). Organoklorlu insektisitlerin kullanımı gelişmiş ülkelerde yasaklanmış ve haşere kontrolünün alternatif yöntemleri araştırılmaktadır (Franzen, 1993). Botanik, ümit verici bir haşere kontrol bileşikler kaynağıdır. Böcek öldürücü maddeler içeren bitki havuzu, muazzam (Jacobson, 1975a). Bunlar olağanüstü ilgi uyandırdı son yıllarda potansiyel doğal böcek kaynakları olarak kontrol ajanları. Bugün 2000'den fazla bitki türü bazı böcek öldürücü aktiviteye sahip olduğu bilinmektedir (Jacobson, 1989). İnsan tarafından kullanılacak ilk böcek öldürücüler bitkilerdendi. en erken dönemden beri bilinen biyolojik aktiviteleri kaydedilen süreler (Smith ve Secoy, 1975). 17. yüzyılın ortalarında, piretrum, nikotin ve rotenon olarak kabul edildi etkili böcek kontrol ajanları (Crosby, 1966) Botanik böcek öldürücüler genellikle zararlılara özgüdür ve dahil olmak üzere hedef olmayan organizmalar için nispeten zararsızdır. Ayrıca biyolojik olarak parçalanabilir ve zararsızdırlar. çevre (Rembold, 1994). Böylelikle zararlıların şansı bu tür maddelere karşı direnç geliştirme

olasılığı daha düşüktür (Schmutterer, 1995). Bitki kökenli pestisitler, geleneksel olarak kullanılan sentetik pestisitlerden çok daha güvenlidir. Böceklerin biyolojik kontrolüne yönelik yaklaşımlar; mevcut doğal düşmanların korunması, yeni doğal düşmanlar getirerek kalıcı bir nüfus oluşturmak (klasik biyolojik kontrol) veya mevsimsel olarak toplu yetiştirme, periyodik salım ile doğal düşman nüfusu üzerinde "etkisiz" olabilecek bir salım gibi maddeleri içermektedir.

Sıklamen, 17. yüzyıl başlarında Batı Avrupa'ya getirilmiş ve 18. yüzyıla kadar birkaç türü kültüre alınmıştır. Daha sonra ekonomik önemi artmış ve *Cyclamen* de ıslah çalışması başlatılmıştır (Mathew ve Özhatay, 2001; Amini, 2014). Ülkemizde ise ilk zamanlar çiçek soğanlarının doğadan sökülerek ticareti yapılmakta iken, son yıllarda bu durumun önüne geçmek için kültüre alma ve yeni çeşit geliştirme çalışmaları başlatılmıştır (Karagüzel ve ark., 2007). *Cyclamen* cinsi geleneksel olarak Primulaceae familyasında Sınıflandırılırken Myrsinaceae familyası içerisine dahil edilerek yeniden taksonomik olarak sınıflandırılmıştır (Jalali ve ark., 2012;). *Cyclamen* cinsi, batıda Balear adalarından, doğuda İran'a ve Kafkaslara; kuzeyde Alp, Karpat dağları ve Kırimdan güneyde ön Asya ve Kuzey Afrika'ya (Anadolu, İsrail, Cezayir, Libya ve Tunus) kadar yayılış gösterir. Bu cinsle ilgili türler ülkemizin değişik yörelerinde "domuz ekmeği, domuz turpu, domuz ağırşığı, dağ menekşesi, *Cyclamen*, tavşan kulağı, deve tabanı, buhur otu, buhur meryem, yer somunu, dana göbeği, kır menekşesi, köstebek, köstüköpen, köstüköpeği, kuskusa, menekşe kökü, tavşan paçası, topalak" isimleri ile tanınmaktadır. *Cyclamen*, dünyada 22 tür ile yayılış göstermekte olup (Gray-Wilson, 2002) ülkemizde doğal olarak 10 türü yetişmektedir. Türkiye'nin güneyinde bulunan Toroslar ve Amanos dağında, Osmaniye çevrelerinde, Trakya'da Istranca dağlarından Karadeniz kıyısı boyunca Rusya sınırına oradan da Kafkasya'ya uzanan bölgede yaygın olarak yetişmektedir. Doğu Karadenizde *Galanthus woronowii*, *Cyclamen parviflorum* ve Çuha çiçekleri (*Primula* sp.) ile birlikte yayılış göstermektedir. *C. parviflorum*'a yaprak şekli bakımından benzese de yaprak üst yüzeyinde ki gümüşü desenlerle ayrılmaktadır. Osmaniye çevrelerinde de *C. pseudibericum* ile aynı ekosistemde yetişmektedir. Soğuğa dayanıklı ve ticari değeri yüksek olan bir türdür.

Cetoniinae alt ailesi, en iyi kısmı tropik bölgelerde dağılmış olan yaklaşık 2.500 çeşidi içerir (Paulian ve Baraud 1982). Avrupa'da yaklaşık 20 tür vardır. Bu alt ailenin pek çok üyesi parlak ve belirgin renk desenlerine sahiptir ve türlere göre örneklerin yalnızca renge göre belirlenmesi genellikle olasıdır. Rose chafer'lar hızla uçabilirler; kanat kasaları aşağıdayken uçarlar. Polen, nektar ve çiçeklerle, özellikle de güllerle beslenirler. (Károlyi ve ark., 2009) Mayıs'tan haziran veya temmuz ayına kadar sıcak güneşli günlerde güllerin içinde ve bazen eylül gibi geç aylarda da karşılanabilirler (Lovett ve Jessop, 1982). Hırvatistan'ın kıyı kesimindeki son on beş yılın her bölümünde, Cetoniinae (Coleoptera, Scarabaeoidea, Cetoniidae) alt ailesinden bok böceklerinin olgun şeftalilere zarar verdiği görüldü. Çiçeklere ve olgun meyvelere zarar veren böcekler olarak kabul edilmişlerdir (Endrödi, 1956;

Miksic, 1965). İncir zararlısı olarak tanımlanmışlar, son zamanlarda şiddetli bir şeftali meyvesi zararlısı olarak kaydedilmişlerdir (Baric ve ark., 2008). Bu böcekler yeterince dirençli oldukları için böcek öldürücülerle zararları engellenemez. Bu çalışmada *C.coum* subsp. *coum* Mill yumrusunun (*Cyclamen*'den) elde edilen kök özütleriyle oluşturulan macun yapay besinle genel otobur, *Cetonia aurata*, gül , İncir şeftali ve meyve çiçekleri üzerindeki başlıca zararlı olan böcek larvalarına karşı beslenmeyi önleyici ve büyümeyi önleyici etkilerini *C. aurata* (Coleptera: Chrysomelidae) üzerinde araştırılması amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Bitki Kökünün Toplanması

*Cyclamen coum* subsp. *coum* Miller bitkisinin kökleri, Bayat Köyü, Ordu, fındık ve mısır bahçesinden toplandı. Kökler topraktan kazma yardımıyla söküldü ve plastik kaplarla konarak laboratuvara getirildi. Laboratuvarında çamurlu kökler önce çeşme su ile yıkandı ve sonrada distil su ile yıkandı daha sonra kurutma kağıtları üzerinde kurutuldu.

### 2.2. Böceklerin Toplanması

*Cetonia aurata* 'nın 1. 2. ve 3. instar larvaları koyun ağılında depolanmış 3-4 yıllık koyun gübre-toprak karışımından toplanmıştır. Toplanan larvalar içerisinde koyun gübresi ve toprak karışımı bulunan plastik (25x30x20) kaplarla laboratuvara getirildi. Böcek larvaları L16 (26 ° C): D8 (20 ° C) foto süresi, yaklaşık 2500 lüks aydınlatma ve yaklaşık % 70 ± 10 bağıl nem olan organik iklim dolabında deneyler kurulana kadar bekletildi. Bu larvalar havuç lapası ile [*Daucus carota* L. (Apiaceae)] haftada 2 kez beslendi. Tüm larvalar deneyler oluşturulmadan önceki hafta boyunca sadece bir kez beslendiler. Thorsten ve ark., (2003)'e göre birinci, ikinci ve üçüncü larva dönemlerine ait larvaların net ağırlıkları hesaplandı sırasıyla (minimum ila maksimum aralık) böceklerimizde ise sırasıyla 1. instar 104 ağırlık (90 ila 133) 2. inst 310 (130-740) 3. inst 2.26 (646-3.980) ağırlıklarındaydı.

### 2.3. Bitkinin Kök Özütlerinden Besiyerlerinin Hazırlanması

Bitki numunelerinin kökleri yıkanıp kurutulduktan sonra blenderde iyice parçalandı. Kar beyaz bir püre oluştu. Sonra bu pürenin üzerine % 95 lik saf etil alkol ilave edildi. Çözelti + 4 derecede 2 gün bekletildi. Karışımın konsantrasyonu ve atık pürenin ağırlığı belirlendi. Temiz bir cam beherde 600 gr. karışım oluşturuldu. Bu karışım 200 gr mısır unu, 200 gram buğday unu ve rendelenmiş 200 gram taze havuç püresi birbirine iyice karıştırıldıktan, sonra oluşturulan bu karışım beş eşit parçaya bölündü. Her bir parça üzerlerine Etil alkol içinde bulunan kök püresinden ve özütününden; Kontrol, 20 mg ml, 40 mg ml, 80 mg ml, ve 160 mg ml olmak üzere konsantrasyonlar oluşturuldu.

Su kullanılmadı çünkü havuç püresi zaten su ihtiva ediyordu. Oluşan macun yapışkan ve yarı katı kıvamdaydı bu macun konik şeklinde plastik kalıplara yerleştirildi. Daha sonra  $30 \pm 1$  °C' de ve %70-80 r.h.'de içerdikleri alkolden ve içerilen maddelerin dengelenmeleri için bir inkübatöre aktarıldılar. 48 saat boyunca her macun diski kurutuldu böylece alkoluda uzaklaştırıldı kuru her bir besiyer 25 ila 30 g ağırlığındaydı. Bu yöntem Xie ve ark. (1996) tarafından belirlenen yöntem baz alınarak ve motifeye edilerek hazırlanmıştır (Şekil 1).

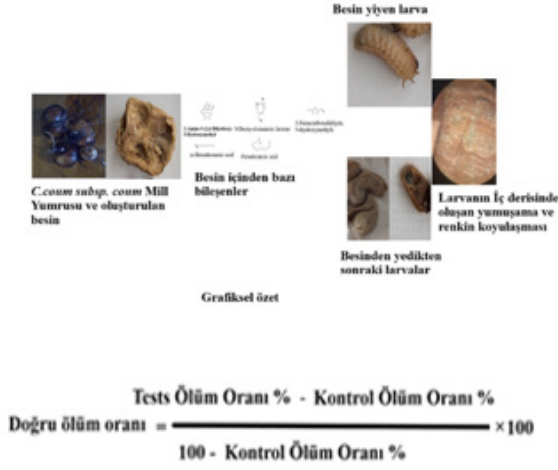


**Şekil 1.** A) *Cyclamen coum* subsp. *Coum* kök örnekleri B) *C. aurata* Sağlıklı larvalar C) Kök Macunu

**Figure 1.** A) *Cyclamen coum* subsp. *Coum* root samples B) *C. aurata* healthy larvae C) Root paste

Toplanarak laboratuvara getirilen ve deneyler için bekletilen böcekler, 500 ml'lik karanlık şişelerin her birinde 20 adet 1. 2. ve 3. dönem arasındaki geçiş larvası her bir şişeye tartılarak bırakılan diyetle yerleştirildi. Deneyde tüketilen yiyecek miktarına göre, mutlak caydırıcılık katsayısı formül kullanılarak hesaplandı (Kielczewski ve ark., 1979) katsayı =  $(C - T) : (C + T) \times 100$ , burada T deneysel varyanttaki tırtullar ve *C. aurata*'nin ağırlığı kontrol varyantında tüketilen yiyecek. Değişiklikler test edilen tırtulların vücut ağırlığı ve miktarı mg vücut ağırlığı artışı başına yenen yiyecekler de not alınmış. Test edilen tüm larvalar 12: 12 saatlik bir foto periyodunda  $26 \pm 2$  ° C ve % 60 bağıl neme tabii tutulmuştur. (Thiery and Frachon, 1997; Lipa, 1975). Ölü larvalar hemen ortamdan uzaklaştırıldı ve biyolojik analizler için deney setleri 8-10 güne kadar günlük olarak kontrol edildi. Tüm deneylerde 1. 2. ve 3. inst. larva ölüm oranı yüzdesi FAO (2004) tarafından tavsiye edilen Abbott'un (1925) formülü kullanılarak değerlendirildi (Şekil 2). Tüm testler üç kez yapıldı.





Şekil 2. Abbot formülü

Figure 2. Abbot formula

#### 2.4. Bitki Köklerinden Oluşturulan Besinlerin GC / MS Analizi

Etanol özü, sodyum sülfat (2g) ile süzüldü ve çözelti içerisine nitrojen fukurda-tarak 1 ml'ye konsantre edildi. Çıkarılan materyal, GC-MS analizi için alındı. Gaz kromatografisi - Kütle spektroskopisi (Agilant 6890 / Hewlettpackard 5975) elekt-ron darbe (EI) modu ile donatılmıştır. Helyum, 1 mL / dakikalık bir akış hızında taşıyıcı gaz olarak kullanıldı. Sıcaklık 80 °C'de 5 dakika programlandı ve ardından 15 o C / dak hızla 300 °C'ye çıkarıldı. Enjektör ve el detektörünün (70eV) sıcaklığı sırasıyla 280 °C ve 300 °C idi. 29µL'lik her bitki özütü, bir Hamilton şırıngası ile GC / MS'ye manuel olarak enjekte edilmiştir.

#### 2.5. İstatistiksel Testler

Laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen veriler kullanılarak Statistica Yazılımı varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur (Statistica, 1997). Elde edi-len sonuçlar üretim ve çıkış oranı Tukey testi kullanarak tek yönlü analiz edildi. Tüm testler için 0,05 anlamlılık düzeyi kullanıldı.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Bitki Özütlerinin Antifeedant Kat Sayıları

Bu çalışmada kullanılan Kök özütlerinin 20 mg ml 40 mg ml 80 mg ml 160 mg ml konsantrasyon besinlerin, 1. 2. ve 3. İnstar *C. aurata* larvaları üzerindeki antifeedant etkisini belirlemek için Kielczewski formülü kullanıldı (Kielczewski ve ark., 1979). Görüldüğü üzere hesaplanan antifeedant sonuçlarında; *C.aurata* larvalarının tüketmiş olduğu besin miktarı Tablo 1'de gösterilmiştir. Bu çalışma sonuçlarına bakıldığı zaman *C. Coum* kök macununun 40 mg ml konsantrasyonun en yüksek 60.66 gibi bir antifeedant etki olarak 2. instar larvalara gösterdiği benzer şekilde 20, 80 ve 160 mg/ml konsantrasyonlarda 2. inst larvaya 58.86, 54.09 ve 55.78 bir antifeedant etki gösterdi. 1. ve 3. larvaların besinden daha çok yediği yani antifeedant etki oldukça düşük bir değerde olduğu gözlemlendi. *C. Coum* kök macununun tüm konsantrasyonları en düşük 2.500 gibi bir antifeedant etki olarak 1. instar larvalara gösterdiği benzer şekilde 20 mg ml konsantrasyonlarda 3. inst larvaya 17.81 düşük bir değerde antifeedant etki gösterdi. *C.aurata* larvalarının tüketmiş olduğu besin miktarı beslenmesi de *Cyclamen coum* kök macununun 40-80 ve 160 mg ml konsantrasyonun ilaveli kök macunuyla sınırlıydı.

**Çizelge 1.** *C. aurata* larvalarının beslenmesi üzerinde *C. coum* subsp. *coum* 4 farklı konsantrasyonundaki bitki kök macununu antifeedant etkileri (1. Instar, 2. Instar ve 3. İnstar)

**Table 1.** Antifeedant effects of plant root paste at 4 different concentrations of *C. coum* subsp. *coum* on feeding of *C. aurata* larvae (1st Instar, 2nd Instar and 3rd Instar)

Bitki Kök macununu farklı konsantrasyonu	Bitki kısmı	Deney kapına yerleştirilen yiyerek (mg)			Toplam Gıda tüketimi (mg)			Antifeedant Kat sayısı			Larva başına besin tüketimi (mg cinsinden)			8-10 gün sonra bir larva için vücut ağırlığının değişimi (mg cinsinden)			8-10 gün sonra bir larva için vücut ağırlığının yüzde değişimi (mg cinsinden)		
		1. inst.	2. inst.	3. inst.	1. inst.	2. inst.	3. inst.	1. inst.	2. inst.	3. inst.	1. inst.	2. inst.	3. inst.	1. inst.	2. inst.	3. inst.	1. inst.	2. inst.	3. inst.
<i>C. coum</i> subsp. <i>Coum</i>	root	1. inst.	2. inst.	3. inst.	1. inst.	2. inst.	3. inst.	1. inst.	2. inst.	3. inst.	1. inst.	2. inst.	3. inst.	1. inst.	2. inst.	3. inst.	1. inst.	2. inst.	3. inst.
Control	root	12.47	20.96	21.63	486	923	1240	-	-	-	81	153.8	206.66	124.0	560.9	9548	12.37	14.45	21.6
20mg/ml	root	21.38	16.65	24.84	462	239	865	2.300	*58.86	17.81	77	39.83	144.16	-57.00	-254.3	-2602.	-27.02	-43.89	-54.50
40 mg/ml	root	19.50	18.53	18.59	417	226	523	7.600	*60.66	40.66	69.5	37.66	87.16	-280.0	-685.3	-2340.8	-45.16	-24.44	-49.05
80 mg/ml	root	21.50	22.82	21.76	402	275	467	9.450	54.69	45.28	67	45.83	77.83	-354.3	-632.7	-2.511.6	-57.14	-22.56	-52.64
160 mg/ml	root	22.38	18.50	20.97	237	262	455	34.43	55.78	*46.33	39.5	43.66	75.83	-224.0	-623.1	-2.676.7	-36.12	-22.21	-56.10

#### 3.2. Bir Böcek Larvasının Bitki Kök Özütü İçerikli Besinden 8-10 Gün İçinde Tüketmiş Olduğu mg Besin

Araştırmamızın bu bölümünde deney şişelerine bırakılan farklı konsantrasyon ilaveli *C. coum* subsp. *Coum*. kök macunlarından *C. aurata* larvalarının, 8-10 gün içerisinde tüketmiş oldukları besin miktarının, bir adet larvaya düşen kısmı hesaplanarak Tablo 1'de gösterildi. Bu değerlere bakıldığında en fazla, "larva başına tüketilen besin miktarının" 144,16 mg tüketim ile 20 mg/ml konsantrasyon 3. İnst., 45.83 mg tüketim 80 mg ml konsantrasyon ile 2. İnst. ve 77 mg tüketim

20 mg ml konsantrasyonla 1. İnst larvaların bulunduğu deney kabında olduğu görülmektedir. Bunu yanı sıra en az besin tüketimi 39.5 mg 1. inst larva 37.66 mg ile 2. inst larva ve 75.83 mg ile 3. instar larvaların bulunduğu deney kaplarında gerçekleşmiştir. Çalışmada kullanılan test bitki özüt konsantrasyonunun bulunduğu deney kaplarında larva başına tüketilen besin miktarının bir birine yakın değerlerde olduğu tespit edildi.

### 3.3. Farklı Konsantrasyon İçerikli Kök Macununun İsektisidal Aktivitele- rinin Karşılaştırılması

Farklı konsantrasyonlarda 20-40-80-160 mg/ml hazırlanan bitkinin kök özütleri karıştırılarak oluşturulan kök macunları *C. aurata* 1. 2. ve 3. inst. Larvaları üzerinde önemli etkilere sahip ( $P < 0.05$ ) olduğu tespit edildi. Beslenme yoluyla belirlenen insektisidal aktivite, değerinin en düşük olduğu konsantrasyonu 40 mg ml kök macunuyla ile %  $75.88 \pm 3.57$  gibi bir oranla 3. inst larvaya olduğu tespit edildi. Bununla birlikte 2. ve 3. inst larvalara karşı 40-80 ve 160 mg ml konsantrasyondaki kök macunları besinleriyle beslenen larvalar hemen hemen aynı değerde olduğu bir toksite tespit edildi (Tablo 2. Şekil 6.) Deneyde kullanılan tüm bitki kök özütleri macunu *C. aurata* larvaları (1. 2. ve 3.) inst larvaları üzerine LC50 değerleri %  $77.77 \pm 2.32$ -  $94.13 \pm 6.45$  aralığında oldukça yüksek bir oran insektisidal görüldü. Larvalar bu besinle beslenmelerinin ardından larvaların morfolojilerinde oldukça farklılık değişikliklerin olduğu gözlemlendi. Özellikle ölen larvaların boylarında kısalma renklerinde kararma ve larvaların üzerindeki tüylerin döküldüğü, larvaları ağırlık kaybı olduğu tespit edildi (Şekil 3).

**Çizelge 2.** Dört farklı konsantrasyonundaki bitki kökü macununun ve kontrolün *C. aurata* larvaları üzerindeki toksisite etkileri

**Table 2.** Toxicity effects of four different concentrations of root paste and control on *C. aurata* larvae

<i>C. ooum subsp. Coum</i> kök macununun	1 instar	2 instar	3 instar	1 instar	2 instar	3 instar
<b>Farklı konsantrasyonları</b>						
.Kontrol	20	20	20	20±4.76	15± 3.45	15± 6.84
20mg/ml	20	20	20	83± 33.76	76 ± 4726	76.83±6.23
40 mg/ml	20	20	20	77.77±2.32	82,35 ± 2.94	75.88 ±3.57
80 mg/ml	20	20	20	85.56 ±6.43	94.11 ± 4.63	94.13 ±6.45
160 mg/ml	20	20	20	88.88 ± 89.9	88,23 ± 6.84	88.23 ±5.29

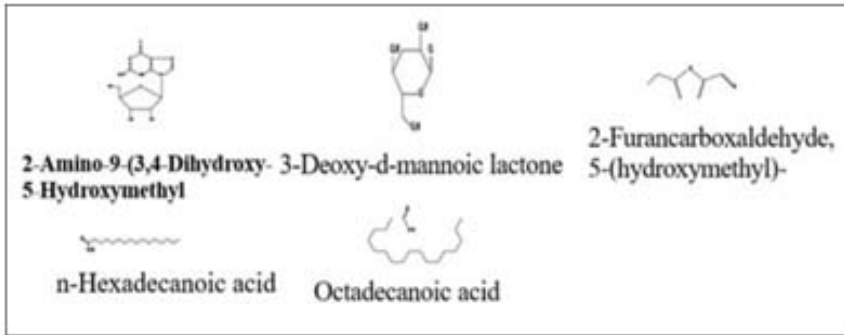
### 3.4. *Cyclamen coum* subsp. *coum* Mill Yumrusunun Etanol Özütlerinin GC-MS analizi

*C.coum* subsp. *coum* Mill yumrusunun çözücü özütlerinde tutma süreleri (RT), moleküler formülü, moleküler kütleleri (MW) ve konsantrasyonları (%) ile aktif esaslar Şekil 4 ve 5'de sunulmuştur. *C.coum* subsp. *coum* Mill etanol özütü 25 ana kimyasal bileşeni tanımladı. *Arum italicum* etanol özütünün bileşikleri, ve bu bileşiklerin tutulma indisleri, yüzde bileşimleri, kimyasal yapıları ve aktiviteleri Tablo 3. de verilmiştir. Sonuçlar, Octadecanoic acid, (% 52.09), n-Hexadecanoic acid, (% 13.52), 2-Amino-9-(3,4-Dihydroxy-5-Hydroxymethyl-Tetrahydro-Furan 2-Yl)-3, 9-, (% 13.46), 2-Furancarboxaldehide, 5-(hydroxymethyl)-, (% 1.36), 3-Deoxy-d-mannonic lactone, (% 2.90), 2,4(1H,3H)-Pyrimidinedione, 5-methyl, (% 1.17), olarak ana bileşikler tespit edilmiştir. Bu kimyasal bileşenlerin yüzdeleri Şekil 4 ve 5'de gösterilmektedir. Kimyasal bileşenlerin yüzdelerine ve önceki çalışmalara dayanarak, 1.2. ve 3. *C. aurata* larvaları üzerindeki antifeedant etkisini, insektisidal tokside etkisi vücut ağırlığındaki değişim ve tüketilen besin gibi aktiviteler larvalar üzerindeki aktiviteleri farklı formüllerle değerlendirilmiştir.



**Şekil 3.** A) Beslenmenin sonucunda ölü Larvalar B) Bitki özütü olmayan Kök Macunundan Beslene Sağlıklı larvalar. C) Besinlerle beslenen ölü larvaların vücutlarındaki renksizlik ve deformasyonlar Oklar Sağlıklı ve ölü Böceklerin en son sekmekteki atık maddelerin yerini göstermekte D) Deney boyunca 8-10 günlük kontroller E) Beslenen 3. İnstar larvanın vücudunda oluşan büzülme ve deformasyon

**Figure 3.** A) Dead Larvae as a result of feeding B) Healthy larvae fed from Root Paste without Plant Extract. C) Discoloration and deformations in the bodies of dead larvae that feed on food Arrows show the location of the waste materials in the last bounce of healthy and dead Insects D) 8-10 day checks throughout the experiment E) Shrinkage and deformation in the body of the fed 3rd instar larva



**Şekil 5.** *C.coum subsp. coum* Mill yumrusunun GC/MS sonucunda tespit edilen önemli bileşiklerden bazıları

**Figure 5.** Some of the important compounds detected by GC/MS of *C.coum subsp. coum* Mill tuber

**Çizelge 13.** *C.coum subsp. coum* Mill, bitkisinin yumrularından elde edilen ethanol ekstraktlarının GC/MS ile tespit edilen bileşikleri.

**Table 3.** Compounds of ethanol extracts obtained from tubers of *C.coum subsp. coum* Mill plant detected by GC/MS.

	R.Time	Area	Area%	Height	Height%	Name
1	3.172	560188	0.27	421565	0.98	Formic acid, 2-propenyl ester (CAS)
2	3.200	312805	0.15	202202	0.47	2-methyloxazole
3	3.399	219821	0.11	138501	0.32	1,3-Dioxol-2-one, 4,5-dimethyl-
4	3.594	2415147	1.17	581120	1.35	2,4(1H,3H)-Pyrimidinedione, 5-methyl- (CAS)
5	3.736	297105	0.14	138454	0.32	Cyclopentanol (CAS)
6	3.906	311326	0.15	144005	0.33	
7	3.967	232625	0.11	171695	0.40	2,3-Dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-4H-pyran-4-one
8	3.989	274660	0.13	156093	0.36	Octanoic acid
9	4.170	293588	0.14	100177	0.23	1,2-Benzenediol (CAS)
10	4.351	2809547	1.36	775934	1.80	2-Furancarboxaldehyde, 5-(hydroxymethyl)- (CAS)
11	4.466	301928	0.15	164347	0.38	Nonanoic acid (CAS)
12	5.097	1300721	0.63	366262	0.85	
13	6.111	27902704	13.46	1457231	3.39	2-AMINO-9-[3,4-DIHYDROXY-5-HYDROXYMETHYL-TETRAHYDRO-FURAN-2-YL]-3,9-
14	6.461	251217	0.12	122838	0.29	2,7-DIMETHYL-4,5-OCTANDIOL
15	6.650	299867	0.14	127149	0.30	
16	7.302	6008191	2.90	410828	0.96	3-Deoxy-d-mannoic lactone
17	7.630	3051815	1.47	305928	0.71	
18	8.697	522907	0.25	232055	0.54	Tetradecanoic acid (CAS)
19	9.779	267798	0.13	128456	0.30	Pentadecanoic acid
20	10.889	28026987	13.52	9975239	23.20	n-Hexadecanoic acid
21	11.873	1134452	0.55	482648	1.12	Heptadecanoic acid (CAS)
22	12.933	107944342	52.09	25189628	58.57	Octadecanoic acid
23	15.987		1292230	0.62	285658	
24	18.925	20702708	9.99	742278		
25	22.125	508792	0.25	183943	0.43	Stigmasta-5,23-dien-3.beta.-ol

#### 4. TARTIŞMA

Bitkilerden elde edilen özütler yeni toksinlerin ve/veya beslenmeyi önleyici maddelerin keşfi son zamanlarda bilim insanlarının ilgisini çekmiş ve potansiyel bir yöntem olarak vurgulanmıştır. Bilim insanlarının “ekolojik olarak güvenli pestisitlerin” geliştirilmesi için Ham bitki özlerinin taranması için yeterli benzer çalışmalar yapılmaktadır. Böceklere karşı botanik böcek öldürücüler olarak biyolojik aktivite için test edilen bir çok birki özü bu alanda kullanılmaktadır (Wheeler, ve ark.,2001) Büyüme inhibisyonu gibi etkiler göz önüne alındığında, potansiyel botanik insektisitleri tararken çoklu biyoanaliz türleri gibi diğer sonuçlarla her zaman ilişkili olmayabilir (Akhtar, ve Isman, 2004) Bu nedenle, mevcut araştırmada, Aşağıdakiler dahil birçok etki türünü değerlendirdik: 1) Toksisite 2) larvaların bireysel besin tüketimi 3) Beslenme caydırıcılığı (Antifeedant) ve 3) Bitki özündeki etkili olabilecek bileşiklerin litertür yardımıyla ortay çıkarılması (GC/MS analizi ile).

Farklı *Cyclamen* türleri üzerine yapılan erken araştırmalar triterpenoid saponinler, bir piperidin alkaloidi ve sterollerin izolasyonu ile sonuçlanmıştır (Yaylı ve ark., 1998; Mihci-Gaidi ve ark., 2010). Genel olarak daha fazla saponin içeriğine sahip bitkilerin iyi sitotoksik aktivite gösterdiğine, yani toplam saponin içeriği ile sitotoksik aktivite arasında doğrudan bir korelasyon olduğuna inanılmaktadır. Bazı triterpen saponinleri ve glikozitleri içeren birkaç *Cyclamen* türünün kimyasal bileşimi hakkında bazı çalışmalar vardır (Altunkeyik ve ark., 2012; Mammadov, 2014). Ayrıca, *C. repandum* ve *C. mirabile* gibi bazı *Cyclamen* türlerinin analjezik, antiinflamatuvar ve antimikrobiyal aktiviteleri bildirilmiştir (Mammadov, 2014). *Cyclamen* yumrularında bol miktarda toksik saponin bulunur. (Zeybek ve Zeybek, 1994). Ticari olarak önemli bileşikler olarak saponinler, gıda, kozmetik ve ilaç endüstrisi antikanser, antioksidan, antihipertansif, (Mammadov, 2014). *C.coum* subsp. *coum* Mill. Bitkisinin yumrularından elde edilen etanolik çözelti GC7MS analizi sonucunda n-Hekzadekanoik asit larvisidal etki özelliğine sahiptir (Falodun ve Choudhary 2009). İlginç bir şekilde, *S. tigtum*'un EtOAc özütleri, *S. littoralis*'in farklı patojenik aşamalarına karşı en güçlü böcek öldürücü aktiviteye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan bu çalışmada *S. tigtum* EtOAc özütünün dört ana bileşiği, çeşitli minör elementlere ek olarak cis-13-oktadekanoik asit, sebasik asit, pentametoksi flavon ve n-heksadekanoik asit olarak tespit edildi. Bildiğimiz kadarıyla bu, bu zararlı böceğin neden olduğu çeşitli hastalıkların biyokontrol stratejileri için yeni bir yol açabilecek olan, pamuk yaprak solucanı *S. littoralis*'in kontrolünde *S. tigtum*'un potansiyelini açıklayan ilk rapordur ( El-Sayed ve ark., 2020). GC-MS analiz işaretleri, böcek öldürücü aktiviteden potansiyel olarak sorumlu olan önemli sivrisinek öldürücü bileşikleri, yani N-heksadekanoik asit (%13.6040) (Senthilkumar ve ark., 2011); Z,Z-9,12 dektadekadienoik asit (%33,74); 9-eikosin (%10.832); heptacosane (%5.148); tetraterakontan (%5.801); ve 7-heksileikosanın (% 5,723) da böcek öldürücü aktivitede rol oynadığı düşünülmektedir. Vivekanandhan ve ark. yaptıkları bir çalışmanın sonucunda, standartla değerlendirmedeki

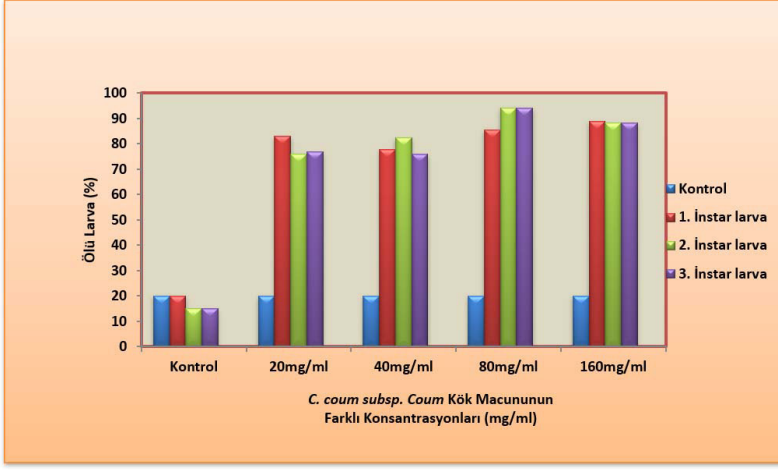
ana bileşiğin N-heksadekanoik asit olduğunu göstermişlerdir ve yukarıdakilere dayanarak, *B. bassiana*-28 miselyal özünden elde edilen N-heksadekanoik asidin özüte böcek öldürücü aktivite veren ana metabolit olabileceği sonucuna varılmıştır. (Vivekanandhan ve ark., 2018). Önceki çalışmalarda böcek öldürücü özellikler için kullanılan 6 kimyasal, Gliserin, 2-Hidroksi-gama-butirolakton, Toplamda% 28,7 ile neofitadien, n-Hekzadekanoik asit, cis-Vaccenic asit ve Oktadekanoik asit. Tüm bu kimyasal bileşenlerin larvisidal aktivite üzerinde doğrudan etkileri vardır ve orada larvisidal aktivite sürecinde sinerjik olarak hareket edebilen diğer birçok bileşiktir. Benzer şekilde, Ravi ve arkadaşları (2018), Bu bitki özünden elde edilen çoklu kimyasal bileşiğin larvasit özelliklerini tartışmışlar. Daniel ve ark. yaptıkları çalışmalarda metabolitler 5-hidroksimetil-2-furanoik asit, dipikolinik asit ve monometil dipikolinat, *B. bassiana* nin etil asetat özünden izole edildi, ve insektisit aktivitesi sonuçları, *B. bassiana* özütlerinin *A. diaperinus* kontrolüne bir alternatif olduğunu gösterdi (Daniel ve ark., 2019). Bu sonuçlar ışığı altında *Cyclamen.coum* subsp. *coum* Mill, yumrularından elde edilen etanol özütünün GC/MS sonuçlarında Octadecanoic acid, n-Hexadecanoic acid tespit edilen bileşiklerin arasında olup bu bileşiklerin yüksek düzeyde larvasit insektisidal ve toksitesinin olduğu bir çok çalışmada gösterilmiştir. Her bitki türü, yalnızca herhangi birinden değil, bir dizi ikincil metabolitin ekspresyonu yoluyla kendisini böcek hasarına karşı birçok yoldan korur ve konsantrasyonlarına bağlı olarak bir böcek ilacı eylemi gerçekleştirilebilir (Silva ve ark., 2003). Bu durumda, *S. molle*'den elde edilen ikincil metabolitler, özellikle bir aktif bileşiği izole etmeden *X. luteola* üzerindeki böcek öldürücü etkiyi artırabilir. Bu botanik insektisit, bitkinin ikincil metabolizmasından türetilen moleküllere sahip olduğundan, faydalı böcekler üzerinde sınırlı bir etki gösterirler; ayrıca memeliler ve insanlar için nadiren toksik olmalarının yanı sıra farklı etki mekanizmalarına sahip oldukları için böceklerde direnç gelişimi sınırlıdır (Regnault-Roger ve ark., 2005). Ayrıca, bu biyoinspektisit biyolojik olarak parçalanabilir, yenilenebilir bir karaktere sahiptir ve haşerelere karşı doğal direnci azaltmak, bu haşerenin kentsel ağaçtaki sürdürülebilir yönetimine katkıda bulunabilir. *S. molle*'de bunlar esas olarak kostik oleoresinlerdir. Clevenger distilatörü kullanan Dikshit ve ark. (1986) *S. molle* yapraklarının %2.1-2.3 yağ içerdiğini belirlemiştir. Huerta ve ark. (2010), *S. molle* yapraklarından elde edilen etanol ve su ekstraktlarının toksisitesini, karaağaç yapraklarına da zarar veren *X. luteola* yetiştiricilerinin, *S. molle* yapraklarından elde edilen ekstraktlara üçüncü dönem larvalarından daha fazla etkilendiğini göstermektedir. Yukarıda belirtilen çalışmalar, *S. molle* ekstraktlarının insektisit etkilerinin bitki kısımlarına, bitkinin olgunluk durumuna, ekstraksiyon, uygulama yöntemi, ve böcekleri hedef alın, her halükarda araştırmaya değer umut verici sonuçlarla. Kullanılan bitkinin olgunluk durumuna göre, *X. luteola* larvalarının daha yüksek ölüm oranı, genç *S. molle* yapraklarından elde edilen özütlerde meydana geldi; bu, yaprakların bu olgunluk durumunda daha yüksek aktif bileşik konsantrasyonu ile açıklanabilir. *Cyclamen* L. (Primulaceae) cinsine ait birkaç tür, biyolojik özellikleri nedeniyle geleneksel tıpta yaygın



olarak kullanılmaktadır, ancak bu bitki üzerinde çok az araştırma yapılmıştır. *Cyclamen* türlerinin fitokimyasal taraması, bu bitkinin yumrularının triterpenoid saponinler açısından zengin olduğunu ortaya çıkarmıştır (Altunkeyik ve ark., 2012). Farklı çözücülerle ekstrakte edilen *Cyclamen coum* yumruğunun saponin bileşikleri, TLC ile farklı profil göstermiştir (Ahmadbeigi ve Saboora, 2009). *Cyclamen* saponinin sitotoksik, spermidal, antimikrobiyal, analjezik ve antiinflamatuvar özellikleri farmakolojik çalışmalarla gösterilmiştir (Yaylı ve ark., 1998). *C. hederifolium* *Aiton* yumruları dövülüp belli bir miktar suyun içine konur, daha sonra süzülen su tütün fidelğine verilerek zararlı böcekleri öldürücü olarak kullanılmaktadır (Osborn, 2003). Çünkü bitkiler bünyelerindeki saponinleri, çevreden gelebilecek zararlı etkenlere karşı kendilerini savunmada kullanmaktadırlar (Fidan and Dündar, 2007). Saponinlerin böceklere karşı olan toksitesinin, bitkiyi böcek saldırılarına karşı koruduğunu göstermektedir (Küçükkurt ve Fidan, 2008). *Cyclamen* bitki ekstraktı uygulanan hastalarda, sinüzitlerdeki mukus membranlar üzerindeki mukosilyar taşımanın belirgin şekilde arttığı da bulunmuştur (Piskunov ve ark., 2009). Bu çalışmalar, bitkinin patolojide koruyucu ve tedavi edici ajan olarak kullanılmasının giderek daha önem kazandığını göstermektedir. Yumruları tıpta, kozmetikte kullanılmakta ve gen kaynağı olarak yararlanılmaktadır (Piskunov ve ark., 2009). Saponinlerin kimyasal yapısı Genelde amorf ve renksiz olan, fakat kristal yapıda ve beyaz renkte türleri bulunan saponinler; su, etil alkol, metil alkol gibi polar çözücülerde çözünen moleküllerdir (Fidan ve Dündar, 2007). *E. obliqua* larvaları üzerindeki farklı safliktaki çay saponinlerinin mide toksitesini değerlendirmek (Zeng ve ark., 2018). Sonuçlar ayrıca çay saponinlerinin böcek öldürücü özelliklere sahip olduğunu ve % 99 saflığa sahip çay saponinlerinin *E. obliqua* larvalarında ham etanol ekstraktından 2.2 kat daha yüksek mide toksitesi gösterdiğini doğruladı (Zeng ve ark., 2018). Yapılan bir çalışmada, çay saponin ile muamele edilmiş yapraklar, *E. obliqua* larvalarının orta bağırsağında ciddi hasara neden olmuştur. Orta bağırsağın temel işlevleri arasında sindirim enzimlerinin üretimi ve besin alımı yer alır. sindirilmiş ürünler (Akai ve ark., 1984; Serrão, ark., 1995). Böceklerin orta bağırsağındaki peritrofik matris (PM) esas olarak kitin ve proteinlerden oluşur ve sindirimi desteklediği ve aşındırıcı gıdalardan koruma sağladığı düşünülmektedir. partiküller ve enterik patojenler (Agrawal ve ark., 2014). Sonuçlar, çay saponinlerinin orta bağırsak epitel hücrelerinde fizyolojik ve morfolojik hasara neden olabileceğini göstermektedir. Çay saponinlerinin emilmesinden sonra hücreler, enerji detoksifikasyonu için vakuolizasyon ve vezikül salınımı sergilediler. Çay saponinlerinin aşırı toksitesi, orta bağırsakta daha küçük mikrovilluslara ve hücre ölümüne yol açar. Bu çalışmada kullanılan bitki yumrularında saponin ve diğer böcek öldürücü bileşiklerin olduğu tespit edilmiştir. Saponin ve bazı bitki bileşikleri böcekte oluşan bazı enzimleri ve gelişme moleküllerinin sentezini durduğu ve böylece böceklerin ya larva dönemimde veya pupa evresinde gelişemediği öldüğünü rapor etmişlerdir (Akai ve ark., 1984; Serrão ve ark., 1995). Saponinler ve diğer bileşikler olan çok çeşitli böcek zararlılarına kar-



şı hızlı çalışan ve güçlü bir etki sergiledikleri için açık böcek öldürücü aktivitelere sahiptirler. En çok gözlenen etkiler, artan ölüm oranı, düşük gıda alımı, kilo kaybı, gelişimde gecikme ve morfolojik hasarlardır. Daha önce, tarla bitkilerinin böcek zararlılarının yanı sıra depolanmış tahıl ürünlerinin yönetimi için çeşitli kaynaklardan (örneğin bitkiler, mikroplar) maksimum çevre dostu molekülleri dahil etmek için çeşitli yaklaşımlar kullanılmıştır. Örneğin, farklı entomopatojenlerin (örn., Mantar, bakteri) uygulanması, böcek zararlılarına karşı birçok böcek ilacı kombinasyonu ile araştırıldı ve mükemmel sundular. Sonuçlar. Ayrıca, bitki özleri (yaprak, sürgün, çiçekten) da sürekli olarak otçulların ve depolanmış tahıl böcek zararlılarının yönetimi için kullanılmaktadır. Bu nedenle, bitki metabolitlerinin farklı bitki parçalarından karakterizasyonu ve izolasyonuna odaklanılmıştır. Bundan sonra bu metabolitler kategorize edildi potansiyellerine ve faaliyetlerine göre farklı sınıflara ayrılmıştır. Karakterize edilen metabolitlerin bir kısmı, böcek zararlılarının farklı yaşam evrelerine karşı böcek öldürücü etkiler verirken, bazı moleküller antimikrobiyal aktiviteler sergilemiştir. Bu metabolitlerin ana böcek öldürücü bileşeni saponin molekülleri idi ve bu saponinler, steroidal veya triterpenoid saponinler olarak karakterize edilmiştir. Bu saponinler, sap emme ve çiğneme dahil olmak üzere tarla ve depolanmış tahıl haşerelerinin çeşitli enzimatik faaliyetlerini bozarak böcek zararlılarının büyümesinin engellenmesinde önemli bir rol oynarlar. Bu nedenle, ticari tekniklerin geliştirilmesine ciddi bir ihtiyaç vardır. Saponin izolasyonu ve saflaştırması ve saponin molekülleri ile çeşitli böcek enzimlerinin yanı sıra duyarlı böcek hücrelerinin etkileşimini derinlemesine araştırmak. Bu tür araştırmalar, böcek bağışıklık sisteminin moleküler yollarını bulmaya da yardımcı olabilir. Daha sonra, bu yollar farklı moleküler yaklaşımlarla kullanılabilir. Böcek zararlılarının genetik yapısının değiştirilebildiği ve böcek zararlılarının yönetiminde çok yardımcı olabilir. Bizim çalışmamızda da böceklerde oluşan ölüm yüzdesinin yüksek oluşu bu ve diğer bazı bileşiklerden olduğu kanaatindeyiz. Ayrıca bu bitki yumruları dost bir çevre ve böceklere yani zararlılara karşı kullanılacak bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Çalışmamızda kullandığımız bitki yumrusu saponin ve diğer bileşikleri bünyesinde bulunduran önemli bir böcek öldürücü olarak kullanılabilecek potansiyeli vardır. Sonuç olarak, test edilen *C. coum* subsp. *Coum* bitki kök özütü çoğu durumda minimum toksisite ile *C. aurata* larvalarının etkili beslenme caydırıcıları olduğunu göstermektedir. Sonuçlarımız, bileşiklerin etkinliğini iyileştirmede ve tarım için yeni, toksik olmayan böcek kontrol ajanlarının tasarlanmasında yararlı olan bazı yapı-aktivite ilişkilerini önermektedir. Güçlü besleme caydırıcı özellikleri nedeniyle sera veya tarladaki bitkileri korumak için kullanılabilirler.



**Şekil 4.** Toksikite değerlerinin grafiksel gösterimi

**Figure 4.** Graphical representation of toxicity values

## 5. SONUÇ

Doğal ürünlerin kullanımı, *C. aurata* larvalarının kontrolü için önemli bir alternatif beslenme önleyici olarak düşünülebilir. Sonuçlar Bu çalışmadan *C. coum subsp. Coum* bitki kök özütü , mükemmel beslenme önleyici ve toksite aktiviteye sahiptir ve bu tıbbi bitkilerde bulunan sekonder metabolitler, bu aktiviteden sorumludur. Bununla birlikte, beslenmeyi önleyici aktivite ve bunun hedef olmayan organizmalar üzerindeki etkileri ve saha değerlendirmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Buna göre, mevcut araştırmanın sonuçları yeni, daha spesifik, biyolojik olarak parçalanabilir doğal bileşiklerin seçilmesi için temel oluşturabilir. Bitki kökenli böcek öldürücüler ve antifeedantlar, zararlı böceklerin kontrolü için potansiyel değere sahiptir. Böcek direnci, haşere dirilişi ve hedef olmayan organizmalar üzerindeki zararlı etkiler sorunlarını sınırlayabilirler. Sonuçlar *C. aurata* böceği larvalarına karşı önemli toksik ve beslenmeyi önleyici etkiler ortaya çıkardı. Bu bileşiklerin bazıları, minimum toksisite ile böceklerin beslenme davranışını hedefleyen ticari böcek kontrol ajanları olarak gelişme potansiyeline sahiptir. Ancak bunların faydalı organizmalar, insanlar için güvenlik ve çevresel akıbetler üzerindeki etkilerinin belirlenmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- Amini, L., 2014. Bazı *Cyclamen* türlerinde (*C. cilicium*, *C. persicum* ve *C. hederifolium*) anter ve ovül kültürü yöntemlerinin embriyo uyardımına etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, s. 57.
- Ahmadbeigi, Z. Saboor A. 2009. Comparison of three methods for saponin extraction from tuber of *Cyclamen coum* Miller J. Sci. (Al-zahra Univ.), 21 (2), pp. 27-38
- Abbott, W.S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide Journal of Economic Entomology, 18 pp. 265-266.
- Augustin, J.M., Kuzina, V., Andersen, S.B., Bak, S., 2011. Molecular activities, biosynthesis and evolution of triterpenoid saponins. *Phytochemistry*, 72: 435-457.
- Agrawal, S., Kelkenberg, M., Begum, K., Steinfeld, L., Williams, C.E., Kramer, K.J., Beeman, R.W., Park, Y., Muthukrishnan, S., Merzendorfer, H., 2014. Two essential peritrophic matrix proteins mediate matrix barrier functions in the insect midgut. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 49, 24–34.
- Akhtar, Y., Isman, M.B., 2004. Comparative growth inhibitory and antifeedant effects of plant extracts and pure allelochemicals on four phytophagous insect species. *J Appl Entomol*; 128: 32-38.
- Akai, H., Kimura, K., Kiuchi, M., Shibukawa, A., 1984. Effects of anti-juvenile treatment on cocoon and cocoon filaments in *Bombyx mori*. *J. Sericultural Sci. Jpn.* 53, 545–546.
- Altunkeyik, H., Gulcema, D., Masullo, M., Alankus-Caliskan, O. 3ÖDFHQWH, S., Karayıldırım, T., 2012. Triterpene saponins from *Cyclamen hederifolium*. *Phytochemistry*, 73,127-133.
- Benbrook, C.M., Baker, B.P., 2014. Perspective on dietary risk assessment of pesticide residues in organic food *Sustainability*, 6 (6), pp. 3552-3570, 10.3390/su6063552
- Coscollá, R., 2004. Introducción a la protección integrada Phytoma-España, Valencia, España
- Crosby, D.G., 1966. Natural pest control agents (Ed. Crosby, D.G.). *Proceeding of the American Chemical Society*, Washington, D.C. pp 1-16
- Daniel, J.F.S., Scalco, A.V., de Souza, R.M., Ocampos, F.M.M., Barison, A., Alves, L.F.A., Neves, P., 2019. Susceptibility of *Alphitobius diaperinus* to *Beauveria bassiana* extracts. *Nat Prod Res.*33(20):3033-3036. ISSN:1478-6427. <http://dx.doi.org/10.1080/14786419.2018.1514396>.
- Dikshit, A.A., Naqvi, A., 1986. Husain *Schinus molle*: a young source of natural fungitoxicant *Appl. Environ. Microbiol.*, 51 (5), pp. 1085-1088.
- Dorow, E., 1993. Present practices of controlling desert locust outbreaks. In: *New strategies for locust control*. Ed: Rembold, H. ATSAF. Bonn. 89 pp pp 7-8.
- El-Sayed, A.S.A., Moustafa, A.H., Hussein, H.A., El-Sheikh, A.A., El-Shafey, S.N., Fathy, N.A.M., Enan, G.A., 2020. Potential insecticidal activity of *Sarocladium strictum*, an endophyte of *Cynanchum acutum*, against *Spodoptera littoralis*, a polyphagous insect pest. *Biocat. Agric. Biotechnol.* 24, 101524.
- Endrödi, S., 1956. *Entomological Society of London, New Edition, Handbooks for the Identification of British Insects*, ed. Barnard, P.C. and Askew, R.R. Lemezescsápú Bogarak Lamellicornia, Akademia Kiadó, Budapest, Hungary.
- Falodun A., Siraj, R., Choudhary, M.I., 2009. GC – MS analysis of insecticidal leaf essential oil of *Pyrenacantha staudtii* Hutch and Dalz (Icacinaceae). *Trop. J. Pharm. Res.* 8: 139 – 143.
- FAO, 1992. Pesticide residues in food. Report no. 116. 146 pp.
- Ferry, N., Edwards, M., Gatehouse, J., Gatehouse, M., 2004. Plant-insect interactions: molecular approaches to insect resistance *Curr. Opin. Biotechnol.*, 15, pp. 155-161
- Fidan, A.F, Dündar, Y., 2007. *Yucca schidigera* ve İçerdiği Saponinler ile Fenolik Bileşiklerinin, Hipokolesterolemik ve Antioksidan Etkileri, *Lalahan Hay. Araşt. Enst. Derg.*, 47 (2), 31-39.
- Food Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2004. Resistance management and integrated parasites control in ruminants/guidelines. In: *Module 1-Ticks: Acaricide Resistance, Diagnosis, Management and Prevention*. Food and Agriculture Organization, Animal Production and Health Division, Rome.
- Franzen, H., 1993. Need for development of new strategies for locust control. In: *New strategies for locust control*. Ed: Rembold, H. ATSAF. Bonn. 89 pp. 9-13.
- Grey-Wilson, C., 2002. *Cyclamen: A guide for gardeners, horticulturists, and botanists*, Pavillion Books Company Ltd. Batsford, s. 224.
- Huerta, A., Chiffelle, I., Puga, K., Azúa, F.J., 2010. Araya Toxicity and repellence of aqueous and ethanolic extracts from *Schinus molle* on elm leaf beetle *Xanthogaleruca luteola* *Crop Protect.*, 29, pp. 1118-1123.
- Howe, G., Jander, G., 2008. *Plant Immunity to Insect Herbivores Annu. Rev. Plant Biol.*, 59, pp. 41-66.

- Isman, M., 2002. Insect antifeedants Pestic. Outlook, 13, pp. 152-157.
- Isman, M., 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated World Annu. Rev. Entomol., 51, pp. 45-66
- Jacobson, M., 1975a. Insecticides from plants: A review of the literature, 1954-1971. Agricultural Handbook 461, U.S Department of Agriculture, Washington, D.C.138 pp.
- Jacobson, M. 1989. Botanical pesticides: past, present and future. pp. 1-10. En: Arnason, J. T., B.J.R. Philogène y P. Morand (eds.). Insecticides of plant origin. ACS Symposium Series 1989. 387 p.
- Jalali, N., Naderi, R., Shahi-Gharahlar, A., Teixeira Da Silva, J. A., 2012. Tissue culture of *Cyclamen*, Scientia Hort., 137:11-19.
- Jermey, T., 1990. Prospects of antifeedant approach to pest control. A critical review J. Chem. Ecol., 16, pp. 3151-3160
- Karagüzel, Ö., Aydınşakir, K., Kaya, A.S., 2007. Dünyada ve Türkiyede çiçek soğanları sektörünün durumu, Derim, 24 (1):1-10.
- Karolyi, F., Gorb, S.N., Krenn, H.W., 2009. Trapping pollen by the moist mouth: structure and function of the mouthparts in the flower visiting *Cetonia aurata* (Scarabeidae, Coleoptera). Arthropod Plant Interactions, 3: 1-8.
- Kielczewski, M., Drozd, B., Nawrot, J., 1979. *Badania nad repelentami pokarnowymi trojszka ulca (Tribolium confusum DUV.)* Materiały 19. Sesji Nauk. Inst. Ochr. Rorlin, pp. 367-376.
- Küçük Kurt, İ., Fidan, A.F., 2008. Saponinler ve Bazı Biyolojik, Kocatepe Vet J., 1, 89-96.
- Lipa, J.J., 1975. An Outline of Insect Pathology. Published for the US Department of Agriculture and the National Science Foundation, Washington D.C., by the Foreign Scientific, Technical and Economic Information Warsaw, Poland.
- Lovett, J.V., Jessop, R.S., 1982. Effects of residues of crop plants on germination and early growth of wheat Aust. J. Agric. Res., 33 pp. 909-916
- Mammadov, R., 2014. Secondary metabolites in seed plants. Nobel Pres, Ankara-Turkey., pp.93-115.
- Mathew, B., Özhatay, N., 2001. Türkiyenin *Cyclamen*leri, Türkiyede doğal olarak yetişen *Cyclamen* türlerinin tanım rehberi, Doğal Hayatı Koruma Derneği, İstanbul, s. 32.
- Mihci-Gaidi, G., Pertuit, D., Miyamoto, T., Mirjolet, J.F., Duchamp, O., Mitaine-Offer, A.C. and Lacaille-Dubois, M.A. 2010. Triterpene Saponins from *Cyclamen persicum*, Natural Product Communications, 5, 1023-1025.
- Miksic, R., 1965. Scarabaeidae Jugoslavije III, Naučno Društvo Bosne i Hercegovine, Sarajevo, Bosna i Hercegovina.
- N. Yaylı, C. Baltacı, A. Zengin, M. Kuçukislamoglu, H. 1998. Genc A triterpenoid saponin from *Cyclamen coum*. Phytochemistry, 48 (5), pp. 881-884
- Oerke, E.C., 2006. Crop losses to pests J. Agric. Sci., 144 , pp. 31-43
- Oerke, E.C., Dehne H.W., 2004 Safeguarding production - losses in major crops and the role of crop protection Crop Prot., 23, pp. 275-285.
- Osborn, AE (2003). Saponin In Cereals Phytochemistry, 62:1-4.
- Paulian, R., Baraud, J., 1982. Faune des Coleopteres de France. II Lucanoidea et Scarabaeoidea. Encyclopedie Entomologique, 43: 1-477.
- Philogène, B.J.R., Regnault-R. C., Vincent, C. (2003). Produits phytosanitaires insecticides d'origine végétale: promesses d'hier et d'aujourd'hui. In Biopesticides d'Origine Végétale, Roger C, Philogène BJR, Vincent C (eds). Lavoisier TEC & DOC : Paris ; 1-15
- Piskunov, S.D., Dolzhikov, A.A., Kalinkin, A.A., 2009. Influence of Sinuforte® in the mucosa of the nasal cavity and maxillary sinus, Russian Rhinology, (4), 7-13.
- Ravi R, Zulkrnin H, Shaida N, Rozhan NN, Yusoff N, et al. 2018. Evaluation of Two Different Solvents for *Azolla pinnata* Extracts on Chemical Compositions and Larvicidal Activity against *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). Journal of Chemistry.
- Regnault-R. C., Philogène, B.J.R., Vincent, C., (Eds.) 2005. Biopesticides of Plant Origin., Lavoisier, Paris, France & Intercept, Andover, UK. (Book).
- Rembold H., 1994. Advances in invertebrate reproduction. Elsevier Science Publishers. 3: 481-491.
- Rembold, H., 1984. Secondary plant compounds in insect control with special reference to azadirachtins. Advances in Invertebrate reproduction. 3: 481- 491.
- Resh, V.H., Cardé, R.T., 2003. Encyclopedia of insects. Riddiford LM. Molting. Encyclopedia of insects, 2nd ed., Schmutterer, H. 1995. The neem tree *Azadirachta indica* A. Juss. and other Meliaceae plants. VCH Publishers, Weinheim, Germany. 696 pp.
- ANAJAS, 2022, Cilt 37, Sayı 2, Sayfa 243-262

- Schoonhoven, L., Jermy, T., Van, J., 1998. *Loon Insect-Plant Biology* Chapman & Hall, Londres.
- Senthilkumar, G., Madhanraj, P. and Panneerselvam, S. A. 2011. Studies on the compounds and its antifungal potentiality of fungi isolated from paddy field soils of Jenbagapuram Village, Thanjavur District, and South India. *Asian J. Pharm. Res.* 1, 19–21
- Serrão, J.E., Cruz-Landim, D.A., Gut, C., 1995 structures in adult workers of necrophorous Neotropical stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponinae). *Entomol. Gen.*, 19, 261–265.
- Silva N. R., Brooker S., Hotez P. J., Montresor A., Engles D., Savioli L., 2003. Soil-Transmitted Helminth Infections: Updating the Global Picture. *Trends in Parasitology*, 19:547–51.
- Smith, A.E., D.M., 1975. Secoy. Forerunners of pesticides in classical Greece and Rome, *J.Agric. Food Chem.* 23:1050-1055.
- Statistica statsoft Inc. 1997. *Statistica release 5.1*. Tulsa, OK, USA.
- Thiery, I., Frachon, E., 1997. Identification, isolation, culture and preservation of entomopathogenic bacteria. In: Lacey LA (ed) *Manual of Techniques in Insect Pathology*, Academic Press, London, pp. 55-73.
- Thorsten, L., Ulrich, S., Markus, E., Michael, W. F., Andreas, B., 2003. Physicochemical Conditions and Microbial Activities in the Highly Alkaline Gut of the Humus-Feeding Larva of *Pachnoda ephippiata* (Coleoptera: Scarabaeidae). *And Environmental Microbiology*, Nov. 69, 11: p: 6650-6658.
- Tsakas, S., Marmaras, V.J., 2010. Insect immunity and its signalling: an overview. *Inv. Surv. J.* 7: 228-238. Ware, G.W. 1982. *Pesticides: Theory and application*. Thompson publications, Fresno, California. 308 pp.
- Vivekanandhan, P., Venkatesan, R., Ramkumar, G., Karthi, S., Senthil-Nathan, S., Shivakumar, M. S., 2018. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 15, 388.
- Wheeler, D.A., Isman, M.B., Sanchez-Vindas, P.E., Arnason, J.T., 2001. Screening of Costa Rican *Trichilia* species for biological activity against the larvae of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *Biochem Syst Ecol*; 29: 347-358.
- Wink, M., 2003. Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective *Phytochemistry*, 64, pp. 3-19
- Xie, Y.S., Bodnaryk, R.P. Fields, P.G., 1996. A rapid and simple flour-disk bioassay for testing substances active against stored-product insects. *Canadian Entomology*, 128: 865-875.
- Zeng, C.; Wu, L.; Zhao, Y.; Yun, Y.; Peng, Y. 2018. Tea saponin reduces the damage of *Ectropis obliqua* to tea crops, and exerts reduced effects on the spiders *Ebrechtella tricuspidata* and *Evarcha albaria* compared to chemical insecticides. *PeerJ*, 6, e4534.
- Zeybek, N. and Zeybek, U. 1994. *Pharmaceutical Botany*, Ege Univ. Ecz. Fak. Yay. No:2, Bornova-Izmir.





## Farklı Yüksekliklerden Toplanan Pembe Ladenin (*Cistus creticus* L.) Uçucu Yağ Oranı ve Kimyasal Bileşenlerinin Belirlenmesi

Determination of Essential Oil Content and Its  
Chemical Compositions of Pink Rock Rose (*Cistus  
creticus* L.) Collected from Different Altitudes

Emrullah CULPAN<sup>1</sup>, Burhan ARSLAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Tekirdağ  
• [eculpan@nku.edu.tr](mailto:eculpan@nku.edu.tr) • ORCID > 0000-0002-0702-7121

<sup>2</sup>Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Tekirdağ  
• [barслан@nku.edu.tr](mailto:barслан@nku.edu.tr) • ORCID > 0000-0002-9728-4059

### Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 25 Haziran / June 2021

Kabul Tarihi / Accepted: 15 Ekim / October 2021

Yıl / Year: 2022 | Cilt – Volume: 37 | Sayı – Issue: 2 | Sayfa / Pages: 263-274

Atıf/Cite as: Culpan, E. ve Arslan, B. "Farklı Yüksekliklerden Toplanan Pembe Ladenin (*Cistus creticus* L.) Uçucu Yağ Oranı ve Kimyasal Bileşenlerinin Belirlenmesi". *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 37(2), Haziran 2022: 263-274.

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Emrullah CULPAN

## FARKLI YÜKSEKLİKLERDEN TOPLANAN PEMBE LADENİN (*CISTUS CRETICUS* L.) UÇUCU YAĞ ORANI VE KİMYASAL BİLEŞENLERİNİN BELİRLENMESİ

### ÖZ:

Bu araştırma Tekirdağ ilinin Kumbağ, Yeniköy ve Uçmaktdere mevkiilerinde geniş bir alanda yayılış gösteren pembe laden bitkisinin (*Cistus creticus* L.) uçucu yağ oranı ve bu yağın kimyasal bileşimini belirlemek amacıyla 2019 yılında yürütülmüştür. Bu amaçla farklı yüksekliklerden toplanan (0, 50, 100 ve 150 m) pembe laden bitkisinin yaprakları oda sıcaklığında kurutulmuş ve numunelerden Clevenger cihazı yardımıyla uçucu yağ tayini yapılmıştır. Uçucu yağın kimyasal bileşimi GC/MS cihazı ile incelenmiştir. Araştırma sonucuna göre, uçucu yağ bileşiminin %73,03'ünü ( $\geq$  %1) temsil eden 13 bileşen tanımlanmış ve yağın ana bileşenlerini *kamfen* (%19,45) ve  $\alpha$ -*pinen* (%13,85) oluşturmuştur. Ülkemizin birçok bölgesinde yayılış gösteren *Cistus* türlerinin üretimi yapıp, uçucu yağlarının aktif bileşen miktarı ve içeriği belirlenebilirse gıda katkı maddelerine, sentetik antioksidanlara ve ilaç etken maddelerine doğal bir alternatif ürün olabileceklerdir.

**Anahtar Kelimeler:** *Cistus creticus* L., Pembe laden, Uçucu yağ, Rakım.



## DETERMINATION OF ESSENTIAL OIL CONTENT AND ITS CHEMICAL COMPOSITIONS OF PINK ROCK ROSE (*CISTUS CRETICUS* L.) COLLECTED FROM DIFFERENT ALTITUDES

### ABSTRACT:

This research was conducted in 2019 to determine the essential oil content and chemical composition of pink rock rose (*Cistus creticus* L.) which is spread over a wide area in Kumbağ, Yeniköy and Uçmaktdere of Tekirdağ. For this purpose, the leaves of the *Cistus creticus* L. plant were collected from different altitudes (0, 50, 100 and 150 m) and dried at room temperature, and essential oil content was determined in the samples with the help of Clevenger Apparatus. Chemical composition of the essential oil was examined with GC/MS. According to the research results, 13 components representing 73.03% ( $\geq$ 1%) of the composition of the essential oil were identified, and the main components of the oil were *camphene* (19.45%) and  $\alpha$ -*pinene* (13.85%). *Cistus* species, which are spread in many regions in Turkey, are produced, and if the amount and content of the chemical compositions of essential oils could be determined, they could be an alternative to food additives, synthetic antioxidants and active pharmaceutical ingredients.

**Keywords:** *Cistus creticus* L., Pink rock rose, Essential oil, Altitude.



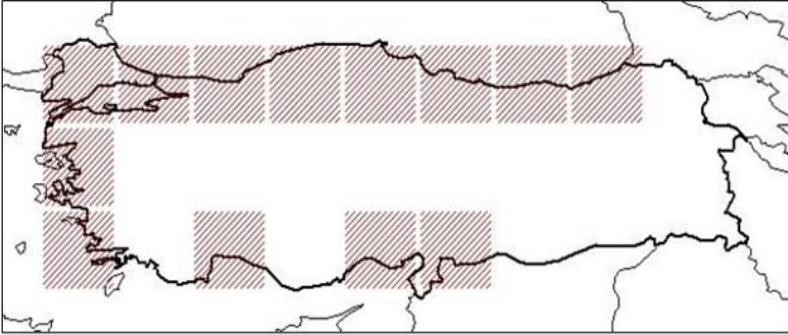


## 1. GİRİŞ

*Cistaceae* (Ladengiller) familyası, 8 cins ve 180 tür ile, başta Batı Akdeniz Bölgesi olmak üzere, Kuzey Yarımkürenin ılıman ve subtropik bölgelerinde yayılış göstermektedir (Arrington ve Kubitzki, 2003; Agueda ve ark., 2006). Bu familyaya dahil olan *Cistus* L. türü dünyada 58 türle temsil edilirken; Türkiye’de, doğal olarak yetişen 5 türle (*Cistus creticus* L., *Cistus parviflorus* Lam., *Cistus salviifolius* L., *Cistus monspeliensis* L. ve *Cistus laurifolius* L.) temsil edilmektedir (Sargın ve Selvi, 2016). *Cistus* türleri Dünyada asırlardır geleneksel tıpta kullanılmaktadır (Jeronimo ve ark., 2020). Laden, ülkemizde halk arasında, laden otu, pamukla ve pamukluk gibi yöresel isimlerle bilinmektedir. Bitki başta ishal olmak üzere mide yaraları, yüksek ateş, kısırlık tedavisi, çeşitli zührevi hastalıklar, romatizmal hastalıklar, şeker hastalığı, idrar yolu enfeksiyonları, spazm çözücü ve hemostatik olarak kullanılmaktadır (Yeşilada, 1997; Polat ve Satıl, 2012; Sargın ve Selvi, 2016).

Farklı *Cistus* türlerinde yapılan çalışmalarda, *Cistus villosus* ve *Cistus salviifolius* uçucu yağlarında nonterpen, *Cistus creticus* ve *Cistus monspeliensis* türlerinde labdan-tip diterpen içeriğinin zengin olduğu bildirilirken, *Cistus creticus* bitkisinin kimyasal bileşiminde ise tanenler, heterozitler, tri-terpenler, flavonoidler ve saponozitlerin bulunduğu tespit edilmiştir (Sahraoui ve ark., 2013; Politeo ve ark., 2018; Şekeroğlu ve Gezici, 2020). Ayrıca ülkemizde doğal olarak yetişen *Cistus creticus* L. türünün zengin polifenolik madde içeriği sayesinde antibakteriyel, antioksidan ve DNA koruyucu olduğu da bildirilmiştir (Kılıç ve ark., 2019).

Pembe (tüylü) laden (*Cistus creticus* L.), ladengiller familyası içerisinde yer alan 1 metreye kadar boylanabilen sık dallı, yaz-kış yeşil, bodur ve çalı formunda olan bir bitkidir. Haziran-temmuz aylarında 4-5 cm çapında disk şeklinde çiçekler açan bu bitkinin yaprakları yapışkanlı bir yapıya sahiptir (Anonim, 2021). Pembe ladenin en çok yetiştiği yerler Türkiye’nin Ege ve Akdeniz bölgeleridir. Akdeniz ülkelerinden sonra Avrupa ve Amerika’ya kadar çok geniş bir alana yayılmıştır. Türkiye’nin Akdeniz, Karadeniz, Ege ve Marmara bölgesinde (Şekil 1) yabancı olarak yetişen pembe laden ülkemizin diğer bölgelerinde de yetişebilir.



**Şekil 1.** *Cistus creticus* L.'nin Türkiye florasındaki dağılım haritası (TÜBİVES, 2021)

**Figure 1.** Distribution map of *Cistus creticus* L. in the flora of Turkey (TÜBİVES, 2021)

Bitkinin kullanılan kısımları yaprakları ve uçucu yağıdır. Dünyanın birçok yerinde laden türlerinin (*Cistus incanus*, *Cistus ladanifer*, *Cistus creticus* ve *Cistus canadensis*) uçucu yağı, distilasyon suyu ve ekstraksiyonları çeşitli ticari isimler altında gıda takviyesi olarak satılmaktadır (Pattabanoglu, 2018). Avrupada antiviral pastil ve kış çaylarının karışımında yoğun olarak *Cistus* spp. türleri kullanılmaktadır (Şekeroğlu ve Gezici, 2021). Ayrıca fumigant olarak kullanıldığı belirtilen bitkinin parfümlerde fiksatif olarak da değerlendirildiği ve bunun dışında unlu mamuller, alkolsüz içecekler, dondurma ve şekerlerde aroma verici olarak da kullanıldığı bildirilmektedir. (Costa ve ark., 2009; Viuda-Martos ve ark., 2011).

Bu araştırmada Tekirdağ ilinin Kumbağ, Yeniköy ve Uçmakedere mevkiğinde geniş yayılış gösteren ve bu alanların farklı yükseltilerinden toplanan pembe laden bitkisinin uçucu yağ oranları ve kimyasal bileşenlerinin saptanması amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Materyal

Araştırmada farklı yüksekliklerden toplanmış *Cistus creticus* L. genotiplerinin yaprakları materyal olarak kullanılmıştır. Bu amaçla 2019 yılı Haziran ayı içerisinde çiçeklenmiş laden bitkileri Kumbağ-Uçmakedere yol güzergahı üzerinde denize bakan yamaçlardan 0-150 m yükseklik aralığında toplanmıştır (Şekil 2). Genotiplere ait lokasyon bilgileri Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** *Cistus creticus* L. genotiplerinin toplandığı lokasyonlar**Table 1.** *Cistus creticus* L. locations where the plant is collected

Gen. No	Toplandığı Yer	Koordinat	Yükseklik (m)	Yıl
1	Tekirdağ-Süleymanpaşa-Kumbağ	40°52'01" K 27°27'35"D	0	2019
2	Tekirdağ-Süleymanpaşa-Kumbağ	40°51'44" K 27°27'27"D	50	2019
3	Tekirdağ-Süleymanpaşa-Yeniköy	40°52'29" K 27°27'23"D	100	2019
4	Tekirdağ-Şarköy-Uçmaktara	40°50'56" K 27°26'21"D	150	2019

**Şekil 2.** *Cistus creticus* L. genotiplerinin yaprak ve çiçeği (Orijinal)**Figure 2.** Leaf and flower of *Cistus Creticus* L. (Original)**2.2. Yöntem****2.2.1. Uçucu Yağın Elde Edilmesi**

Toplanan *Cistus creticus* L. yapraklarının bozulması ve çürümesinin engellenmesi amacıyla örnekler oda sıcaklığında kurutulmuş ve yaprakların nem oranı %8-12 arasına indirgenmiştir. Kurutulmuş olan 100 g yaprak küçük parçalara ayrıldıktan sonra 3 saat boyunca Clevenger cihazı ile su distilasyonuna tabi tutulmuştur (Dirican ve Telci, 2016). Elde edilen uçucu yağların kimyasal bileşenleri belirleninceye kadar buzdolabında +4 °C'de muhafaza edilmiştir.

**2.2.2. GC-MS Analizi**

Farklı yüksekliklerden toplanan genotiplerden elde edilen uçucu yağ bileşenle-

rinin belirlenmesi amacıyla Gaz Kromatografisi/Kütle Spektrometresi, bağıl yüz-delerin belirlenmesi için ise Gaz Kromatografisi yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla hekzan ile hazırlanan (%10 h/h) örnekler 40:1 split oranı ile 1 µL olarak sisteme enjekte edilmiştir.

### 2.2.3. Gaz Kromatografisi (GC) Çalışma Esasları

Sistem: Agilent 7890B GC System

Kolon: Agilent HP-Innowax (60 m x 0.25 mm iç çap x 0.25 µm film kalınlığı)

Dedektör: Alev İyonlaşma Dedektörü (FID)

Enjeksiyon sıcaklığı: 250°C

Dedektör sıcaklığı: 250°C

Sıcaklık programı: 60°C (10 dak), 4°C/dak. 220°C (10 dak) 1°C/dak 240°C, Toplam 80 dak

Taşıyıcı gaz: Helyum (0.7 mL/dak)

### 2.2.4. Gaz Kromatografisi/kütle Spektrometresi (GC/MS) Çalışma Esasları

Sistem: Agilent 7890B GC 5977B Mass Selective Dedector System

Kolon: Agilent HP-Innowax (60 m, 0.25 mm iç çap, 0.25 µm film kalınlığı)

Enjeksiyon sıcaklığı: 250°C

İyon kaynağı sıcaklığı: 230°C

İyonizasyon modu: EI

Elektron enerjisi: 70 ev

Kütle aralığı: 35- 450 m/z

Sıcaklık programı: 60°C (10 dak), 4°C/dak. 220°C (10 dak) 1°C/dak 240°C, Toplam 80 dak

Taşıyıcı gaz: Helyum (0.7 mL/dak)

Belirlenen bileşenler Wiley 9-Nist 11 Mass Spectral Database yöntemine göre tanımlanmıştır (NIST, 2011).

### 2.3. Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırma sonucundan elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar arasındaki farklılıkların önem düzeyini belirlemek için LSD testi (%5) kullanılmıştır. Verilerin analizinde TARİST istatistikî analiz programından faydalanılmıştır.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tıbbî ve aromatik bitkilerde uçucu yağ oranları bitki türlerine, gelişme dönemlerine ve bitkinin aksamına göre (yaprak, dal, çiçek vb.) değişiklik göstermektedir (Katar ve ark., 2018; Pattabanoğlu, 2018). Yapılan çalışmada farklı yüksekliklerden toplanan pembe laden bitkisinin yapraklarının uçucu yağ oranı %0.13-0.14 (w/w) arasında değişmiştir (Çizelge 2). Abu-Orabi ve ark. (2020), pembe laden (*Cistus creticus* L.) türünün yaprak ve çiçek tomurcuklarından elde ettikleri örneklerin uçucu yağ oranlarını sırasıyla %0.02 (w/w) ve %0.01 (w/w) olarak saptamışlardır. Bechlaghem ve ark. (2019), *Cistus ladaniferus*, *Cistus albidus* ve *Cistus monspeliensis* türlerinin yaprak, çiçek ve gövdelerinden elde ettikleri örneklerin uçucu yağ oranlarını sırasıyla %0.08 (w/w), %0.02 (w/w) ve %0.003 (w/w) olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca Mohammed ve ark. (2018), *Cistus ladanifer* türünün yapraklarından elde edilen örneklerin uçucu yağ oranını %0.10-0.20 arasında saptamış olup bu sonuç çalışmamız limitleriyle örtüşmektedir.

Çalışmada *Cistus creticus* L. türünün uçucu yağ bileşiminin %73.03'ünü ( $\geq$  %1) temsil eden 13 bileşen tanımlanmıştır (Çizelge 2). Bu bileşen miktarını Demetzos ve ark. (1995) *Cistus creticus* L. türünde %75.56, Demetzos ve ark. (1997) *Cistus creticus* subsp. *eriocephalus* alt türünde %73.9, Ögütveren ve Savaş Tetik (2004b), *Cistus parviflorus* L. türünde %89.4, Mohammed ve ark. (2018) *Cistus ladanifer* var. *maculatus* türünde ise %88.67 olarak belirlemişlerdir.

Tespit edilen bileşiklerden kamfen en yaygın monoterpenlerden biri olup yapılan çalışmada ortalama %19.45 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Abu-Orabi ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada *Cistus creticus* L. türünün yaprak kısımlarında kamfen miktarını %9.3, Bechlaghem ve ark. (2019) *Cistus ladaniferus* türünde %12.2, Mohammed ve ark. (2018) *Cistus ladanifer* türünde ise %17.7 olarak saptamışlardır. Pattabanoğlu (2018), Kastamonu ekolojik koşullarında denizden 800 m yükseklikten topladığı *Cistus laurifolius* (defne yapraklı laden) türünde kamfen oranını %22.36 olarak belirlemiştir. Kamfen bileşiği *Cistus* spp. türlerine göre oldukça geniş bir varyasyon göstermektedir.

$\alpha$ -pinen birçok *Cistus* spp. türünde bulunan monoterpen bir hidrokarbondur (Mediavilla ve ark., 2021). Yapılan çalışmada en yüksek  $\alpha$ -pinen oranı 100 m yükseklikten toplanan genotiplerden elde edilmiştir (%14.07). Abu-Orabi ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada *Cistus creticus* L. türünün yaprak kısımlarında  $\alpha$ -pinen oranını %19.4 olarak saptamışlardır. Bechlaghem ve ark. (2019) bu bileşiği *Cistus ladaniferus* türünde %12.2, Verdeguer ve ark. (2012), *Cistus ladanifer* türünde ise %4.70 olarak belirlemişlerdir.  $\alpha$ -pinen bileşiği *Cistus* spp. türlerinde oldukça değişiklik göstermiştir.

Antimikrobiyal ve antiviral özellikler göstererek virüs ve bakterilerin vücuttan atılmasını sağlayan terpineol-4 bileşiği (Seidakhmetova ve ark., 2002) birçok *Cistus* spp. türünde bulunmaktadır. Yapılan çalışmada farklı yüksekliklerden toplanan *Cistus creticus* L. türünde terpineol-4 içeriği %7.83-8.80 arasında değişmiş ve en yüksek değer 150 m yükseklikten toplanan bitkilerde kaydedilmiştir (Çizelge 2). Zidane ve ark. (2014), yaptıkları çalışmada *Cistus libanotis* türünde terpineol-4 bileşiğinin diğer bileşenlere göre fazla bulunduğunu ve %18.70-24.91 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca *Cistus ladanifer* türünde bu bileşiğin diğer *Cistus* spp. türlerine göre daha az bulunduğu (%6.3) bildirilmiştir (Zidane ve ark., 2013).

Yapılan çalışmada tespit edilen bir diğer bileşen ortalama %5.63 değeriyle 3-karen olmuştur. En yüksek 3-karen oranı deniz seviyesinden toplanan bitkilerden elde edilmiştir (Çizelge 2). Abu-Orabi ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada *Cistus creticus* L. türünün yaprak kısımlarında 3-karen içeriğini %5.9 olarak belirlemişlerdir. Mohammed ve ark. (2018) *Cistus ladanifer* türünde bu bileşiğin oranını %5.23 olarak saptamışlardır. Bu sonuçlar *Cistus* spp. türlerinde 3-karen oranının yakın değerlerde olduğunu göstermektedir.

$\beta$ -pinen monoterpeni yapılan çalışmada ortalama olarak %5.05 olarak saptanmış ve en yüksek değer 150 m yükseklikten toplanan bitkilerde kaydedilmiştir. Abu-Orabi ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada *Cistus creticus* L. türünün yapraklarında  $\beta$ -pinen miktarını %6.30 olarak belirlemişlerdir. Yapılan diğer çalışmalarda bu bileşeni Pattabanoğlu (2018) *Cistus laurifolius* (defne yapraklı laden) türünde %5.08, Gomez ve ark. (2005) *Cistus ladanifer* türünde %4.4 olarak belirlemişlerdir. Yapılan literatür araştırmasına göre *Cistus* türlerinde  $\beta$ -pinen miktarı birbirine yakın değerler göstermiştir.

**Çizelge 2.** *Cistus creticus* L. türünün uçucu yağ oranları ve kimyasal bileşenleri**Table 2.** Essential oil content and its chemical compositions of *Cistus creticus* L.

Yükseklik (m)	0	50	100	150	Ortalama	LSD= t <sub>(0.05)</sub>	
Uçucu Yağ (% w/w)	0,13 b	0,14 a	0,14 a	0,14 a			
No	Bileşenler*	Bağlı yüzde (%)					
1	Kamfen	19.90 a	18.64 c	20.01 a	19.24 b	19.45	**
2	$\alpha$ -pinen	14.01 b	13.67 c	14.07 a	13.65 c	13.85	**
3	Terpineol-4	8.13 b	7.83 d	8.06 c	8.80 a	8.21	**
4	3-karen	6.63 a	5.89 b	4.98 c	5.00 c	5.63	**
5	$\beta$ -pinen	4.96 c	5.05 b	4.69 d	5.50 a	5.05	**
6	$\alpha$ -terpinen	4.57 d	4.67 c	5.13 b	5.41 a	4.95	**
7	o-simen	3.42 d	4.01 c	4.63 b	4.78 a	4.21	**
8	Bornil asetat	3.86 c	3.80 c	3.98 b	4.43 a	4.02	**
9	Viridiflorol	2.50 b	2.87 a	2.46 b	2.14 c	2.49	**
10	Terpinen-4-ol	1.73 a	1.66 a	1.50 b	1.54 b	1.61	*
11	n-bütiril siklo hekzan	1.22 b	1.20 b	1.25 b	1.33 a	1.25	*
12	$\alpha$ -campholenal	1.23	1.19	1.26	1.19	1.22	ns
13	p-simen	1.01 d	1.06 c	1.11 b	1.21 a	1.09	**
<b>Toplam</b>		<b>73.17</b>	<b>71.54</b>	<b>73.13</b>	<b>74.22</b>	<b>73.03</b>	

+ $\geq$  %1, \*\*: %1 düzeyinde önemli, \*: %5 düzeyinde önemli, ns: önemsiz, Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur.

Yapılan çalışmada ortalama  $\alpha$ -terpinen içeriği %4.95 olarak saptanmış ve yükseklik arttıkça bu bileşiğin de arttığı belirlenmiştir (Çizelge 2). Abu-Orabi ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada *Cistus creticus* L. türünün yaprak kısımlarında  $\alpha$ -terpinen oranını %0.6, Bechlaghem ve ark. (2019) *Cistus ladaniferus* türünde %0.8, Zidane ve ark. (2014), *Cistus libanotis* ve *Cistus ladanifer* türlerinde sırasıyla %7.3 ve %1.8, Pattabanoğlu (2018), *Cistus laurifolius* (defne yapraklı laden) türünde ise %0.45 olarak belirlemiştir. Literatüre göre  $\alpha$ -terpinen bileşiği *Cistus* spp. türlerine göre oldukça geniş bir varyasyon göstermektedir.

Pembe laden bitkisinde o-simen içeriği %3.42-4.78 arasında değişmiş ve rakım arttıkça o-simen bileşiğinin de arttığı gözlemlenmiştir (Çizelge 2). Yapılan literatür araştırmalarında *Cistus creticus* L. türünde o-simen ile ilgili net bilgilere ulaşılamamış olup, Mohammed ve ark. (2018), *Cistus ladanifer* türünde bu bileşiğin içeriğini %1.26 olarak saptamışlardır.

Yükseklığe bağlı olarak arttığı belirlenen bornil asetat bileşiği ortalama %4.02 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Abu-Orabi ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada *Cistus creticus* L. türünün yaprak kısımlarında bornil asetat oranını %0.7, Bechlaghem ve ark. (2019) *Cistus ladaniferus* türünde %0.8, Zidane ve ark. (2014), *Cistus*



*libanotis* ve *Cistus ladanifer* türlerinde %0.34-0.70 arasında, Pattabanoğlu (2018), *Cistus laurifolius* (defne yapraklı laden) türünde ise %1.24 olarak belirlemiştir. Bornil asetat bileşiği *Cistus* spp. türlerinde oldukça değişiklik göstermiştir.

Uçucu yağın bileşiminde bulunan bir diğer bileşen %2.49 ortalama değeriyle viridiflorol olmuştur (Çizelge 2). Demetzos ve ark. (1997) yaptıkları çalışmada *Cistus creticus* L. türünde viridiflorol oranını %5.4 olarak belirlemiştir. Ayrıca Pattabanoğlu (2018), *Cistus laurifolius* (defne yapraklı laden) türünde viridiflorol oranını %0.73, Zidane ve ark. (2013) ise %2.8 olarak bildirmişlerdir. Yapılan kaynak araştırması sonuçlarını göre laden türlerinde viridiflorol oranı oldukça değişiklik göstermiştir.

Uçucu yağın bileşenlerinden terpinen-4-ol antibakteriyel etkiye sahip olup (Demir, 2019) yapılan çalışmada en yüksek miktar deniz seviyesinden toplanan genotiplerden elde edilmiştir (%1.73). Abu-Orabi ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada *Cistus creticus* L. türünde terpinen-4-ol miktarını %0.4 olarak belirlerken, Pattabanoğlu (2018), *Cistus laurifolius* (defne yapraklı laden) türünde %1.87, Ögütveren ve Savaş Tetik (2004a) yine defne yapraklı ladende %1.30, Verdeguer ve ark. (2012), *Cistus ladanifer* L. türünde %6.37, Gomez ve ark. (2005) *Cistus ladanifer* türünde ise %1.8 olarak belirlemiştir. Terpinen-4-ol içeriği aynı laden türlerinde dahi yüksek varyasyon gösterebilmektedir.

Farklı rakımlardan toplanan pembe laden bitkisinde n-bütiril siklo hekzan içeriği %1.20-1.33 arasında değişmiş ve en yüksek değer 150 m yükseklikten toplanan bitkilerde kaydedilmiştir (%1.33). Yapılan literatür araştırmalarında *Cistus creticus* L. türünde n-bütiril siklo hekzan ile ilgili net bilgilere ulaşılamamış olup, Mohammed ve ark. (2018) *Cistus ladanifer* türünde bu bileşiğin içeriğini %5.95 olarak saptamışlardır.

Yapılan literatür araştırmalarında *Cistus creticus* L. türünde  $\alpha$ -campholenal içeriği üzerine net bilgilere ulaşılamamış olup yapılan çalışmada ortalama %1.22 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Buna ilaveten *Cistus ladanifer* türünde  $\alpha$ -campholenal oranı %2.20 (Verdeguer ve ark., 2012), *Cistus ladaniferus* türünde ise %1.0 (Bechlaghem ve ark., 2019) olarak rapor edilmiştir. Ege bölgesinde geniş bir yayılım gösteren İzmir kekiği (*Origanum onites* L.) bitkisinin yapraklarından elde edilen ekstraktta eser miktarda  $\alpha$ -campholenal (%0.01) tespit edilmiştir (Kutlular, 2007).

Yapılan çalışmada miktar olarak tespit edilen en düşük bileşen p-simen olmuştur (ort. %1.09). Abu-Orabi ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada *Cistus creticus* L. türünde p-simen oranını %0.90, Verdeguer ve ark. (2012) *Cistus ladanifer* türünde %1.17, Pattabanoğlu (2018) ise defne yapraklı ladende (*Cistus laurifolius* L.) %0.93 olarak saptamışlardır. Araştırmada tespit edilen p-simen oranı diğer *Cistus* spp. türleri ile uyum içindedir.



#### 4. SONUÇ

Tıbbi bitkiler fonksiyonel olmaları sebebiyle geleneksel tıpta kullanımının yanında farklı üretim alanlarında da kullanılmaktadır. Özellikle doğadan toplanan tıbbi bitkilerin yetiştiği ekolojik koşullar, yükseklik ve yöneyler bu bitkilerin kimyasal bileşenini doğrudan etkilemektedir. *Cistus* spp. gibi tıbbi öneme sahip bitkilerin antibakteriyel ve antiviral özelliklerinin saptanması bu bitkilerin endüstriyel ürünlere dönüştürülmesine katkı sağlayabilecektir.

Bu çalışmada Tekirdağ ilinin belli bölgelerinden toplanan pembe laden (*Cistus creticus* L.) bitkisinin uçucu yağının miktar ve bileşenleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Uçucu yağ bileşenlerinin antimikrobiyal ve antioksidan aktivite göstermeleri sebebiyle her biri ayrı öneme sahiptir. Çalışmada *Cistus creticus* L. türünün uçucu yağında 13 bileşen saptanmış ve rakım değiştiğinde bu bileşen miktarlarının değiştiği belirlenmiştir. Ülkemizde yaygın olarak anason, kimyon, defne, nane, kekik, biberiye ve lavanta vb. tıbbi ve aromatik bitkilerden uçucu yağ üretilmekte ve kullanılmaktadır. Ülkemizin birçok bölgesinde *Cistus* spp. (*Cistus creticus* L., *Cistus parviflorus* Lam., *Cistus salviifolius* L., *Cistus monspeliensis* L. ve *Cistus laurifolius* L.) türü doğal olarak yetişebilmektedir. Etkin bir tarımsal planlama ile bu bitkilerin tarımsal üretimi yapılır ve kullanımı sağlanır, uçucu yağının aktif bileşen miktarı ve içeriği belirlenebilirse gıda katkı maddelerine, sentetik antioksidanlara ve ilaç etken maddelerine doğal bir alternatif ürün olabilecektir.

#### Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): EC (%50), BA (%50)

Veri Toplanması (Data Acquisition): EC (%70), BA (%30)

Veri Analizi (Data Analysis): EC (%30), BA (%70)

Makalenin Yazımı (Writing up): EC (%50), BA (%50)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): EC (%70), BA (%30)

#### KAYNAKLAR

- Anonim, 2021. Tüylü laden. (Web sayfası: [https://tr.wikipedia.org/wiki/Tüylü\\_laden](https://tr.wikipedia.org/wiki/Tüylü_laden)) (Erişim tarihi: 12 Mayıs 2021).
- Abu-Orabi, S.T., Mahmoud, A., Noura, R.S., Tareq, T.B., Safwan, M.O., Mohammed, S., Al-Jaber, H.I., 2020. Antioxidant activity of crude extracts and essential oils from flower buds and leaves of *Cistus creticus* and *Cistus salviifolius*. *Arabian Journal of Chemistry*, 13: 6256-6266. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.05.043>
- Agueda, B., Parladé, J., Miguel, A.M., Martínez-Peña, F., 2006. Characterization and identification of field ectomycorrhizae of *Boletus edulis* and *Cistus ladanifer*. *Mycologia*, 98 (1): 23-30. <https://doi.org/10.1080/1>

- 5572536.2006.11832709
- Arrington, J.M., Kubitzki, K. 2003. "Cistaceae, 62-70". In: The Families and Genera of Vascular Plants 5. (Eds: K. Kubitzki and C. Bayer), Springer, Berlin & Heidelberg, 418 pp.
- Bechlaghem, K., Allali, H., Benmehdi, H., Aissaoui, N., Flamini, G., 2019. Chemical analysis of the essential oils of three cistus species growing in North-West of Algeria. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 84 (3): 283-293.
- Costa, R., De Fina, M.R., Valentino, M.R., Crupi, M.L., Mondello, L., 2009. Application of a new GC-MS library, designed with a retention index filter tool, to the analysis of the essential oil of *Cistus ladanifer*. *Acta Horticulturae*, 826: 271-276. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.826.37>
- Demetzos, C., Loukis, A., Spiliotis, V., Zoakis, N., Stratigakis, N., Katerinopoulos, H., 1995. Composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Cistus creticus* L. *Journal of Essential Oil Research*, 7 (4): 407-410. <https://doi.org/10.1080/10412905.1995.9698549>
- Demetzos, C., Katerinopoulos, H., Kouvarakis, A., Stratigakis, N., Loukis, A., Ekonomakis, C., Spiliotis, V., Tsaknis, J., 1997. Composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Cistus creticus* subsp. *eriocephalus*. *Planta Medica*, 63 (5): 477-479. <https://doi.org/10.1055/s-2006-957742>
- Dirican, A., Telci, İ., 2016. Tokat florasında doğal yayılış gösteren rezene popülasyonlarının morfolojik ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 53 (3): 293-299. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.389365>
- Gomes, P.B., Vera G. Mata, V.G., Rodrigues, A.E., 2005. Characterization of the Portuguese-grown *Cistus ladanifer* essential oil. *Journal of Essential Oil Research*, 17 (2): 160-165. <https://doi.org/10.1080/10412905.2005.9698864>
- Jerónimo, E., Cachucho, L., Soldado, D., Guerreiro, O., Bess, R.J.B., Alves, S.P., 2020. Fatty acid content and composition of the morphological fractions of *Cistus Ladanifer* L. and its seasonal variation. *Molecules*, 25 (7): 1550. <https://doi.org/10.3390/molecules25071550>
- Katar, N., Katar, D., Aydın, D., Olgun, M., 2018. Tıbbi adaçayı (*Salvia officinalis* L.)'nda uçucu yağ oranı ve kompozisyonu üzerine ontogenetik varyabilitenin etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 4 (2): 231-236. <https://doi.org/10.24180/ijaws.382112>
- Kılıç, D., Sırken, B., Ertürk, Ö., Tanrıkulu, G., Gül, M., Başkan, C., 2019. Antibacterial, antioxidant and DNA interaction properties of *Cistus creticus* L. extracts. *Journal of International Environmental Application and Science*, 14 (3): 110-115.
- Kutlular, E., 2007. Bazı Adaçayı be Kekik Türlerinin Uçucu Yağlarının Süper Isıtılmış Su ile Ekstraksiyonları ve GC-MS ile Karakterizasyonları. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 94s, Denizli.
- Demir, L., 2019. Çay Ağacı ve Portakal Yağlarının Antibakteriyel ve Antifungal Etkinliğinin Araştırılması. Sakarya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 85s, Sakarya.
- Mediavilla, I., Guillamón, E., Ruiz, A., Saúl Esteban, L., 2021. Essential oils from residual foliage of forest tree and shrub species: yield and antioxidant capacity. *Molecules*, 26: 3257. <https://doi.org/10.3390/molecules26113257>
- Mohammed, B., Said, C., Fouzia, F.R., Kawtar, F.B., Zoubida, H., Abdelilah, O., Mohammed, E., Ghizlane, E., 2018. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Cistus Ladanifer* var. *maculatus* Dun. *The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 8 (3): 925-930. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2018-19.8.3.925-930>
- NIST, 2011. National Institute of Standards and Technology Standard Reference Data Program, For Use with Microsoft® Windows, Gaithersburg, ABD.
- Öğütveren, M., Savaş Tetik, Ş., 2004a. Composition of the essential oil of *Cistus laurifolius* L. from Turkey. *Journal of Essential Oil Research*, 16 (1): 24-25. <https://doi.org/10.1080/10412905.2004.9698641>
- Öğütveren, M., Savaş Tetik, Ş., 2004b. Composition of the essential oil of *Cistus parviflorus* L. from Turkey. *Journal of Essential Oil Research*, 16 (2): 115-116. <https://doi.org/10.1080/10412905.2004.9698666>
- Pattabanoğlu, E.S., 2018. *Laurus nobilis* ve *Cistus laurifolius*'dan Elde Edilen Uçucu Yağların GC-MS Analizi ve Antimikrobiyal Aktiviteleri. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 50s, Kastamonu.
- Polat, R., Satil, F., 2012. An ethnobotanical survey of medicinal plants in Edremit Gulf (Balıkesir-Turkey). *Journal of Ethnopharmacology*, 139 (2): 626-641. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.12.004>
- Politeoa, O., Maravić, A., Burčul, F., Careva, I., Kamenjarin, J., 2018. Phytochemical composition and antimicrobial activity of essential oils of wild growing *Cistus* species in Croatia. *Natural Product Communications*, 13 (6): 771-774. <https://doi.org/10.1177/1934578X1801300631>

- Sahraoui, R., Djellali, S., Chakera, A.N., 2013. Morphological, anatomical, secondary metabolites investigation and physicochemical analysis of *Cistus creticus*. *Pharmacognosy Communications*, 3 (4): 58-63. <https://doi.org/10.5530/pc.2013.4.8>
- Sargin, S.A., Selvi, S., 2016. Türkiye'de yayılış gösteren *Cistus* L. (*Cistaceae*) cinsinin karşılaştırmalı yaprak anatomisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6 (2): 41-48.
- Seidakhmetova, R.B., Beisenbaeva, A.A., Atazhanova, G.A., Suleimenov, E.M., Pak, R.N., Kulyyasov, A.T., Adekenov, S.M., 2002. Chemical composition and biological activity of the essential oil from *Artemisia glabella*. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 36 (3): 135-138. <https://doi.org/10.1023/A:1019630327576>
- Şekeroğlu, N., Gezici, S., 2020. Koronavirüs pandemisi ve Türkiye'nin bazı şifalı bitkileri. *Anadolu Kliniği Tıp Bilimleri Dergisi*, COVID 19 Özel Sayısı: 163-182. <https://doi.org/10.21673/anadoluklin.724210>
- Şekeroğlu, N., Gezici, S., 2021. Türkiye'nin virüs savar bitkisi laden (*Cistus* spp.) türleri: Geleneksel kullanımları, biyoaktif kimyasal bileşenleri ve farmakolojik aktiviteleri. *Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Dergisi*, 11 (2): 258-268. <https://doi.org/10.31020/mutfd.895397>
- TÜBİVES, 2021. Türkiye bitkileri veri servisi, (Web sayfası: <http://www.tubives.com/>) (Erişim tarihi: Mayıs 2021).
- Verdeguer, M., Amparo Blázquez, M., Boira, H., 2012. Chemical composition and herbicidal activity of the essential oil from a *Cistus ladanifer* L. population from Spain. *Natural Product Research*, 26 (17): 1602-1609. <https://doi.org/10.1080/14786419.2011.592835>
- Viuda-Martos, M., Sendra, E., Pérez-Alvarez, J.A., Fernández-López, J., Amensour, M., Abrini, J., 2011. Identification of flavonoid content and chemical composition of the essential oils of Moroccan herbs: Myrtle (*Myrtus communis* L.), Rockrose (*Cistus ladanifer* L.) and Montpellier cistus (*Cistus monspeliensis* L.). *Journal of Essential Oil Research*, 23 (2): 1-9. <https://doi.org/10.1080/10412905.2011.9700439>
- Yeşilada, E., Gürbüz, I., Ergün, E., 1997. Effects of *Cistus laurifolius* L. flowers on gastric and duodenal lesions. *Journal of Ethnopharmacology*, 55 (3): 201-211. [https://doi.org/10.1016/s0378-8741\(96\)01502-4](https://doi.org/10.1016/s0378-8741(96)01502-4)
- Zidane, H., Elmiz, M., Aouinti, F., Tahani, A., Wathelet, J., Sindic, M., Elbachiri, A., 2013. Chemical composition and antioxidant activity of essential oil, various organic extracts of *Cistus ladanifer* and *Cistus libanotis* growing in Eastern Morocco. *African Journal of Biotechnology*, 12 (34): 5314-5320. <https://doi.org/10.5897/AJB2013.12868>
- Zidane, H., Fauconnier, M.L., Sindic, M., El Bachiri, A., 2014. Comparative study of volatile secondary metabolite of *Cistus libanotis* during different process. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 6 (8): 281-287.



# Effect of Comboutea (Kombucha) and Mix Microorganisms Culture Comboutea Production Waste on Basal Respiration and Microbial Biomass Carbon Content of Soils

Comboutea (Kombucha) ve Comboutea Üretim Atıkları Karışık Mikroorganizma Kültürünün Topraklardaki Toprak Solunumu ve Mikrobiyal Biyokütle Karbon İçeriği Üzerine Etkisi

Murat DURMUŞ<sup>1</sup>, Rıdvan KIZILKAYA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Samsun  
• muratdrms@gmail.com • ORCID > 0000-0001-5441-8048

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun  
• ridvank@omu.edu.tr • ORCID > 0000-0001-7475-9851

## Makale Bilgisi / Article Information

**Makale Türü / Article Types:** Araştırma Makalesi / Research Article

**Geliş Tarihi / Received:** 2 Temmuz / July 2021

**Kabul Tarihi / Accepted:** 23 Kasım / November 2021

**Yıl / Year:** 2022 | **Cilt – Volume:** 37 | **Sayı – Issue:** 2 | **Sayfa / Pages:** 275-290

**Atıf/Cite as:** Durmuş, M. ve Kızılkaya, R. "Effect of Comboutea (Kombucha) and Mix Microorganisms Culture Comboutea Production Waste on Basal Respiration and Microbial Biomass Carbon Content of Soils". *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 37(2), June 2022: 275-290.

**Sorumlu Yazar / Corresponding Author:** Murat DURMUŞ

## EFFECT OF COMBOUTEA (KOMBUCHA) AND MIX MICROORGANISMS CULTURE COMBOUTEA PRODUCTION WASTE ON BASAL RESPIRATION AND MICROBIAL BIOMASS CARBON CONTENT OF SOİLS

### ABSTRACT:

This study aims to determine the effects of comboutea and lyophilized comboutea culture on soil some soil biological features. This study was carried out on 2 different soils as a pot experiment in the greenhouse. 4 doses of comboutea (0, 10, 20, 30 ml/pot) and 4 doses of lyophilized comboutea culture (0, 0.25, 0.50, and 0.75 mg/pot) were applied on the soils with 4 kg soil in apiece pot. At the end of the experiment, basal respiration (BR) and microbial biomass carbon (MBC) analyzes were made in the soils taken from the pots. According to the analysis results, it was observed that upregulation in the amount of comboutea and lyophilized waste of comboutea culture caused an improvement of BR and MBC of soils based on the soil texture.

**Keywords:** *Comboutea, Microbial Biomass Carbon, Soil Respiration, Soil, Soil Biology.*



## COMBOUTEA (KOMBUCHA) VE COMBOUTEA ÜRETİM ATIKLARI KARIŞIK MİKROORGANİZMA KÜLTÜRÜNÜN TOPRAKLARDAKİ TOPRAK SOLUNUMU VE MİKROBİYAL BİYOKÜTLE KARBON İÇERİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ

### ÖZ:

Bu çalışmanın amacı, kombu çayı ve liyofilize edilmiş kombu çayı kültürünün toprağın bazı biyolojik özellikleri üzerindeki etkilerini belirlemektir. Bu çalışma serada saksı denemesi olarak 2 farklı toprak üzerinde gerçekleştirilmiştir. 4 kg toprak bulunan saksılara 4 doz kombu çayı (0, 10, 20, 30 ml/saksı) ve 4 doz liyofilize edilmiş kombu çayı kültürü (0, 0.25, 0.50 ve 0.75 mg/saksı) uygulanmıştır. Deneme sonunda saksılardan alınan topraklarda toprak solunumu ve mikrobiyal biyokütle karbon analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, kombu çayı ve liyofilize edilmiş kombu çayı kültürünün toprak tekstürüne bağlı olarak toprak solunumunu ve mikrobiyal biyokütle karbon içeriğini artırdığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Kombu Çayı, Mikrobiyal Biyokütle Karbon, Toprak Solunumu, Toprak, Toprak Biyolojisi.*



## 1. INTRODUCTION

Soil is a living matter. The reason why soil is a living matter is the organisms that live in and on it. For the microbial population in the soil to maintain its viability, it must have suitable conditions for these living organisms. (Aşkın et al., 2004; Kızılkaya and Aşkın, 2007). The use of microorganisms plays an important role in sustainable husbandry practices, on the other hand, the increasing use of microorganisms in agriculture is evident (Malek, 1971; Kızılkaya et al., 2003; Çakmakçı et al., 2007). Soil microbial biomass and CO<sub>2</sub> production are widely accepted as markers of soil quality. Microorganisms provide the cycle of plant nutrients by reducing the need for chemical fertilization as far as possible, therefore, their importance in agriculture is great. For this reason, microorganisms are used as microbial fertilizers in agriculture due to their beneficial effects on development (İsmailçelebioğlu, 1969; Emtiazi et al., 2004). Microorganisms that promote plant growth, as well nitrogen fixation and phosphate solubility, promote plant growth through the synthesis of herbal hormones and vitamins, inhibiting ethylene synthesis, increasing nutrient intake and resistance to stress conditions, and decomposition of soil organic matter (Naruala et al., 2000; Saravanan et al., 2008).

Comboutea is a beverage, and it is a fermentation product composed of mushrooms, black tea, and sugar. (Marzban et al, 2015). Comboutea is a conventional beverage used in various parts of the world, mainly in Asian countries. Also, it is claimed that comfort may have many beneficial effects on human health (Murugesan et al., 2009; Marzban et al, 2015). Comboutea is a sweetened black tea which is fermented with acetic acid bacteria and yeast culture. Comboutea has a complex chemical composition and contains vitamins, organic acids, enzymes, polyphenols, and several micronutrients (Kumar and Joshi 2016; Emiljanowicz and Malinowska-Pańczyk, 2020).

Microorganisms are supreme alternatives for sustainable agriculture (Malek, 1971; Kızılkaya et al., 2004; Çakmakçı et al., 2007). Microbial activity of soil and soil fertility are closely related, so the conversion of nutrients (C, N, P, and S) from organic to mineral structure is turning through microbial biomass in the soil (Frankenberger and Dick, 1983). This study aimed to exhibit the effects of the comboutea and lyophilized waste of comboutea culture on Soil Respiration (basal respiration-CO<sub>2</sub> production) and Microbial Biomass Carbon of soils.

## 2. MATERIAL AND METHODS

### 2.1. Material

#### 2.1.1. Experiment Soil

In this study, two different soil samples were used. One of the soils was from Çorlu district of Tekirdağ province (soil A) and the other soil was taken from Bafra

district of Samsun province (soil B). The methods used to determine some parameters of the soil are given in Table 1.

**Table 1.** Analysis applied to determine some parameter of soil samples used in the experiment (Rowell, 1996)

Analysis	Methods
Texture (% clay, silt, sand)	Bouyoucos hydrometer method
pH	1:1 (w/v) in soil: water suspension by pH-meter
EC	1:1 (w/v) in soil: water suspension by EC-meter
CaCO <sub>3</sub>	Scheibler calcimetric method
Organic matter	Modified Walkley-Black method
Total N	Kjeldahl method
Available P	0.5M NaHCO <sub>3</sub> extraction method

### 2.1.2. Comboutea

Comboutea was used in 2 different forms in the trials. The first was used directly by the manufacturer in the form offered to the market. The second form was used as waste, and mixed microorganism cultures were frozen in liquid nitrogen, they were lyophilized at -80 °C for 3 days and the cell water was removed and used as cultures that show activity when combined with water.

### 2.2. Methods

This study was designed and conducted as a pot trial, and it was made in the greenhouse under controlled conditions. The experiment was conducted in Samsun Ondokuz Mayıs University, Department of Soil Science and Plant Nutrition research and application greenhouse. Comboutea and lyophilized comboutea culture were applied to two different soil types, both in terms of physical and chemical contents.

In the experiment, the pot was filled with 4 kg soil of oven on dry weight. Then, 4 doses of comboutea (0, 10, 20, 30 ml) and lyophilized comboutea culture (0, 0.25, 0.50, and 0.75 mg) were added on the soils. The water lost from the pots was added every day by weighing. Wheat plants were grown in test pots, and at the end of greenhouse experiment (138th day) the plants were harvested. At the end of the experiment, fresh soil samples were taken from each pot to determine the microbial biomass carbon and soil respiration of the soils.

MBC was determined by the SIR (substrate-induced respiration) method by Anderson and Domsch (1978). BR at field capacity (CO<sub>2</sub> production at 22 °C without the addition of glucose) was measured, as reported by Anderson (1982).

All determinations were performed in triplicate, and all values reported are averages of triplicate determinations. The routines of the SPSS 21.0 statistical program were used for the statistical analysis.

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

#### 3.1. Soil Physical and Chemical Properties

The major physical and chemical contents of the soils in the current study are presented in Table 2. Accordingly, one of the trial soils is sandy loam and acid reaction, and the other is loam and alkaline.

**Table 2.** Physical and chemical properties of trial soils

Soil Properties		Soil A	Soil A
Texture	Sand, %	63.03	42.15
	Silt, %	21.14	42.35
	Clay, %	15.83	15.00
	Texture Class	Sandy loam	Loam
	pH	5.80	8.01
	EC	0.13	0.10
	CaCO <sub>3</sub>	<1	7.5
	Organic matter	1.84	1.10
	Total N	0.11	0.10
	Available P	17.00	3.22

#### 3.2. Properties of Comboutea

The mineral contents of comboutea were determined by Acme Labs (Acme Analytical Laboratories (Vancouver) Ltd. 1020 Cordova St. East Vancouver BC V6A 4A3 Canada in ICP-MS, and results are given in Table 3. According to the analysis results, it was determined that comboutea contains nutrients, especially P, and contains potentially toxic heavy metals (Cd, Pb...) in very traces.



**Table 3.** Minerals content of comboutea

Ag	< 0.5 ppb	Er	< 0.1 ppb	Nb	< 0.1 ppb	Sn	2.4 ppb
Al	5041 ppb	Eu	< 0.1 ppb	Nd	< 0.1 ppb	Sr	282.1 ppb
As	< 5 ppb	Fe	192 ppb	Ni	55 ppb	Ta	< 0.2 ppb
Au	< 0.5 ppb	Ga	< 0.5 ppb	P	3470 ppm	Tb	< 0.1 ppb
B	1421 ppb	Gd	< 0.1 ppb	Pb	4 ppb	Te	< 0.5 ppb
Ba	70.8 ppb	Ge	< 0.5 ppb	Pd	< 2 ppb	Th	< 0.5 ppb
Be	< 0.5 ppb	Hf	0.2 ppb	Pr	< 0.1 ppb	Ti	< 100 ppb
Bi	< 0.5 ppb	Hg	< 1 ppb	Pt	< 0.1 ppb	Tl	0.3 ppb
Br	68 ppb	Ho	< 0.1 ppb	Rb	352.9 ppb	Tm	< 0.1 ppb
Ca	46.6 ppb	In	< 0.1 ppb	Re	< 0.1 ppb	U	< 0.2 ppb
Cd	< 0.5 ppb	K	128 ppm	Rh	< 0.1 ppb	V	2 ppb
Ce	0.3 ppb	La	0.1 ppb	Ru	< 0.5 ppb	W	< 0.2 ppb
Cl	11 ppm	Li	9 ppb	S	12 ppm	Y	0.2 ppb
Co	0.9 ppb	Lu	0.1 ppb	Sb	0.6 ppb	Yb	< 0.1 ppb
Cr	275 ppb	Mg	18.7 ppm	Sc	18 ppb	Zn	11 ppb
Cs	1.0 ppb	Mn	4828 ppb	Se	< 5 ppb	Zr	15.2 ppb
Cu	29 ppb	Mo	2 ppb	Si	19584 ppb		
Dy	< 0.1 ppb	Na	17.6 ppm	Sm	< 0.2 ppb		

While producing comboutea, non-pathogenic bacteria and yeasts are used in the fermentation period. (Mayer et al., 1995; Mo et al., 2008; Jayabalan, 2010).

#### **Bacteria:**

*Acetobacter xylinus* (synonym: *Gluconacetobacter xylinus*)

*Acetobacter aceti*

*Acetobacter pasteurianus*

#### **Yeasts:**

*Schizosaccharomyces pombe* (synonym: *Schizosaccharomyces malidevorans*)

*Saccharomycodes ludwigii*

*Saccharomyces cerevisiae* (synonym: *Saccharomyces aceti*, *Saccharomyces capensis*, *Saccharomyces chevalieri*, *Saccharomyces hienipiensis*, *Saccharomyces italicus*, *Saccharomyces norbensis*, *Saccharomyces ole*)

*Kloeckera apiculata* (synonym: *Hanseniaspora uvarum*)

*Zygosaccharomyces rouxii* (synonym: *Kluyveromyces osmophilus*, *Saccharomyces rouxii*)

*Zygosaccharomyces bailii* (synonym: *Saccharomyces bailii*, *Saccharomyces elegans*)

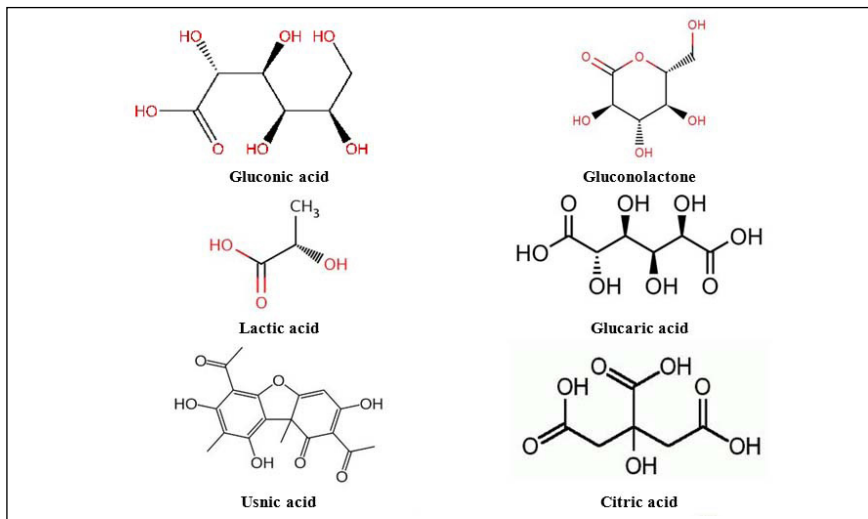
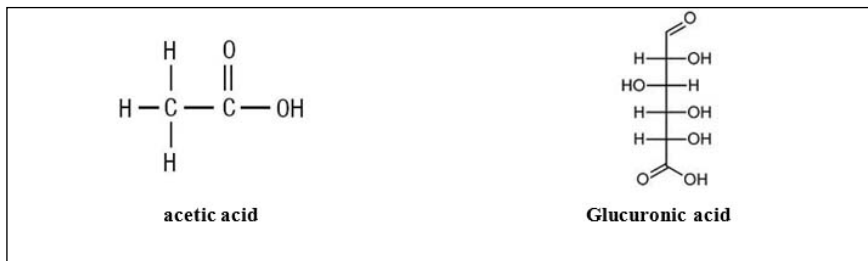
*Brettanomyces bruxellensis* (synonym: *Brettanomyces abstinens*, *Brettanomyces bruxellensis*, *Brettanomyces custersii*, *Brettanomyces intermedius*, *Brettanomyces lambicus*, *Dekkera intermedia*, *Dekkera bruxellensis*)

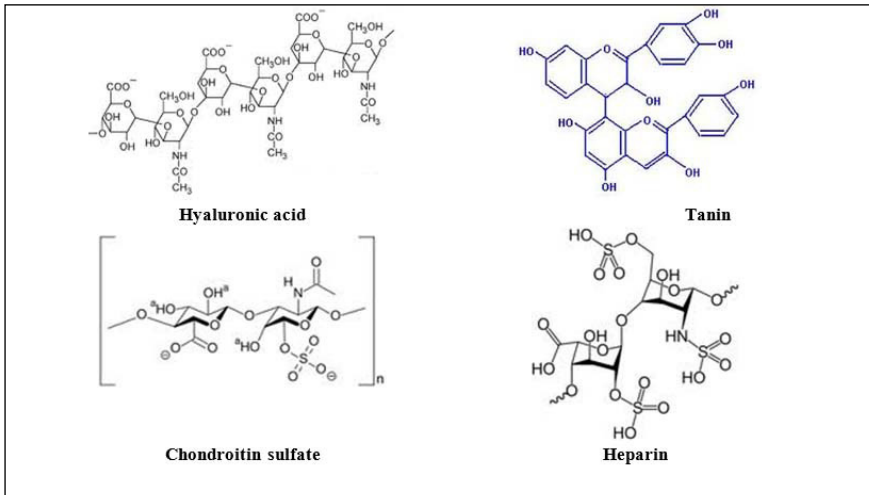
*Pichia membranaefaciens* (synonym: *Candida valida*, *Pichia alcoholophila*)

*Candida kefyr* (synonym: *Candida macedoniensis*, *Candida pseudotropicalis*, *Kluyveromyces cicerisporus*, *Kluyveromyces fragilis*, *Saccharomyces marxianus*)

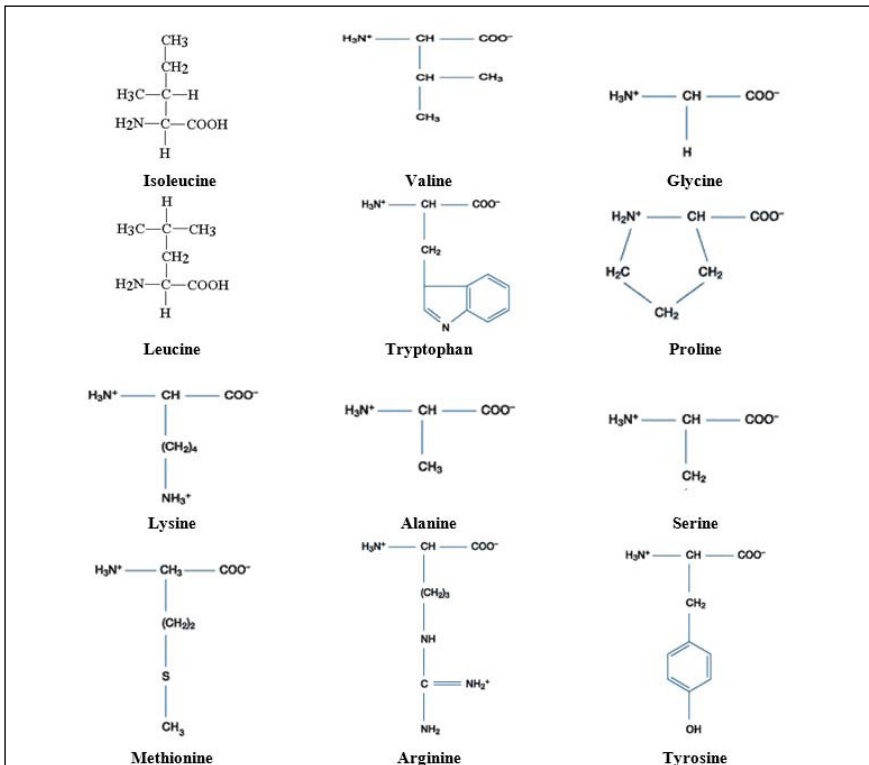
*Candida krusei* (synonym: *Endomyces krusei*, *Saccharomyces krusei*, *Issatchenkia orientalis*)

Microorganisms (yeast and bacteria) used in the production of kombucha synthesize various organic acids, amino acids, and vitamins, it is also contained in the final product. Organic acids in the content of kombucha tea are given in figure 1, amino acids in figure 2, vitamins in figure 3, and tea polyphenols in figure 4.





**Figure 1.** Various organic acids within comboutea (Blanch, 1996; Srinivasan, 1997; Dufresne and Farnworth, 2000; Sreeramulu et al. 2000; Jayabalan et al. 2007; Mo et al. 2008)



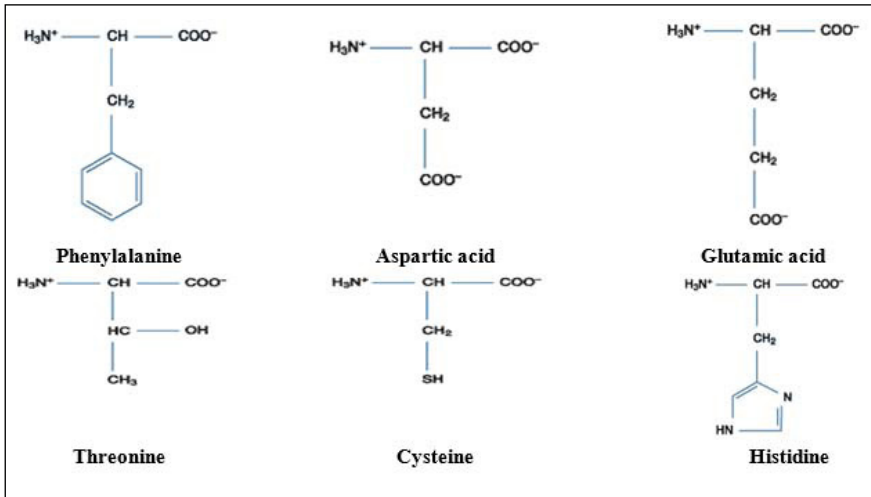


Figure 2. Various aminoacids within comboutea (Jayabalan, 2010)

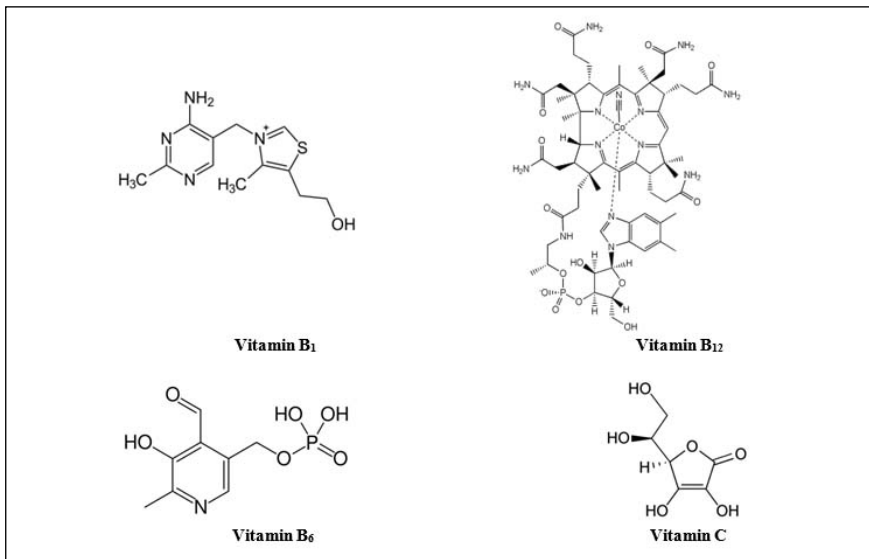
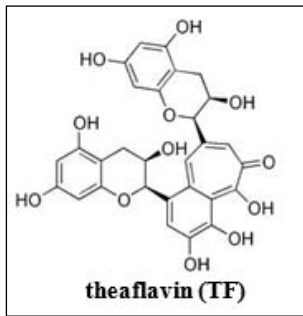
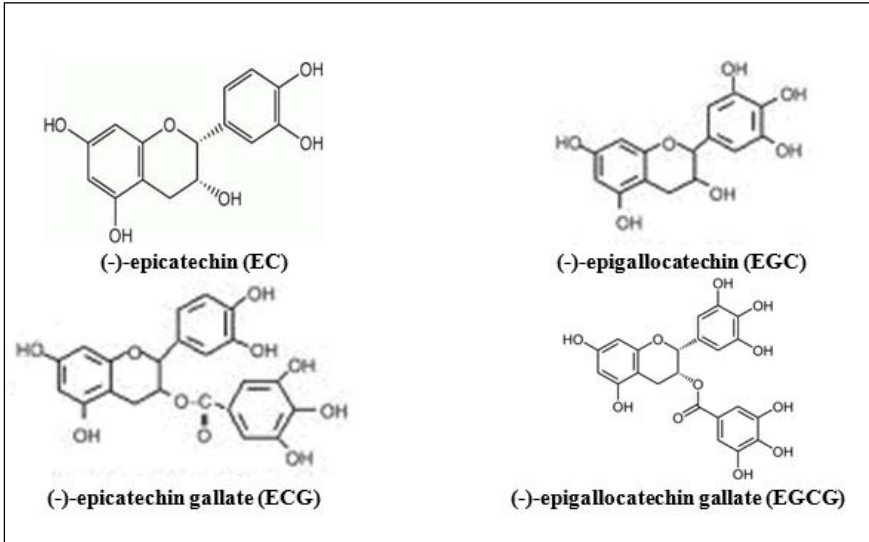


Figure 3. Various vitamins within comboutea (Bauer-Petrovska ve Petrushev-ska-Tozi, 2000)



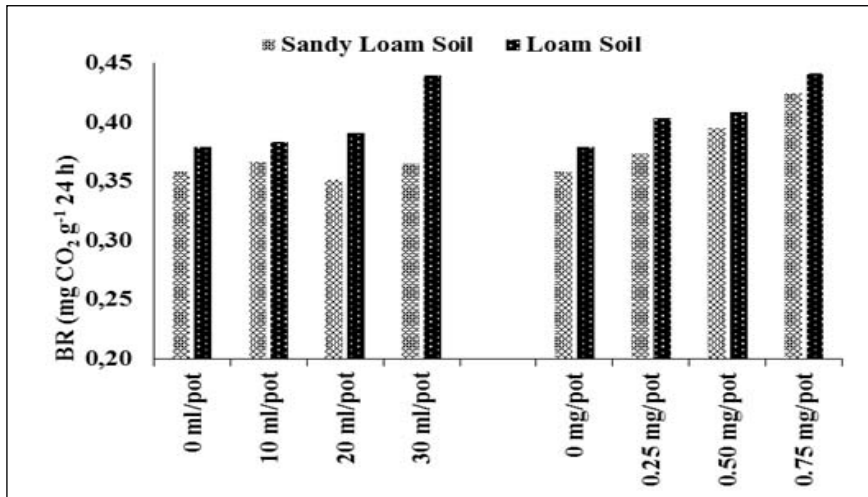
**Figure 4.** Various tea polyphenols within comboutea (Jayabalan, 2010)

Both the lactic acid contained in comboutea and the lactic acid synthesized by the waste microbial mixed culture used by lyophilization (Emiljanowicz and Malinowska-Pańczyk, 2020) has a very strong sterilizing feature, suppresses the population of pathogenic bacteria, and accelerates the mineralization of soil organic matter. At the same time, lactic acid prevents the reproduction and spread of *Fusarium*, which negatively affects vegetative productivity in agriculture. As a result, it increases the resistance of plants to pathogens.

### 3.3. Biological Properties of Soils

#### 3.3.1. Basal Respiration (BR)

The effects of comboutea applied from the soil and lyophilized waste comboutea culture on BR in 2 different soils with sandy loam and loam are given in figure 5 and table 4. According to the results, it was determined that comboutea applied to the soil at increasing levels increased the amount of BR in both sandy loam and loam soils, depending on the increasing doses of comboutea and lyophilized waste comboutea culture dose.



**Figure 5:** The effects of comboutea applied from the soil and lyophilized waste comboutea culture on soil respiration

**Table 4:** The effects of comboutea applied from the soil and lyophilized waste comboutea culture on soil respiration

Applications	Doses	Sandy Loam Soil	Loam Soil
<b>Comboutea applied</b>	0	0.358 ± 0.033	0.379 ± 0.006
	10 ml/pot	0.366 ± 0.021	0.383 ± 0.013
	20 ml/pot	0.351 ± 0.029	0.391 ± 0.013
	30 ml/pot	0.365 ± 0.019	0.439 ± 0.029
<b>Lyophilized waste comboutea culture applied</b>	0	0.358 ± 0.033	0.379 ± 0.006
	0.25 gr/pot	0.373 ± 0.025	0.403 ± 0.020
	0.50 gr/pot	0.395 ± 0.010	0.408 ± 0.006
	0.75 gr/pot	0.424 ± 0.011	0.441 ± 0.021

The numbers are the mean of 3 parallels and are given with standard deviations.

Variance Analysis Table and LSD Test Results						
Source	df	Sum of Square	Mean Square	F value	$\alpha$ type error probability	LSD (%1)
absolute frequency	2	0.001	0.001	1.676 ni	0.2028	
Soils (S)	1	0.010	0.010	24.670 ***	0.0001	0.016
application (A)	1	0.004	0.004	10.114 **	0.0037	0.016
SxA	1	0.001	0.001	2.405 ni	0.1279	-
doses (D)	3	0.015	0.005	12.510 ***	0.0001	0.023
SxD	3	0.001	0.000	0.875 ni	0.4672	-
AxD	3	0.002	0.001	1.601 ni	0.2089	-
SxAxD	3	0.002	0.001	1.757 ni	0.1757	-
Error	30	0.012	0.000			
General	47	0.049	0.001			

\*\*\*P<0.001, \*\*P<0.01, \*P<0.05, ni: not important

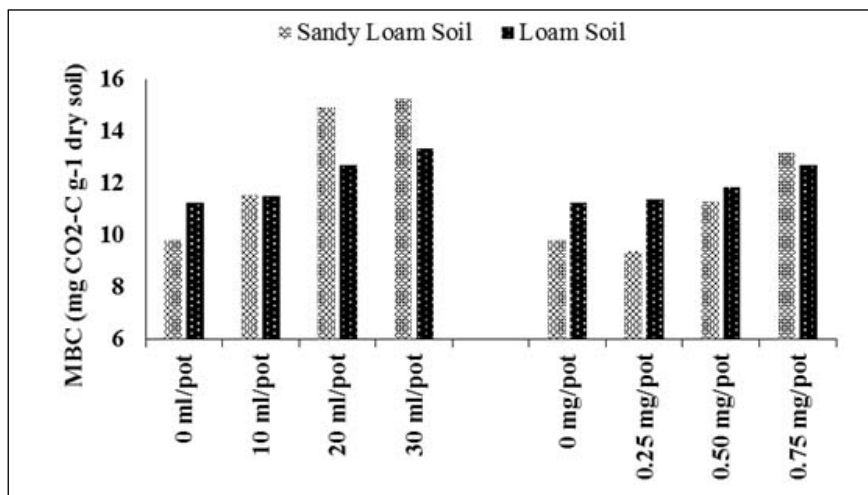
Although the applications applied to sandy loam textured soil and loam soil give similar results on BR, it has been determined that the effect of waste kombu tea cultures by lyophilizing sandy loam to textured soil on BR is more pronounced. It was determined that 0.75 g/pot comboutea culture increased BR by 18.5% compared to control. However, when comboutea is applied directly to the soil as a product, the most effect was determined in loamy soil and 30 ml/pot application dose, the increase in BR at this dose compared to control was determined to be 15.8%.

CO<sub>2</sub> production which is determined in soils refers to the amount of CO<sub>2</sub> produced as a result of the respiration of soil creatures, and this is also called soil respiration. Soil creatures (soil fauna and microflora) produce a very large amount (2/3) of CO<sub>2</sub> produced in soils, and some (1/3) of it is produced by plant roots (Haktanır and Arcaç, 1997). For this reason, the determination of CO<sub>2</sub> production is also a frequently used evaluation method in determining the biological activity of soils (Anderson, 1982). It has been determined that the increases in soil respiration as a result of the application of both comboutea and lyophilized waste comboutea culture vary according to the soil texture. Also, it was determined that the increases in soil respiration as a result of the applications increased root respiration due to the increased plant growth. As a result of the addition of comboutea or waste lyophilized

kombu tea culture to the soils, it has been determined that microbial respiration also increases as root respiration as a result of the microorganism population in the soil. Dhull et al. (2004), observed the changes in biological activity in the soil by applying organic fertilizers and chemical fertilizers in different doses and mixtures to the soil. At the end of the study, they reported that organic fertilizer applications significantly increased soil respiration. Garcia-Gil et al. (2004), the physical (aggregation), chemical (pH, EC, total organic C and C fractions), and biological (microbial biomass C, soil respiration, dehydrogenase, phosphatase,  $\beta$ -glycosidase, and urease) properties were investigated. At the end of the study, they determined that aggregate stability, soil respiration, dehydrogenase, urease, and phosphatase activity were higher in soils where plants were grown compared to the control soil. Many studies show that (Hadas et al., 2004; Parfitt et al., 2005; Joergensen and Potthoff 2005; Kaur et al. 2005; Kızılkaya et al., 2007) organic origin materials applied to soils increase the amount of CO<sub>2</sub> production and report that the reason for this increase is narrow C:N and nutrient-rich organic materials.

### 3.3.2. Microbial Biomass Carbon (MBC)

The effects of comboutea applied from the soil and lyophilized waste comboutea culture on MBC in 2 different soils with sandy loam and loam are given in figure 6 and table 5. According to the results, it was determined that comboutea applied to the soil at increasing levels increased the amount of MBC in both sandy loam and loam soils, depending on the increasing doses of comboutea and lyophilized waste comboutea culture dose.



**Figure 6.** The effects of comboutea applied from the soil and lyophilized waste comboutea culture on microbial biomass carbon



**Table 5.** The effects of comboutea applied from the soil and lyophilized waste comboutea culture on microbial biomass carbon

Applications	Doses	Sandy Loam Soil	Loam Soil
<b>Comboutea applied</b>	0	9,817 ± 1,491	11,247 ± 0,947
	10 ml/pot	11,550 ± 0,798	11,483 ± 0,163
	20 ml/pot	14,905 ± 1,245	12,670 ± 1,166
	30 ml/pot	15,253 ± 0,454	13,308 ± 0,193
<b>Lyophilized waste comboutea culture applied</b>	0	9,817 ± 1,491	11,247 ± 0,947
	0,25 gr/pot	9,354 ± 0,539	11,369 ± 0,523
	0,50 gr/pot	11,280 ± 1,034	11,824 ± 0,565
	0,75 gr/pot	13,154 ± 0,770	12,711 ± 0,334

The numbers are the mean of 3 parallels and are given with standard deviations.

Variance Analysis Table and LSD Test Results						
Source	df	Sum of Square	Mean Square	F value	$\alpha$ type error probability	LSD (%1)
absolute frequency	2	3,029	1,514	2,031 ni	0,1472	-
Soils (S)	1	0,0106	0,106	0,143 ni	0,7080	-
application (A)	1	16,922	16,922	22,692***	0,0001	0,686
SxA	1	7,530	7,530	10,098**	0,0037	0,969
doses (D)	3	75,757	25,252	33,863**	0,0000	0,969
SxD	3	15,202	5,067	6,796**	0,0015	1,371
AxD	3	7,616	2,539	3,404*	0,0297	1,371
SxAxD	3	3,146	1,049	1,406 ni	0,2595	-
Error	30	22,371	0,746			
General	47	151,679	3,227			

\*\*\*P<0.001, \*\*P<0.01, \*P<0.05, ni: not important

Even though the applications applied to sandy loam textured soil and loam soil give similar results on MBC, the effect of the applications on the sandy loam textured soil is more pronounced compared to the loamy soil. It was determined that 0.75 g/pot lyophilized waste comboutea culture in sandy loam soil increased the MBC content by 33.9% compared to the control soil. In the same soil, as a result of 30 ml/pot application of directly kombu tea, it was determined that the MBC content increased by 55.4% compared to the control soil.

The population of soil microorganisms is in a very tight relationship with the physicochemical properties of soils. Cultural activities such as organic matter or waste applications on soils can also affect the population of these microorganisms (Vekemans et al., 1989). Although the population of soil microorganisms is sufficient when similar organisms are compared with each other, this population does not make sense when the whole soil microflora is evaluated. For this reason, the determination of the biomass of microorganisms such as total microbial biomass C is one of the most frequently used parameters when evaluating the microbiological properties of soils (Rogers and Li, 1985; Vekemans et al. 1989; Nannipieri et al. 1990). Albiach et al. (2000), applied 5 different organic materials (municipal solid waste, humic acid, vermicompost, waste sludge, and sheep manure) to the garden

soil, they investigated the effects of soils on enzyme activities (dehydrogenase, alkaline phosphomonoester, phosphodiester, aryl sulfatase and urease), and microbial biomass content end of 4. and 5. years, then it was determined that all of these organic residues in general cause an increase in soil enzyme activities and microbial biomass, and the highest effect was obtained from urban solid waste, sheep manure, and waste sludge application, respectively.

Bastida et al. (2008), examined the effect of organic materials with different stabilization degrees on the size, efficiency, and structure of the microbial population in the soil. At the end of the research, they found that compost application significantly increased the microbial biomass carbon in the soil.

#### 4. CONCLUSION

The effects of comboutea and lyophilized waste comboutea cultures applied to soils on the biological properties of soils are generally positive. However, these positive effects are generally more pronounced in sandy loam soils. The main source of the increase in soil biological properties, after the application of both comboutea tea and waste lyophilized culture on soils is directly related to the introduction of microorganisms to the soil through and the entry of some organic compounds and nutrients in the product. When evaluated the amount of carbon dioxide production, it is seen that the comboutea culture applied by lyophilization increases the CO<sub>2</sub> production more than the comboutea applied as a direct product. This may be due to the low pH of the comboutea product, which is not lyophilized and in liquid form, as well as the microorganisms that synthesize acid in comboutea. It may have had a negative effect on plant root development in the low pH environment.

On the other hand, microbial biomass carbon, in contrast to that of carbon dioxide production, in lyophilized comboutea application resulted in lower MBC content compared to liquid culture application in both soil types. The reason for this is the number of microorganisms populations in the lyophilized waste culture and it can be thought that the liquid culture may have a more active microorganism population.

It is clear that comboutea product, whether as liquid culture or as lyophilized waste, has a positive effect on the vitality and microorganism activities of soils. However, more detailed studies are required to reach a definitive conclusion.

#### Acknowledgment

We would like to thank Ondokuz Mayıs University for the opportunity to carry out this study.

### Author Contribution Rates

Design of Study (Çalışmanın Tasarlanması): MD (%50), RK (%50)

Data Acquisition (Veri Toplanması): MD (%75), RK (%25)

Data Analysis (Veri Analizi): MD (%50), RK (%50)

Writing up (Makalenin Yazımı): MD (%80), RK (%20)

Submission and Revision (Makalenin Gönderimi ve Revizyonu): MD (%90), RK (%10)

### REFERENCES

- Albiach, R., Canet, R., Pomares, F., & Ingelmo, F. (2000). Microbial biomass content and enzymatic activities after the application of organic amendments to a horticultural soil. *Bioresource Technology*, 75, 43-48.
- Anderson, J. P. E. (1982). Soil respiration. in: A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney (eds.), *Methods of soil analysis, part 2-chemical and microbiological properties*, Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America 831-871.
- Anderson, J.P.E., & Domsch, K.H. (1978). A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 10, 215-221.
- Aşkın, T., Kızılkaya, R., Gülser, C., & Bayraklı, B. (2004). Ondokuzmayıs üniversitesi kampus topraklarının bazı mikrobiyolojik özellikleri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19, 31-36.
- Bastida, F., Kandeler, E., Moreno J.L., Ros, M., Garcia, C., & Hernandez, T. (2008). Application of fresh and composted organic wastes modifies structure, size and activity of soil microbial community under semiarid climate. *Applied Soil Ecology*, 40, 318-329.
- Bauer-Petrovska, B., & Petrushevska-Tozi, L. (2000). Mineral and water soluble vitamin content in the Comboutea drink. *International Journal of Food Science and Technology*, 35, 201-205.
- Blanch, P.J. (1996). Characterization of the tea fungus metabolites. *Biotechnology Letters*, 18, 139-142.
- Çakmakçı, R., Dönmez, M.F., & Erdoğan, Ü. (2007). The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barley seedling growth, nutrient uptake, some soil properties, and bacterial counts. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31, 189-199.
- Dufresne, C., & Farnworth, E. (2000). Tea, comboutea, and health: a review. *Food Research International*, 33, 409-421.
- Emtiazı, G., Naderi, A., & Etemadifar, Z. (2004). Effect of nitrogen fixing bacteria on growth of potato tubers. *Advances in Food Sciences*, 26, 56-58.
- Fatemeh, M., Gholamreza, A., Sanaz, A., Reza, S., Mir Hadi, S., Alireza, R., & Abbas, M. (2015). Comboutea tea ameliorates experimental autoimmune encephalomyelitis in mouse model of multiple sclerosis. *Food and Agricultural Immunology*, 26, 782-793.
- Frankenberger, W.T., & Dick, W.A. (1983). Relationships between enzyme activities and microbial growth and activity indices in soil. *Soil Science Society of America Journal*, 47, 945-951.
- Garcia-Gil, J. C., Ceppi, S., Velasca, M., Polo, A., & Senesi, N. (2004). Longterm effects of amendment with municipal solid waste compost on the elemental and acid functional group composition and ph-buffer capacity of soil humic acid. *Geoderma*, 121, 135-140.
- Hadas, A., Kautsky, L., Goek, M., & Kara, E.E. (2004). Rates of decomposition of plant residues and available nitrogen in soil, related to residue composition through simulation of carbon and nitrogen turnover. *Soil Biology and Biochemistry*, 36, 255-266.
- Haktanır, K., & Arcaç, S. (1997). *Toprak Biyolojisi*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No. 1486.
- İsmailçebeoğlu, N. (1969). Muhtelif bölgelerden izole edilen Azotobacter chroococcum ile aşılamanın, Erzurum Kan siltli kili ve Palandöken çakıllı tınında yetiştirilen buğday ve patates bitkilerinin verimi üzerine etkisi. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 274
- Jayabalan, R., Malini, K., Sathishkumar, M., Swaminathan, K., & Yun, S.E. (2010). Biochemical characteristics of tea fungus

- produced during comboutea fermentation. *Food Science and Biotechnology*, 19, 843-847.
- Jayabalan, R., Marimuthu, S., & Swaminathan, K. (2007). Changes in content of organic acids and tea polyphenols during comboutea tea fermentation. *Food Chemistry*, 102, 392-398.
- Joergensen, R.G., & Potthoff, M. (2005). Microbial reaction in activity, biomass, and community structure after longterm continuous mixing of a grassland soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 37, 1249-1258.
- Katarzyna, E.E., & Edyta, M.P. (2020). Comboutea from alternative raw materials-The review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60, 3185-3194.
- Kaur, K., Kapoor, K.K., & Gupta, A.P. (2005). Impact of organic manures with and without mineral fertilizers on soil chemical and biological properties under tropical conditions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Sciences*, 168, 117-162.
- Kızılkaya, R., Ekberli, I., & Kars, N. (2007). Tütün atığı ve buğday samanı uygulanmış toprakta üreaz aktivitesi ve kinetiği. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 13, 186-194.
- Kızılkaya, R., Aşkın, T., & Özdemir, N. (2003). Use of enzyme activities as a soil erodibility indicator. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 73, 446-450.
- Kızılkaya, R., & Aşkın, T. (2007). The spatial variability of soil dehydrogenase activity: a survey in urban soils. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 72, 89-94.
- Kızılkaya, R., Aşkın, T., Bayraklı, B., & Sağlam, M. (2004). Microbiological characteristics of soils contaminated with heavy metals. *European Journal of Soil Biology*, 40, 95-102.
- Kumar, V., & Joshi, V. (2016). Comboutea: technology, microbiology, production, composition and therapeutic value. *International Journal of Food and Fermentation Technology*, 6, 13-24.
- Malek, A.E. (1971). Free-Living nitrogen-fixing bacteria in Egyptian soils and their possible contribution to soil fertility. *Plant and Soil special*, 2, 423-442.
- Mayser, P., Fromme, S., Leitzmann, C., & Gründer, K. (1995). The yeast spectrum of the 'tea fungus Comboutea. *Mycoses*, 38, 289-295.
- Mo, H., Zhu, Y., & Chen, Z. (2008). Microbial fermented tea e a potential source of natural food preservatives. *Trends in Food Science and Technology*, 19, 124-130.
- Murugesan, G.S., Sathishkumar, M., Jayabalan, R., Binupriya, A.R., Swaminathan, K., & Yun, S.E. (2009). Hepatoprotective and curative properties of Comboutea tea against carbon tetrachlorideinduced toxicity. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 19, 397-402.
- Nannipieri, P., Ceccanti, B., & Grego, S. (1990). Ecological significance of the soil biological activity in soil. *Bollag, J.M. and Stotzky, G. (Eds.). Soil Biochemistry (415-471). New York: Marcel Dekker.*
- Narula, N., Kumar, V., Behl, R.K., Duebel, A.A., Gransee, A., & Merbach, W. (2000). Effect of P solubilizing *Azotobacter chroococcum* on N, P, K uptake in P responsive wheat genotypes grown under green house conditions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 163, 393-398.
- Saravanan, P., Pakshirajan, K., & Prabirkumar, S. (2008). Biodegradation of phenol and m-cresol in a batch and fed batch operated internal loop airlift bioreactor by indigenous mixed microbial culture predominantly *Pseudomonas* sp. *Bioresource Technology*, 99, 8553-8558.
- Parfitt, R.L., Yeates, G.W., Ross, D.J., Mackay, A.D., & Budding, P.J. (2005). Relationships between soil biota, nitrogen and phosphorus availability, and pasture growth under organic and conventional management. *Applied Soil Ecology*, 28, 1-13.
- Rogers, J.E., & Li, S.W. (1985). Effect of heavy metal and other inorganic ions on soil microbial activity: soil dehydrogenase assay as a simple toxicity test. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 34, 858-865.
- Rowell, D.L. (1996). *Soil science: methods and applications*. London, UK: 3rd Edition Longman.
- Sreeramulu, G., Zhu, Y., & Knol, W. (2000). Comboutea fermentation and its antimicrobial activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 2589-2594.
- Srinivasan, R. (1997). Probable gastrointestinal toxicity of Comboutea tea. *Journal of General Internal Medicine*, 12, 643-633.
- Suresh, D., Sneh, G., Krishan, K., & Mool, M. (2004). Microbial biomass carbon and microbial activities of soils receiving chemical fertilizers and organic amendments. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 50, 641-647.
- Vekemans, X., Godden, B., & Penninckx, M.J. (1989). Factor analysis of the relationships between several physico-chemical and microbiological characteristics of some Belgian agricultural soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 21, 53-57.



# Bakır Uygulamasının *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae)'un Gelişim Süresi, Verim, Eşey Oranı ve Ömür Uzunluğuna Etkilerinin Belirlenmesi

Determination of the Effects of Copper Treatment  
on Development Period, Fecundity, Sex Ratio  
and Longevity of *Bracon hebetor* (Hymenoptera:  
Braconidae)

Nevran Eylem AKMAN GÜNDÜZ<sup>1</sup>, Nuran KORKMAZ BOZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Samsun  
• gunduzeylem@gmail.com • ORCID > 0000-0001-5777-470X

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Samsun  
• nurankorkmaz@gmail.com • ORCID > 0000-0001-8216-3097

## Makale Bilgisi / Article Information

**Makale Türü / Article Types:** Araştırma Makalesi / Research Article

**Geliş Tarihi / Received:** 8 Temmuz / July 2021

**Kabul Tarihi / Accepted:** 15 Ekim / October 2021

**Yıl / Year:** 2022 | **Cilt – Volume:** 37 | **Sayı – Issue:** 2 | **Sayfa / Pages:** 291-300

**Atrf/Cite as:** Akman Gündüz, N. E. ve Korkmaz Boz, N. "Bakır Uygulamasının *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae)'un Gelişim Süresi, Verim, Eşey Oranı ve Ömür Uzunluğuna Etkilerinin Belirlenmesi". *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 37(2), Haziran 2022: 291-300.

**Sorumlu Yazar / Corresponding Author:** Nevran Eylem AKMAN GÜNDÜZ

## BAKIR UYGULAMASININ *BRACON HEBETOR* (HYMENOPTERA: BRACONİDAE)'UN GELİŞİM SÜRESİ, VERİM, EŞEY ORANI VE ÖMÜR UZUNLUĞUNA ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

### ÖZ:

Bakır uygulamasının *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae)'un gelişim süresi, verim, eşey oranı ve ömür uzunluğu üzerindeki etkisi laboratuvar koşullarında araştırılmıştır. Son evre *Achroia grisella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvaları konukçu olarak kullanılmıştır. Üç farklı konsantrasyonda bakır (50, 100 ve 200 mg kg<sup>-1</sup>) konukçu türün yapay besinine ilave edilmiş ve denemeler bu konukçular üzerinde yetiştirilen parazitoitlerde gerçekleştirilmiştir. Bakır uygulaması sadece 200 mg kg<sup>-1</sup> konsantrasyonunda bakır içeren grupta bulunan dişilerin gelişim süresinde uzamaya neden olurken, erkeklerde önemli bir etki belirlenmemiştir. Ayrıca, bakır parazitoitlerin verim, eşey oranı ve ömür uzunluğunda önemli herhangi bir değişikliğe neden olmamıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Bracon hebetor*, Gelişim süresi, Verim, Eşey oranı, Ömür uzunluğu.



## DETERMINATION OF THE EFFECTS OF COPPER TREATMENT ON DEVELOPMENT PERIOD, FECUNDITY, SEX RATIO AND LONGEVITY OF *BRACON HEBETOR* (HYMENOPTERA: BRACONİDAE)

### ABSTRACT:

The impact of the copper treatment on developmental period, fecundity, sex ratio and longevity of *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) was examined under laboratory conditions. Late instar larvae of *Achroia grisella* (Lepidoptera: Pyralidae) were used as host species. Three different concentrations (50, 100 and 200 mg kg<sup>-1</sup>) of copper were added to the synthetic diet of host species and parasitoids reared on these hosts were used for the experiments. Treatment with copper prolonged the development period of females at only 200 mg kg<sup>-1</sup> concentration, but no significant effect determined for males. Moreover, copper applications did not make any significant change in fecundity, sex ratio and longevity of parasitoids.

**Keywords:** *Bracon hebetor*, Developmental period, Fecundity, Sex ratio, Longevity.

## 1. GİRİŞ

Ağır metaller yerkürenin olağan bileşenleridir ve yer kabuğunun aşındırıcı öğeleri ile volkanik aktiviteler ağır metallerin ortaya çıkmasına katkıda bulunan doğal olaylardır. Toprak, kaya, sediment, ve su gibi ortamlarda normal değerlerde bulunabilen bu metallerin konsantrasyonu, hızla artan insan nüfusunun ihtiyaçlarını karşılamak için gerçekleştirilen endüstriyel aktiviteler, evsel, tarımsal, medikal ve teknolojik uygulamalar sonucunda artmakta ve farklı yollarla organizmalara alınarak onların yaşamsal faaliyetlerini etkilemektedir (Nummelin ve ark., 2007; Azam ve ark., 2015).

Böcekler yaklaşık bir milyon tanımlanmış türüyle hayvanlar alemindeki en büyük sınıfı oluşturmaktadır (Stork, 2018). Karasal tür çeşitliliğinin ve biyokütlenin büyük bir kısmını oluşturmaları ve pek çok besin zincirinin ana bileşeni olmaları nedeniyle ekosistemin yapısı üzerinde oldukça etkilidirler (Lindqvist ve Block, 1997; McGeoch, 1998). Son yıllarda yapılan çalışmalarda bazı böcek türleri çevre kalitesinin indikatörleri olarak ve/veya farklı kimyasal maddelerin canlılar üzerindeki etkilerini gözlemek için yürütülen laboratuvar çalışmalarında model organizma olarak kullanılmıştır. Bu çalışmalar arasında ağır metallerin böcekler üzerindeki değişik etkilerine yönelik çalışmalar oldukça dikkat çekicidir. Elde edilen sonuçlar, ağır metallerin böceğin biyokimyasal kompozisyonu (Ortel, 1991; Wu ve ark., 2006; El-Sheikh ve ark., 2010; Emre ve ark., 2013; Baghban ve ark., 2014; Yılmaz ve Gündüz, 2021), enzim aktivitesi (Migula ve ark., 2004; Li ve ark., 2005; Emre ve ark., 2013; Suganya ve ark., 2016), bağışıklık sistemi (Ooik ve ark., 2007; Sun ve ark., 2011; Gündüz ve ark., 2020), hayatta kalma (Nieminen ve ark., 2001; Gao ve ark., 2012), üreme (Gao ve ark., 2012), solunum (Ortel ve Vogel, 1989), büyüme ve gelişme (Gintenreiter ve ark., 1993; Ye ve ark., 2009; Safaee ve ark., 2014) gibi özelliklerini etkilediğini göstermiştir. Bu çalışmalardan yola çıkılarak, bu çalışmada küçük balmumu güvesi larvalarına besin yolu ile farklı konsantrasyonlarda bakır verilerek, bu larvalar üzerinde yetiştirilen parazitoit *Bracon hebetor* (Say, 1836) (Hymenoptera: Braconidae)'un gelişim süresi, verim, eşey oranı ve ömür uzunluğu gibi yaşamsal faaliyetlerinin etkilenip etkilenmediğinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada parazitoit türü olarak *Bracon hebetor* (Say, 1836) (Hymenoptera: Braconidae), konukçu olarak Küçük Balmumu Güvesi, *Achroia grisella* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Pyralidae)'nın son evre larvaları kullanılmıştır. Parazitoit ve konukçu türünün stok kültürleri hazırlanarak çalışmalara başlanmıştır.

## 2.1. Konukçu Kültürlerinin Hazırlanması

Konukçu olarak kullanılan *A. grisella* stok kültürlerini hazırlamak için Biyoloji Bölümü Hayvan Fizyolojisi Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan kültürlerden elde edilen erginler kullanılmıştır. Kültürlerin hazırlanmasında besin olarak Bronskill (1961) tarafından geliştirilen ve Sak ve ark. (2006) tarafından modifiye edilen yapay besin içeriği kullanılmıştır. Yapay besin ortamına bakır ilave etmek için öncelikle 2000 ppm konsantrasyonunda bakır içeren stok çözelti hazırlanmış, daha sonra bu çözelti kullanılarak 50, 100 ve 200 mg kg<sup>-1</sup> bakır içeren yapay besinler hazırlanmıştır. Konukçu kültürlerini oluşturmak için hazırlanan yapay besinden cam kavanozlara konulmuş ve her kavanoza 10-15 adet *A. grisella* ergini ilave edilerek kavanozların ağız kısımları hava sirkülasyonunu önlemeyecek şekilde bir bez ile kapatılmıştır. Hazırlanan kültürler 25±2 °C sıcaklık, % 65±5 bağıl nem ve 16:8 (A:K) fotoperiyot koşullarına sahip laboratuvarında muhafaza edilmiştir. Bu işlem düzenli aralıklarla her hafta tekrarlanarak bu kültürlerden elde edilen son evre larvalar denemelerde kullanılmıştır.

## 2.2. Parazitoit Kültürlerinin Hazırlanması

Parazitoit *B. hebetor* stok kültürlerinin kurulmasında Gündüz ve Gülel (2005)'in kullandığı yöntemden yararlanılmıştır. Bunun için içerisinde bir adet konukçu larvası ve %50 oranında seyreltilmiş bal çözeltisi emdirilmiş pamuk toplar bulunan deney tüplerine bir çift parazitoit konulmuştur. Hazırlanan tüpler yukarıda belirtilen laboratuvar şartlarında tutulmuş ve bu işlem belli aralıklarla tekrarlanarak yeni parazitoit kültürleri hazırlanmıştır.

## 2.3. Bakırın Parazitoitin Gelişim Süresi, Verim, Eşey Oranı ve Ömür Uzunluğuna Etkisinin Belirlenmesi

Ağır metallerin parazitoitin yumurtadan ergine kadar olan gelişim süresi, verim ve eşey oranına etkisini belirlemek için, yeni ergin olmuş dişi ve erkek parazitoitler çift oluşturularak ağır metal içeren besinle beslenmiş konukçu larvası ve bal emdirilmiş pamuk toplar bulunan deney tüplerine konulmuştur. Parazitoitler buldukları tüplerden gün aşırı çıkarılarak aynı şekilde hazırlanan yeni tüplere aktarılmıştır. Aktarma işlemi dişi parazitoit ölünceye kadar sürdürülmüş ve hazırlanan tüpler yukarıda belirtilen laboratuvar koşullarında tutulmuştur. Tüplerdeki parazitlenmiş konukçular her gün kontrol edilerek parazitoitlerin ergin olması için geçen süre, bir dişiden elde edilen ergin parazitoit sayısı ve eşeyleri belirlenerek kaydedilmiştir. Yeni ergin olan 0-24 gün yaşlı erkek ve dişi parazitoitler ayrı ayrı deney tüplerine konularak bunlara besin olarak ballı pamuk verilmiş ve ömür uzunluğu denemelerinde kullanılmıştır. Denemeler her bir konsantrasyon için 3 kez tekrarlanmıştır.

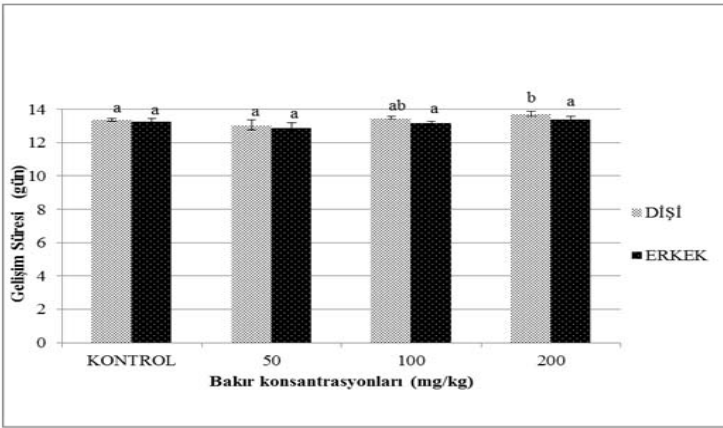


## 2.4. Elde Edilen Verilerin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Bakır uygulamasının parazitoitin gelişim süresi, verim, eşey oranı ve ömür uzunluğu üzerindeki etkisi tek yönlü varyans analizi (One Way ANOVA) kullanılarak karşılaştırılmış, bu testten elde edilen sonuçların önemli olması halinde ortalamalar “Student-Newman-Keul (SNK) Testi” kullanılarak ayrılmıştır. Aynı grupta bulunan erkek ve dişi parazitoitlerin ömür uzunluklarının karşılaştırılmasında ise “Bağımsız-Örneklem T testi” kullanılmış ve  $p=0.05$  güven sınırı esas alınmıştır.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bakırın dişi ve erkek parazitoitlerin gelişim süresine etkisi ile ilgili sonuçlar Şekil 1’de gösterilmiştir. Şekil 1 incelendiğinde, bakır ilavesinin  $200 \text{ mg kg}^{-1}$  bakır içeren grupta bulunan dişilerin gelişim süresinde uzamaya neden olduğu ( $P \leq 0.05$ ), ancak diğer gruplarda bulunan dişilerde önemli bir değişime neden olmadığı görülmektedir ( $P > 0.05$ ). Ayrıca, erkeklerin gelişim sürelerinin kontrol grubunda bulunanlar ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir ( $P > 0.05$ ).



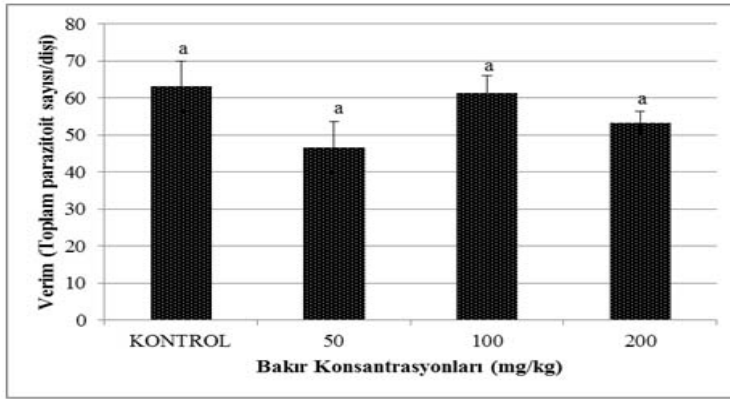
**Şekil 1.** Bakırın *B. hebetor*'un gelişim süresine etkisi. Aynı eşeyde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (One-way ANOVA,  $P > 0.05$ ).

**Figure 1.** Effect of copper on developmental time of *B. hebetor*. Means within the same sex followed by the same letter are not significantly different (One-way ANOVA,  $P > 0.05$ ).

Kazimirova ve ark. (1997) benzer şekilde *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) türüne besin yolu ile ağır metal verdiklerinde bu konukçular üzerinde yetiştirilen parazitoit *Coptera occidentalis* (Hymenoptera: Proctotrupoidea: Diapriidae)'in gelişiminin bundan olumsuz etkilenmediğini belirlemişlerdir. Buna karşın

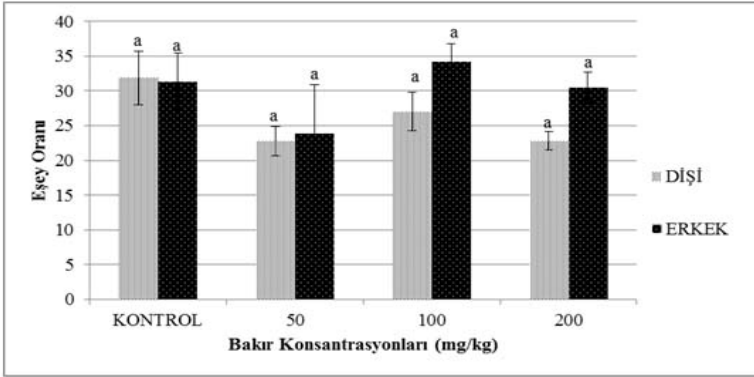
Ye ve ark. (2009) konukçu besinine ilave edilen bakırın besin zinciri yolu ile az miktarda aktarılarak *Nasonia vitripennis*'e (Hymenoptera:Pteromalidae) geçtiğini ve parazitoitin büyüme ve gelişimini olumsuz etkilediğini tespit etmişlerdir. Ye ve ark. (2009) bu olumsuz etkinin bakırın doğrudan oluşturduğu stresten ziyade konukçunun besinsel açıdan yetersiz hale getirilmesinden kaynaklandığını ifade etmişlerdir. *Homona coffearia* (Lepidoptera: Tortricidae) ile gerçekleştirilen çalışmada da besine bakır (12.5-150 ppm) ilave edildiğinde larval gelişim süresinin uzadığı gözlenmiştir (Sivapalan ve Gnanapragasam, 1980). Singh ve Bhupinderjit (2017) ise farklı konsantrasyonda kadmiyum klorür çözeltisine maruz bırakılan rat dokularında yetiştirilen *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) larvalarında gelişimin yüksek kadmiyum konsantrasyonlarında daha uzun sürdüğü tespit etmişlerdir. Ayrıca, Cohn ve ark. (1992), *D. melanogaster* (Diptera: Drosophilidae) ile yaptıkları çalışmada farklı kurşun konsantrasyonlarına maruz bırakılan hem erkek hem de dişi böceklerde gelişimin yavaşladığını belirlemişlerdir. Ağır metallerin böceklerin gelişimine etkileri ile ilgili olarak bildirilen tüm bu çalışma sonuçlarının birbirinden farklı olması çalışmalarda kullanılan böcek türlerinin, hayat evrelerinin, uygulanan ağır metal konsantrasyonlarının, uygulanma şeklinin ve süresinin farklı olmasından kaynaklanmış olabilir.

Bakırın *B. hebetor*'un toplam verim ve eşey oranına etkisiyle ilgili olarak, Şekil 2 ve Şekil 3 incelendiğinde, bakır uygulanan gruplar ile kontrol grubunda bulunanlar arasında hem verim hem de eşey oranı açısından istatistiksel açıdan önemli herhangi bir farklılık bulunmadığı görülmektedir ( $P > 0.05$ ).



**Şekil 2.** Bakırın *B. hebetor*'un verimine etkisi. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (One-way ANOVA,  $P > 0.05$ ).

**Figure 2.** Effect of copper on fecundity of *B. hebetor*. Means followed by the same letter are not significantly different (One-way ANOVA,  $P > 0.05$ ).

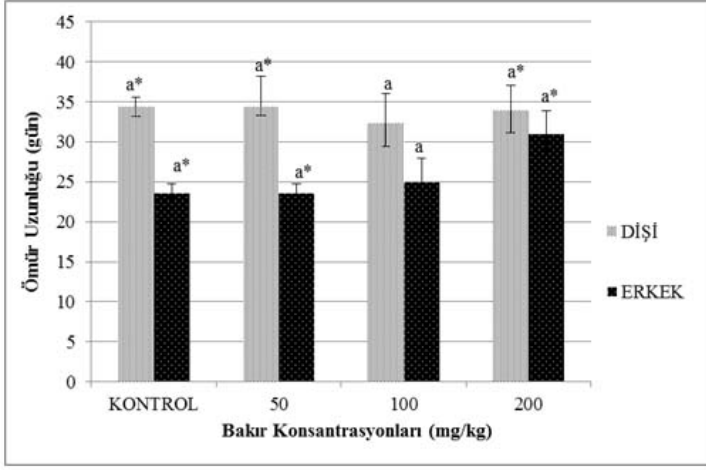


**Şekil 3.** Bakırın *B. hebetor*'un eşey oranına etkisi. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (One-way ANOVA,  $P > 0.05$ ).

**Figure 3.** Effect of copper on sex ratio of *B. hebetor*. Means followed by the same letter are not significantly different (One-way ANOVA,  $P > 0.05$ ).

Bakır çeşitli metabolik aktivitelerin sürdürülmesi için gerekli esansiyel bir iz elementtir. Bu yüzden vücut dokularındaki bakır miktarı diğer esansiyel olmayan metallere göre daha kolay şekilde düzenlenebilir (Hunter ve Johnson, 1982). Ayrıca konukçuya besin yolu ile verilen bakır parazitoite onun verim ve eşey oranını etkileyecek düzeyde geçmemiş olabilir. Bu açıklamalar verim ve eşey oranlarında farklılık belirlenmemiş olmasının nedenini anlamamıza yardımcı olabilir. Bununla birlikte, Ye ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada konukçu yoluyla parazitoite geçen düşük miktardaki bakırın verimi olumsuz etkilediğini göstermişlerdir. Bir başka çalışmada ise, *Scotia segetum* (Lepidoptera: Noctuidae) türünün larvalarına besin yoluyla bakır verildiğinde verimin azaldığı gösterilmiştir (Zelenayora, 1986). Bakırın kullanıldığı ve böcek veriminin olumsuz etkilendiği bu iki çalışmada elde edilen sonuçların bulgularımızdan farklı olması aynı ağır metalin böcekler üzerindeki etkisinin türden türe, konsantrasyona ve uygulanma şekline göre farklı olduğunu göstermektedir.

Dişi ve erkek parazitoitlerin ömür uzunlukları bakır uygulanan gruplarda kontrol grubu ile benzer bulunmuştur ( $P > 0.05$ ) (Şekil 4). Aynı grupta bulunan dişi ve erkeklerin ömür uzunlukları karşılaştırıldığında ise, 100 mg kg<sup>-1</sup> bakır içeren grup dışındaki tüm gruplarda eşeyler arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir ( $P \leq 0.05$ ).



**Şekil 4.** Bakırın *B. hebetor*'un ömür uzunluğuna etkisi. Aynı eşeyde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (One-way ANOVA,  $P > 0.05$ ).

\*: Aynı konsantrasyonda (\*) ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (t testi,  $P \leq 0.05$ ).

**Figure 4.** Effect of copper on longevity of *B. hebetor*. Means within the same sex followed by the same letter are not significantly different (One-way ANOVA,  $P > 0.05$ ).

\*: Means within the same concentration followed by (\*) is significant (t test,  $P \leq 0.05$ ).

Ağır metal uygulamasının ömür uzunluğuna etkisi ile ilgili olarak Kazimirova ve ark. (1997) yaptıkları çalışma sonucunda kadmiyum ve kurşunun dişi parazitoitin ömür uzunluğunu arttırdığını, bakırın ise değiştirmedini belirlemişlerdir. Bulgularımızın aksine, ağır metallerin farklı böcek türlerinde ömür uzunluğunu azalttığına yönelik pek çok çalışma yapılmıştır (Schmidt ve ark., 1991; Moe ve ark., 2001; Al-Misned, 2003; Cervera ve ark., 2004; Mircic ve ark., 2010).

#### 4. SONUÇ

*B. hebetor* larva ektoparazitoiti bir türdür. Dişi parazitoit yumurtalarını konukçu larvası üzerine bırakır ve bırakılan yumurtalardan çıkan larvalar ergin öncesi gelişiminin tamamını bu konukçu larvası üzerinde tamamlar. Bu nedenle konukçudan alınan besin maddelerinin çeşidi ve miktarı parazitoit açısından oldukça önemlidir. Ergin öncesi dönemde alınan besinin parazitoitin gelişme süresi, verim, eşey oranı, ömür uzunluğu ve biyokimyasal kompozisyon gibi değişik özelliklerini etkilediği daha önce yapılan çalışmalarda gösterilmiştir.

Bu çalışmada küçük balmumu güvesi olarak bilinen *A. grisella* larvalarının besinine farklı konsantrasyonlarda bakır eklenerek, bu konukçular üzerinde yetiştirilen parazitoitlerin gelişim süresi, verim, eşey oranı ve ömür uzunluğu gibi yaşamsal özelliklerinin bu uygulamadan etkilenip etkilenmediği araştırılmıştır. Çalışma sonucunda sadece en yüksek bakır konsantrasyonunda bulunan dişilerin gelişim süresinde uzama olduğu, buna karşın araştırılan diğer özelliklerde önemli bir değişme olmadığı belirlenmiştir. Biyolojik özelliklerin etkilenmemiş olması bakırın esansiyel bir element olması ve/veya konukçu besinine ilave edilen bakırın oldukça az miktarda parazitoite geçmiş olması ile ilişkili olabilir. Çalışmada elde edilen sonuçlar bu konuda yapılan bazı çalışmalar ile benzerlik, bazıları ile farklılık göstermektedir. Bu durum ağır metalin etkisinin böcek türüne, gelişim evresine, ağır metalin türüne, konsantrasyonuna, uygulanma şekli ve süresine göre değişiklik göstermesiyle açıklanabilir.

### Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): NEAG (%50), NKB (%50)

Veri Toplanması (Data Acquisition): NEAG (%50), NKB (%50)

Veri Analizi (Data Analysis): NEAG (%50), NKB (%50)

Makalenin Yazımı (Writing up): NEAG (%50), NKB (%50)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): NEAG (%50), NKB (%50)

### KAYNAKLAR

- Al-Misned, F.A.M., 2003. Effect of cadmium on the longevity and fecundity of the blowfly *Chrysomya albiceps* (Wiedemann) (Diptera: Calliphoridae). Kuwait Journal of Science and Engineering, 30(2): 81-84.
- Azam, I., Afsheen, S., Zia, A., Javed, M., Saeed, R., Sarwar, M.K., Munir, B., 2015. Evaluating insects as bioindicators of heavy metal contamination and accumulation near industrial area of Gujrat, Pakistan. BioMed Research International, 1: 1-11. <https://doi.org/10.1155/2015/942751>.
- Baghban, A., Sendi, J.J., Zibae, A. and Khosravi, R., 2014. Effect of heavy metals (Cd, Cu, and Zn) on feeding indices and energy reserves of the cotton boll worm *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of Plant Protection Research, 54(4): 368-371. doi: 10.2478/jppr-2014-0055.
- Bronskill, J.K., 1961. A cage to simplify the rearing of the greater wax moth, *Galleria mellonella* (Pyralidae). The Journal of the Lepidopterist's Society, 15: 102-104.
- Cervera, A., Maymo, A.C., Sendra, M., Martinez-Pardo, R., Garcera, M.D., 2004. Cadmium effects on development and reproduction of *Oncopeltus fasciatus* (Heteroptera: Lygaeidae). Journal of Insect Physiology, 50: 737-749. doi: 10.1016/j.jinsphys.2004.06.001.
- Cohn, J., Widzowski, D.V., Cory-Slechta, D.A., 1992. Lead retards development of *Drosophila melanogaster*. Comparative Biochemistry and Physiology, 102C (1): 45-49. doi: 10.1016/0742-8413(92)90041-5.
- El-Sheikh, Tarek M.Y., Hassan, M.I., Fouda Abd-Elghaphar, A.A. and Hasaballah, A.I., 2010. Toxicological effects of some heavy metal ions on *Culex pipiens* L.(Diptera:Culicidae). Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, 1: 63-76. doi:10.21608/eajbsf.2010.17465.

- Enre, I., Kayış, T., Coşkun, M., Dursun, O. and Cogun, H.Y., 2013. Changes in antioxidative enzyme activity, glycogen, lipid, protein and malondialdehyde content in cadmium-treated *Galleria mellonella* larvae. *Annals of the Entomological Society of America, Physiology, Biochemistry and Toxicology*, 106(3): 371-377. doi: 10.1603/AN12137.
- Gao, H.H., Zhao, H.Y., Du, C., Deng, M.M., Du, E.X., Hu, Z.Q and Hu, X.S., 2012. Life table evaluation of survival and reproduction of the aphid, *Sitobion avenae*, exposed to cadmium. *Journal of Insect Sciences*, 12 (44):44. doi: 10.1673/031.012.4401.
- Gintenreiter, S., Ortel, J., Nopp, H.J., 1993. Bioaccumulation of cadmium, lead, copper, and zinc in successive developmental stages of *Lymantria dispar* L. (Lymantriidae, Lepid) – a life-cycle study. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 25: 55-61. <https://doi.org/10.1007/BF00230711>.
- Gündüz, N.E.A. ve Gülel, A., 2005. Ergin yaşı ve konukçu türünün parazitoit *Bracon hebetor* (say) (Hymenoptera: Braconidae)'un gelişme süresine etkisi. *Ondokuzmayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (2): 31-36. <https://doi.org/10.7161/anajas.2005.20.2.31-36>.
- Gündüz, N.E.A., Mercan, S., Özcan, Ö., 2020. Effect of cadmium and lead on total hemocyte count of *Achroia grisella* Fabr. (Lepidoptera: Pyralidae). *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10 (1): 190-194. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.531102>.
- Hunter, B.A. ve Johnson, M.S., 1982. Food chain relationships of copper and cadmium in contaminated grassland ecosystems. *Oikos*, 38 (1): 108-117. <https://www.jstor.org/stable/3544572>.
- Kazimirova, M., Slovak, M., Manova, A., 1997. Host-parasitoid relationship of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) and *Coptera occidentalis* (Hymenoptera: Proctotrupeoidea: Diapriidae) under host heavy metal stres. *European Journal of Entomology*, 94 (3): 409-420.
- Li, L., Xuemei, L., Yaping, G., Enbo, M., 2005. Activity of the enzymes of the antioxidative system in cadmium-treated *Oxya chinensis* (Orthoptera: Acridoidae). *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 20: 412-416. doi: 10.1016/j.etap.2005.04.001.
- Lindqvist, L. and Block, M., 1997. Influence of life history and sex on metal accumulation in two beetle species (Insecta: Coleoptera). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 58: 518-522. <https://doi.org/10.1007/s001289900365>.
- McGeoch, M. A., 1998. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews*, 73: 181-201. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1997.tb00029.x>.
- Migula, P., Laszczyca, P., Augustyniak, M., Wilczek, G., Rozpedek, K., Kafel, A., Woloszyn, M., 2004. Antioxidative defence enzymes in beetles from a metal pollution gradient. *Biologia, Bratislava*. 59(5): 645-654. <https://www.researchgate.net/publication/228514312>.
- Mirčić, D., Jankovic-Tomanic, M., Nenadovic, V., Franeta, F. and Lazarevic, J. 2010. The effect of cadmium on the life history traits of *Lymantria dispar* L. *Archives of Biological Sciences Belgrade*, 62(4): 1013-1020. doi: 10.2298/ABS1004013M.
- Moe, S.J., Stenseth, N.C., Smith, R.H., 2001. Effects of a toxicant on population growth rates: sublethal and delayed responses in blowfly populations. *Functional Ecology*, 15: 712-721. <https://doi.org/10.1046/j.0269-8463.2001.00575.x>.
- Nieminen, M., Nuorteva, P., Tulisalo, E., 2001. The effect of metals on the mortality of *Parnassium apollo* larvae, (Lepidoptera: Papilionidae). *Journal of Insect Conservation*, 5: 1-7. doi: <http://hdl.handle.net/1975/223>.
- Nummelin, M., Lodenius, M., Tulisalo, E., Hirvonen, H., Alanko, T., 2007. Predatory insects as bioindicators of heavy metal pollution. *Environmental Pollution*, 145: 339-347. doi: 10.1016/j.envpol.2006.03.002.
- Ooik, T., Rantala, M.J., Salonieni, I., 2007. Diet-mediated effects of heavy metal pollution on growth and immune response in the geometrid moth *Epirrita autumnata*. *Environmental Pollution*, 145: 348-354. doi:10.1016/j.envpol.2006.03.008.
- Ortel, J., 1991. Effects of lead and cadmium on chemical composition and total water content of the pupal parasitoid, *Pimpla turionellae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 59: 93-100. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1991.tb01491.x>.
- Ortel, J. and Vogel W.R., 1989. Effects of lead and cadmium on oxygen consumption and life expectancy of the pupal parasitoid, *Pimpla turionellae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 52 (1): 83-88. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1989.tb01251.x>.
- Safaei, S., Fereidoni, M., Shahri, N.M., Haddad, F., Mirshamsi, O., 2014. Effects of lead on the development of *Drosophila melanogaster*. *Periodicum Biologorum*, 116 (3): 259-265.

- Sak, O., Uçkan, F. and Ergin, E., 2006. Effects of cypermethrin on total body weight, glycogen, protein and lipid contents of *Pimpla turionella* (L.) (Hymenoptera: Ichneumonidae). The Belgian Journal of Zoology, 136: 53-58.
- Schmidt, G.H., Ibrahim, N.M.M., Abdallah, M.D., 1991. Toxicological studies on the long-term effects of heavy metal (Hg, Cd, Pb) in soil on the development of *Aiolopus thalassinus* (Fabr.) (Saltatoria: Acrididae). The Science of the Total Environment, 107: 109-133. doi: 10.1016/0048-9697(91)90254-c.
- Singh, D. ve Bhupinderjit, K.H., 2017. Effect of cadmium chloride on the development of *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) and its importance to postmortem interval estimate. Journal of Forensic Sciences and Criminal Investigation, 3 (5): 1-6. doi: 10.19080/JFSCI.2017.03.555622.
- Sivapalan, P. ve Gnanapragasam, N.C., 1980. Influence of copper on the development and adult emergence of *Homona coffearia* (Lepidoptera: Tortricidae) reared in vitro. Entomologia Experimentalis et Applicata, 28 (1): 59-63. doi: 10.1111/j.1570-7458.1980.tb02988.x.
- Stork, N.E., 2018. How many species of insects and other terrestrial arthropods are there on earth?. Annual Review of Entomology, 63: 31-45. https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043348.
- Suganya, M., Karthi, S. and Shivakumar, M.S., 2016. Effect of cadmium and lead exposure on tissue specific antioxidant response in *Spodoptera litura*. Free Radicals and Antioxidants, 6(1): 90-100. doi: 10.5530/fra.2016.111.
- Sun, H.X., Dang, Z., Xia, Q., Tang, W.C., Zhang, G.R., 2011. The effect of dietary nickel on the immune responses of *Spodoptera litura* Fabricius larvae. Journal of Insect Physiology, 57: 954-961. DOI: 10.1016/j.jinsphys.2011.04.008.
- Wu, G. Ye, G. Hu, C. and Cheng, J., 2006. Accumulation of cadmium and its effects on growth, development and hemolymph biochemical compositions in *Boettcherisca peregrina* larvae (Diptera: Sarcophagidae). Insect Science, 13: 31-39. doi: 10.1111/j.1744-7917.2006.00065.x.
- Ye, G.Y., Dong, S.Z., Dong, H., Hu, C., Shen, Z.C., Cheng, J.A., 2009. Effects of host (*Boettcherisca peregrina*) copper exposure on development, reproduction and vitellogenesis of the ectoparasitic wasp, *Nasonia vitripennis*. Insect Science, 16: 43-50. doi: 10.1111/j.1744-7917.2009.00252.x.
- Yılmaz, Y., Gündüz, N.E.A., 2021. Kadmiyumun küçük balmumu güvesi larvalarında protein, lipid ve karbohidrat miktarları ile etkileşimi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 36: 326-333. doi:10.7161/omuanajas.886642.
- Zelenayora, E., 1986. *Scotia segetum* (Lepidoptera, Noctuidae) oogenesis affected by copper ions added to semisynthetic diet of larvae. Biologia, 41: 563-577.



## Literature Review on Farmers' Access to Agricultural Credit in Ethiopia

### Etiyopya'da Çiftçilerin Tarım Kredilerine Erişimi Üzerine Literatür İncelemesi

Gutama Girja URAGO<sup>1</sup>, Mehmet BOZOĞLU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, Samsun  
• girjagutama@gmail.com • ORCID > 0000-0001-5588-2301

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, Samsun  
• bozoglumehmet@gmail.com • ORCID > 0000-0001-8333-1865

#### Makale Bilgisi / Article Information

**Makale Türü / Article Types:** Araştırma Makalesi / Research Article

**Geliş Tarihi / Received:** 3 Ağustos / August 2021

**Kabul Tarihi / Accepted:** 15 Ekim / October 2021

**Yıl / Year:** 2022 | **Cilt – Volume:** 37 | **Sayı – Issue:** 2 | **Sayfa / Pages:** 301-316

**Atıf/Cite as:** Urago, G. G. ve Bozoğlu, M. "Literature Review on Farmers' Access to Agricultural Credit in Ethiopia". *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 37(2), June 2022: 301-316.

**Sorumlu Yazar / Corresponding Author:** Gutama Girja URAGO



## LITERATURE REVIEW ON FARMERS' ACCESS TO AGRICULTURAL CREDIT IN ETHIOPIA

### ABSTRACT:

Agriculture is one of the important sectors that contribute to the economy of a country. It contributes the largest portion of the Ethiopian Gross Domestic Product, followed by the industry and service sectors, respectively. Farmers' access to credit is essential to increase agricultural productivity and modernize agriculture. The purpose of this study was to review the recent literature related to the access to credit of farmers in Ethiopia. The reviewed literatures were obtained from Google Scholar, Science Direct, Web of Science, FAO, and World Bank. According to reviewed literature, the variables of age, gender, education level, family size, land size, number of livestock owned, years of membership to a lending institution, distance from the credit center, and income level of farmers were determined as affecting factors for farmers' access to credit. The impact of access to credit on farm productivity was found to be positive and significant. The literature revealed that most of the farmers were credit constrained and had loan demand. If the constraints were removed and farmers could access enough credit, agricultural productivity would be increased and agricultural income would be improved. Therefore, the government has to support microfinance institutions in order to provide credit to farmers, and women empowerment should be ensured for fair credit access.

**Keywords:** *Determinants, Access to Agricultural Credit, Literature Review, Ethiopia.*



## ETİYOPYA'DA ÇİFTÇİLERİN TARIM KREDİLERİNE ERİŞİMİ ÜZERİNE LİTERATÜR İNCELEMESİ

### ÖZ:

Tarım, ülke ekonomilerine katkı sağlayan önemli sektörlerden biridir. Etiyopya'da Gayri Safi Yurtiçi Hasıla'nın en büyük kısmını tarım oluşturmaktayken, onu sırasıyla sanayi ve hizmet sektörleri izlemektedir. Tarımsal verimliliği artırmak ve tarımı modernleştirmek için çiftçilerin krediye erişimi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı, Etiyopya'da çiftçilerin krediye erişimiyle ilgili güncel literatürün gözden geçirilmesidir. İncelenen literatür Google Scholar, Science Direct, Web of Science, FAO ve Dünya Bankası'ndan elde edilmiştir. İncelenen literatüre göre yaş, cinsiyet, eğitim düzeyi, aile büyüklüğü, arazi büyüklüğü, hayvan sayısı, örgütlerine üyelik süresi, kredi merkezine uzaklık ve çiftçilerin gelir düzeyi değişkenleri, çiftçilerin kredi erişimini etkileyen faktörler olarak belirlenmiştir. Krediye erişimin

tarımsal verimliliği üzerindeki etkisi olumlu ve anlamlı bulunmuştur. Literatüre göre çiftçilerin büyük bir kısmının kredi kısıtlılığı ile birlikte kredi talebi bulunmaktadır. Kısıtlamalar kaldırılırsa ve çiftçiler yeterli krediye erişebilirse, tarımsal verimlilik artacak ve bunun sonucunda tarımsal gayri safi yurtiçi hasıla iyileşecektir. Bu nedenle, hükümet çiftçilere kredi sağlamak için mikrofinans kuruluşlarını desteklemeli ve adil kredi erişimi için kadınların desteklenmesi gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Etiyopya, Etkili faktörler, Literatür Taraması, Tarım Kredisine Erişim.



## 1. INTRODUCTION

Agriculture is one of the most important economic sectors that play vital role in ensuring internal food security, employment growth, and poverty reduction (Soubotina & Sheram, 2000). Agriculture has been considered as a crucial economic sector in both rural and urban areas (E. Saqib et al., 2018). In addition, agricultural production still accounts for a large proportion and contribute to the employment of most workers. Also, the agricultural sector has strategic importance in terms of producing nutrients, supplying raw materials to the industry, and providing foreign exchange through exports (Başer & Bozoğlu, 2018). Therefore, it is important to support farmers in order to increase agricultural production. One of the fundamental tools that are used to support farmers is providing access to agricultural credit. However, farmers in rural areas of developing countries still find it difficult to obtain credit to increase their production (Yadav & Sharma, 2015). Difficulties in raising funds in rural areas resulted in a decline in production, gross domestic production (GDP), and the national food security of poor countries (Guirkingner & Boucher, 2008). Therefore, access to agricultural credit is considered as an important factor in economic development, especially for low-income farmers (Ellis, 2000).

Based on the United Nations Population Division's World Urbanization Prospects as 2019, about 79% of the Ethiopian population lived in rural areas and was mainly operating farm to generate income and food (World Bank, 2018). Since most of the population have lived in rural areas, the government has been targeting the agricultural sector to improve national income. The vision of the Growth and Transformation Plan II (GTP II) is to become a lower middle-income country by 2025. This plan mainly targets improving the agricultural sector to speed up its contribution to national income. The Economic Development Sector section of GTP II deals, inter alia, with agricultural and rural transformation. In particular, bringing a significant shift in agricultural productivity, building productive capacity, and thereby enhancing the sector's contribution to the economy and stabilizing the macroeconomy are the objectives of this plan (FAO, 2016).

Providing credit for farmers is one of the tools used to build the productive capacity of farmers so that they can efficiently produce and contribute to the economy of the country. Removing farmers' credit constraints and allowing them to get access to enough credit are substantial. The value of output per acre of constrained farmers would be increased by 60%, relative to their current productivity level, if all types of credit constraints could be alleviated (Mukasa et al., 2017). This implies that providing enough access to credit for farmers to build their productive capacity is one of the main instruments to transform the country from a low-income country to a lower middle-income country.

Lack of agricultural credit is one of the major problems that smallholder farmers are facing (Admassie, 2004). Farmers require financial resources to purchase improved agricultural inputs and farm implements in order to increase output and income and break the cycle of poverty. Investments of farmers in these technologies cannot be realized unless organizations and systems capable of providing adequate rural financial services to farmers are in place. As a result, efforts to develop agriculture may suffer in the absence of a strong financial foundation to increase access to credit for smallholder farmers.

### 1.1. Objectives of the Study

This study aims to review access to agricultural credit of farmers in Ethiopia by systematically arranging published and unpublished research. In particular, this review analyzes the previous literature from a descriptive perspective and summarizes and compares determinants of access to agricultural credit in Ethiopia. This study can help future researchers and policymakers by introducing several interrelated aspects related to agricultural credit in one place. Researches on the characteristics of agricultural credit, the determinants of access to agricultural credit, the impact of agricultural credit access on productivity and output, and some related issues are discussed and summarized. In particular, this paper can help policymakers/banks/lending institutions in Ethiopia to understand and take action on current issues related to the status and performance of agricultural credit. This article also puts forward the future prospects of this Ethiopian agricultural credit market research.

Most of the researches that were conducted in Ethiopia were kept in different libraries within the country rather than being published on different journals. Therefore, many researches may not be accessed using a search engine on the internet. However, the research and journals related to agricultural credit issues and accessed through Google Scholar, Science Direct and Web of Science were collected and critically reviewed to describe agricultural credit access in Ethiopia and identify factors affecting access of farmers to credit and the impact of credit on agricultural productivity.

## 2. MATERIAL AND METHODS

Google Scholar, Science Direct, and Web of Science were used to search for relevant and recent literature on access to agricultural credit of farmers in Ethiopia. In addition, the most reliable data collectors like FAO and World Bank were used as source of data to analyze current statistics related to the agricultural credit market in Ethiopia. The related literature collected from these sources for review were about 39, and 10 of them were selected for critical review. The collected literature was discussed to provide insights about farmers' access to credit in Ethiopia.

Admassie (2004) reported the agricultural finance performance in Ethiopia by categorizing the time period as Imperial period (before 1974), Derg period (1974-1987), and Post-reform period (after 1987). The history of formal financial sector development started when the Imperial Charter established the State Bank of Ethiopia in 1942. During that time, smallholder farmers only received about 7.5% of the total agricultural finance. After Post-reform, the percentage of farmers who had access to credit increased to 33.3% (Mukasa et al., 2017). Waje (2020) reported that only 36.54% of farmers had access to agricultural credit in 2019.

Table 1 introduced the summary of the title, study area, model and publisher of critically reviewed researches. Most of researchers tried to approach the farmers' access to credit and impact of credit on farm productivity through probit and logistic regressions. The detailed outputs of their model were discussed in section 3.

**Table 1:** The summary of most critically reviewed literatures

Authors and Year	Title	Study area	Method	Publisher
Abate et al. (2016)	Rural Finance and Agricultural Technology Adoption in Ethiopia: Does the Institutional Design of Lending Organizations Matter?	Ethiopia	Probit model (nonparametric kernel-based matching, five-nearest-neighbors matching, and radius matching.)	World Development
Gebeyehu et al. (2019)	Impact of Agricultural Credit on Maize Productivity among Smallholder Farmers	Oromia	Probit Regression Model	Ethiopian Journal of Applied Science and Technology
Gebeyehu et al. (2019)	Determinants of Access to Agricultural Credit among Smallholder Maize Farmers	Oromia	Probit Regression Model	International Journal of Horticulture, Agriculture and Food science Economics
Waje (2020)	Determinants of Access to Formal Credit in Rural Areas of Ethiopia	Southern Nation, Nationalities and Peoples Region	Probit Regression Model	
Argaw (2017)	Analysis of Determinants of Access to Credit among Smallholder Farmers	Southern Nation, Nationalities and Peoples Region	Logistic Regression Model	Journal of Economics and Sustainable Development

Tesfaye et al. (2019)	Determinants of Access to Credit Among Small Scale Irrigation User Farmers	Amhara	Logistic Regression Model	Journal of Economics and Sustainable Development
Amanuel & Degye (2018)	Determinants of microfinance loan utilization by smallholder farmers	Southern Nation, Nationalities and Peoples Region	Independent Double-Hurdle Model	Journal of Development and Agricultural Economics
Mulatu et al. (2020)	Smallholder Farmers' Credit Participation	Southern Nation, Nationalities and Peoples Region	Independent Double-Hurdle Model	Journal of Agricultural Economics and Rural Development
Mukasa et al. (2017)	Credit constraints and farm productivity	Ethiopia	Endogenous Regime Switching Regression Model	African Development Bank
Admassie (2004)	A Review of the Performance of Agricultural Finance in Ethiopia: Pre- and Post-Reform Periods	Ethiopia	Descriptive Analysis	International Conference on The Agrarian Constraint and Poverty Reduction.

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

#### 3.1. The Concept of Agricultural Credit

Various scientific papers introduced different definitions for agricultural credit. Singh Yadav (2017) defined credit as “*the ability to command other people's capital in exchange for a promise to repay at a later date*”. Therefore, credit is comprised of two components: “ability to borrow” and “willingness to borrow”. In other words, obtaining power over the use of money in the present in return for a pledge to repay it at a later date is referred to as credit. It can also be considered as an economic good to be produced, managed and marketed. Thus, credit involves a temporary transfer of wealth. Credit to farmers can be categorized into cash credit (loans given to farmers by financial institutions), and non-cash credit, which comprises the supply of inputs to farmers by companies, individual businessmen, etc., for which these farmers make payments after harvesting (Kuwornu, 2013).

Agricultural credit, according to Nwaru (2004), is “*the present and temporary transfer of purchasing power from one who owns it to another who wants it, allowing the latter to command another person's capital for agricultural purposes while remaining confident in his willingness and ability to repay at a specified future date*”. In other words, it is the monetization of promises and the exchange of cash in the present for a promise to repay with or without interest in the future. If there is no willingness and ability to repay, the promise to repay at a future date would be pointless. It can also be defined as one of several vehicles used to finance agricultural transactions. Loans, notes, bills of exchange, and acceptances of banker are examples of these instruments. This type of financing is tailored to the specific financial needs of farmers, allowing them to secure equipment, plant, harvest, market, and do other things necessary to keep their farms running.

Agricultural credit has been an essential component of modernization and commercialization of agriculture and the rural economy (Abedullah et al., 2009). The introduction of easy and low-cost credit is the quickest way to increase agricultural output. As a result, meeting the credit needs of the farming community has been a top priority for all governments. Agriculture is more reliant on credit than any other economy sector due to seasonal variations in farmer returns and a changing market (Vogt, 1978). Therefore, credit is the important element that has to be considered as the main input for agricultural improvement.

### 3.2. Agricultural Credit Use

During the Imperial regime (1960s–1974), roughly half of all domestic credit for agriculture was distributed through two intermediary institutions such as the Grain Corporation and Farmers' Cooperatives (Abate et al., 2016; EEA, 2000). These intermediaries received credit funds from state-owned banks and extended low-interest loans to farmers. However, as with most of the directed credit programs implemented elsewhere during the same period, efforts to extend agricultural credit to small farmers were unsuccessful (Abate et al., 2016). Agriculture received between 42 and 65% of total domestic loans during this time, with smallholder farmers receiving only about 7.5%. The majority of agricultural credits went to large and influential farmers (Admassie, 1987, 2004).

Despite the fact that the socialist regime (1974–1991) continued the tradition of assigning specialized financial institutions, smallholder farmers did not fare any better during this time. They were denied credit because larger state-run farms were given priority (Abate et al., 2016). For example, during the regime's period of 1974–1984, approximately 89% of agricultural credits were channeled to state farms, while private smallholder farmers received only 11% (EEA, 2000). Furthermore, near the end of the socialist era, the depletion of capital faced by some of these lending institutions resulted in the abolition of the negligible credit shares to smallholder farmers (Ahma et al., 2010).

The post-reform period, which began with the Structural Adjustment Program to correct all types of financial distortions, did not fare any better. The total share of agricultural credit shrank significantly in the years following the economic reform (Abate et al., 2016). It was estimated that there was about a \$3 billion credit shortage in the overall economic system (Amha & Peck, 2019). Furthermore, it appears that smallholder agriculture is suffering more than other sectors of the economy from the financial crisis. However, while agriculture contributed approximately 41% of total GDP in 2010/2011, the sector's share of total lending was only about 14%. As a result, over the last two decades, the average credit-to-aggregate value of total agricultural production has been only 6% (Abate et al., 2016).

According to Getahun (2001), the source of agricultural credit in Ethiopia mainly categorized under two main categories. These are informal and formal financial sectors such as Commercial Bank of Ethiopia, and Agricultural and Industrial Development Bank. It is estimated that approximately 1% of all farmers use institutional credit. The huge percentage of agricultural loans emanate from non-institutional sources of agricultural loans such as private money lenders, other farmers, middlemen, neighbors, friends, relatives, and merchants. However, over the decades, the percentage of farmers who have access to credit has increased to 33.3 percent, with 66.6 percent of those who were credit constrained owing to risk concerns and transaction costs (Mukasa et al., 2017). Furthermore, the percentage of farmers who have credit access increased to 36.54% (Waje, 2020). Despite the improvement in credit access, it is obvious that there is still no enough credit access as expected.

### 3.3. Determinants of Agricultural Credit Access

According to the literature, level demographic, socioeconomic, and institutional variables of farmers influence the access to credit. Age, gender, family size, number of livestock owned by the farmer, distance of credit institution from farmer house, educational attainment of the farmer, and family size and income level are commonly regarded as factors influencing agricultural credit access in Ethiopia.

**Table 2:** Factors influencing farmers' credit access

Dependent Variable(s) (Credit access or use)	Waje (2020)	Gebeyeu et al. (2019)	Argaw (2017)	Tesfaye et al. (2019)	Mulatu et al. (2020)
<b>Independent Variables</b>					
Age	0.082*	-0.0174*	-0.123***	-0.1091***	-0.012
Gender	0.398	0.6845**	0.798	0.40903	0.681*
Marital Status	0.129	-0.7307	0.304		
Education	0.000***	-0.749**	0.133*		0.101**
Family size	0.953		0.464*		0.187**
Land size	0.417	0.889	1.27*		0.251**
Income level	0.725		1.11*	-0.00172	
Membership to credit institution	0.027**	0.0936***			
Collateral	0.001***	0.00034			
Saving Culture	0.000***			0.0026	
Livelihood diversification	0.000***	0.1535***			
Connection to lenders	0.000***				
Distance from credit source		-0.2237***	0.105	-0.4203	-0.054**
Livestock owned				0.25516***	0.109
Experience of credit use	0.072*				
Extension service	0.000***	0.3121***	0.015		0.038**
Interest to credit (borrowing)					
Availability of social network			0.309		
Dependency ratio			-0.199		
Attitude towards risk			0.521		
Lending procedures				-3.0905*	
Repayment period				-3.4194*	
Perception loan provision time					1.348***
Perception on group lending					0.769**

Note: \*\*\*, \*\* and \* is significant at 1%, 5% and 10% level, respectively

### 3.3.1. Age

Gebeyehu et al. (2019) used the probit model to conduct research in Horro Guduru Wollega Zone of Oromia and revealed that the age of farmers was negatively and significantly associated with the probability of accessing credit at a 10% significance level. According to the marginal effect, an increase in the age of a farmer by one year reduced the probability of farmer's access to credit by 0.69%. Therefore, older farmers had a larger capital base and were less likely to seek credit. Gebeyehu et al. (2019) result was in line with the findings of Mpuga (2004) who found that younger farmers were more likely to borrow because their investments were more active, energetic, and aggressive. Argaw (2017) also revealed that credit users and non-user farmers had an average age of 44.9 and 49.2 years, respectively. The difference in the age of the farmer among the groups was significant at the 1% probability level. In addition, (Waje, 2020) supported the negative relationship between the age of the farmer and credit access. Older farmers were less likely to get credit because older smallholder farmers were not expected to repay the credit they borrowed. According to the probit regression marginal effect estimation, the probability of accessing credit has decreased by 1.1% every year as farmers are getting older. On the other hand, age was an insignificant variable in the output of the ordered logit model used by Nouman et al. (2013) and the probit model used by Mulatu et al. (2020). The literature showed that the age of a farmer could be a significant variable and negatively affect the access to credit of farmers, and while others found that age of a household was an insignificant variable.

### 3.3.2. Gender

Mulatu et al. (2020) found that gender had positive and significant relationship with access to credit at 5% level of significance. The probit model output revealed that changing a dummy from female to male farmer increased the probability of credit access by 18.6% assuming all other variables remain constant. This research was consistent with Ayele & Goshu (2018) as they also found gender of farmer as a significantly influencing factor, namely, keeping other things constant, being a male farmer increased the loan size by 6% at a 10% of significance level. According to Gebeyehu et al. (2019), male-managed farms increased the probability of accessing credit from formal sources by 24.89% compared to female-managed farms. In addition, Awunyo-Vitor & Abankwah (2012) show that men were more likely than women to obtain credit. The number of credit users in female-managed farms was lower than the number of credit users in male-managed farms and was significant at 1% probability level (Argaw, 2017). The implication shows that women had few assets, small landholdings, and low productivity limiting their access to credit.



### 3.3.3. Education

According to the probit regression model result of Waje (2020), education had a positive and significant influence on the farmers' access to the credit process at a less than 1% probability level. The findings have showed that smallholder farmers who received formal education were more likely to have access to credit than those who did not. This result was consistent with Argaw (2017) who found that a one-unit increase in the farmer's education level resulted in a 0.033 increase in the farmer's likelihood of obtaining credit from microfinance institutions (MFIs). There was a positive relationship between the education level of farmers and the probability of accessing to credit (Amanuel & Degye, 2018; Asante-Addo et al., 2013; E. Saqib et al., 2018; Mohamed, 2003; Mulatu et al., 2020). In contrast, Gebeyehu et al. (2019) found that educational level had a negative and statistically significant (at 5%) relationship with the probability of farmers accessing to credit. Similarly, Nouman & Syed (2013) and Muhammed (2013) also found a negative relationship between the education level of farmers and the probability of accessing to credit. The reason for these findings was that a large proportion of agricultural credit interventions, such as MFIs, were aimed at poor farmers, and an educated individual could join to run their own business and earn income.

### 3.3.4. Family Size

According to E. Saqib et al. (2018)'s finding, a one-member increase in family size increased access to credit for a farmer by 0.059 units. Argaw (2017) revealed that household size influenced farmers' access to credit in a positive and significant way at a 10% probability level. The logit model result showed that a one unit increase in family members generated a 0.116% increase in the likelihood of credit access of farmer. These results were consistent with Mulatu et al. (2020) who found that the amount of loan earned by a household increased by 301.30 birr for every additional family member. The reviewed literature showed that the increase in family size had a significant and positive relationship with farmers' credit access.

### 3.3.5. Land Size of Farm

The results of E. Saqib et al. (2018) showed that the total landholding of the farmer was a significant factor in access to credit of the farmer, implying one acre increases credit availability by 0.216 units. Similarly, Nouman & Syed (2013) found a positive relationship between the total land holding of farmers and access to credit. Argaw (2017) found that one unit increase in the cultivated land holding of the farms produced a 0.318% increase in the probability of credit access for the household. Ayele & Goshu (2018) found the size of landholding as a significant determinant factor for microfinance loan utilization of farmers. According to these findings keeping everything else constant, as the size of the landholding

increased by 1 hectare, the likelihood of using a microfinance loan increased by 36.1%. Furthermore, Mulatu et al. (2020) supported the positive coefficient of the landholding size of the farmer when regressed as an independent variable to determine its effect on credit access probability. However, Gebeyehu et al. (2019) and Waje (2020) revealed that farmers' landholding size was not a significant factor to influencing agricultural credit access by using the probit regression model.

### 3.3.6. Distance from Credit Source

Mulatu et al. (2020) found that distance between households' residences and microfinance service provision centers was a significant negative factor at the 5% level on farmers' access to credit. The probit model result showed that every kilometer distance from the institution reduced the likelihood of household participation in the credit service by about 1.8%, assuming all other variables remained constant. Gebeyehu et al. (2019) also found that farmers' perceptions of the distance between credit institutions and their homes had a negative and significant effect at 1% level on the likelihood of credit access. The likelihood of obtaining agricultural credit from a formal source decreased by 8.85% for every additional kilometer traveled. Farmers who faced a long distance between their home and the credit institution were less likely to obtain credit. These results were in line with those reported by Tang et al. (2017), who found that every kilometer between the nearest bank and the village reduced the likelihood of borrowing credit from formal lenders by 1%. Furthermore, Mulatu et al. (2020) stated also that the distance between credit provision centers and households' residence had a significantly negative relationship with credit participation.

### 3.3.7. Livestock Owned

Number of livestock had positive relationship with access to credit and amount of loan (Mulatu et al., 2020) because lender institution suggests guaranties for securing against crop failure and other related risks to ensure loan repayment results. Furthermore, livestock was viewed as an informal collateral farmer check to enable other participants to join the community pursuing a larger loan amount since it is used for risk sharing in the event of loan default (Haji & Tilahun, 2013). In contrast, Gebeyehu et al. (2019) found that the amount of livestock in the farmer's tropical livestock unit had a significant (<1%) negative impact on the likelihood of household credit access. A unit increase in overall livestock reduced the likelihood of farmers obtaining agricultural credit by 6.074%. This result was in line with Doreen & Philip (2014) and Girma & Abebaw (2015) who found a negative relationship between the number of livestock owned by households and the probability of accessing credit.

### 3.3.8. Membership to Credit Institutions

The number of years of participation in formal credit also had a significant positive impact on the likelihood of accessing formal credit. A one-year increase in membership of a formal credit institution increased the likelihood of access to credit of the farmer by 3.70% (Gebeyehu et al., 2019). This result is also supported by Mpuga (2004) who found that farmers' access to formal credit institutions was positively influenced by experience of the household head in credit use. In addition, experience of credit use of farmers had a positive effect on credit access and was statistically significant in determining access to credit process at a 10% probability level (Tesfaye & Worku, 2019; Waje, 2020). This suggests that the more credit-experienced a farmer is, the easier it is to obtain formal credit.

### 3.3.9. Income Level

The non-and/off-farm income of the farmer was found to be a significant factor that influences farmer's access to formal credit (Argaw, 2017). The significant positive coefficient for off-farm income generation in the logit model suggested that off-farm income generation increased the likelihood of the farmer obtaining a loan from formal financing sources. Increasing off-farm activities had increased the likelihood of engaging in credit markets by 0.267. Farmers' chance of successfully participating in formal credit markets increased as their off-farm income increases (Muhongayire et al., 2013). However, E. Saqib et al. (2018) found that, although the effect was negligible, monthly income had a negative significant effect on access to agricultural credit in Pakistan. However, due to the fact that most Ethiopian farmers do not have monthly basis income, that case has not yet been revealed in Ethiopia.

## 3.4. Impact of Agricultural Credit Access on Productivity and Output

The agricultural sector in the modern era is critical for economic development. Existing literature introduces different approaches about impact of agricultural credits on productivity and output. Zuberi (1989) revealed that farmers could use modern agricultural technology if they were given credit for purchasing modern inputs. Many developed countries has recognized the advantages of modern agricultural technology. However, the use of modern farm technology to increase agricultural output has increased financing needs of the farmers (Mellor, 1966). The quickest way to increase agricultural production is to provide easy and cheap credit (Abedullah et al., 2009). Credit helps for disaster relief as well as the purchase of seed, fertilizer, cattle, and farm implements (Yusuf, 1984). The use of modern technology increased credit demand, which resulted in an increase in agricultural productivity among small farmers (Saboor et al., 2009). Credit availability aided the adoption of yield-enhancing technologies. Credit programs were used by

governments to boost agricultural output (Adams and Vogel, 1986). Saleem and Jan (2011) stated that credit disbursed for seed, fertilizers and pesticides, irrigation, and tractors was found to be strongly and positively correlated to agricultural gross domestic product. Credit has a positive relationship with agricultural productivity because it allows farmers to purchase superior quality or high yield variety seeds, fertilizers, and pesticides, and agricultural yield increases as a result of timely and adequate inputs (Rahman et al., 2014).

In Ethiopia, some researchers proved the strong and positive relationship between access to credit and agricultural productivity. Mukasa et al. (2017) stated that about 66.6% of Ethiopian farmers were credit constrained and if those farmers could access enough credit, their productivity would increase gradually. The model results showed that removing credit constraints would result in significant productivity gains of around 60% in Ethiopia. So, to improve agricultural and/or farm productivity, the government should provide enough credit to farmers. According to Gebeyehu et al., (2019) access to credit increases maize productivity by 26.6% via increasing the use of improved maize seed by 37.4%, fertilizer by 47.8% and hired labor by 33.6%. Therefore, the critical instrument to boost agriculture is to provide enough credit to farmers.

#### 4. CONCLUSION

Agriculture plays a significant role in increasing national income due to the fact that the largest proportion of populations are residing in the countryside and operating farm to generate income and food. With the traditional farming system, without accessing credit, increasing farm yield is difficult. Transforming agriculture from traditional farming system to modernized systems needs credit to buy improved farm inputs. So, the access of farmers to agricultural credit is crucial to improve agricultural productivity.

Modernizing agriculture to improve productivity led to more credit demands. The farmers who demand for credit to buy seeds, pesticides, fertilizer and also cover operation costs are not accessing enough credit. The largest proportion of Ethiopian farmers are constrained from getting access to credit due to many reasons. Among these reasons, the literature mainly focused on socio-economic factors of farmers. Some researchers also revealed that risk factors and transaction costs are the main reasons that make credit access more difficult. The farm productivity would increase gradually if the existing constraints were removed and the farmers got access to credit.

Many researchers have tried to approach the issue of farmers' access to credit using different models. The mostly used models were probit and logistic regression models. Furthermore, some researchers used independent double-hurdle,

nonparametric kernel- based matching, five-nearest-neighbors matching, and radius matching models to identify factors affecting farmers' access to agricultural credit and impact of credit on farm productivity. Age, gender, education level, distance from credit institution, farm size, number of livestock owned, income level and years of membership to cooperatives were all among significant factors affecting access to credit. According to the reviewed literature, agricultural credit access had a positive impact on farm productivity.

In view of the reviewed literature, the followings are recommended to improve access of farmers to the credit in Ethiopia:

- The government should have to expand microfinance institutions to reach farmers who are in need of credit to boost their productivity.
- The women empowerment is also important so that females have fair access to credit like the male farmers.
- There is a need for further research into the impact of agricultural credit in Ethiopia, the efficiency of policy instruments in improving farmers' access to credit, and the satisfaction of farmers with the current microfinance institutions scheme.

#### Author Contribution Rates

Design of Study (Çalışmanın Tasarlanması): GGU (%70), MB (%30)

Data Acquisition (Veri Toplanması): GGU (%70), MB (%30)

Data Analysis (Veri Analizi): GGU (%70), MB (%30)

Writing up (Makalenin Yazımı): GGU (%70), MB (%30)

Submission and Revision (Makalenin Gönderimi ve Revizyonu): GGU (%70), MB (%30)

#### REFERENCES

- Abate, G. T., Rashid, S., Borzaga, C., & Getnet, K. (2016). Rural Finance and Agricultural Technology Adoption in Ethiopia: Does the Institutional Design of Lending Organizations Matter? *World Development*, 84(March), 235–253. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.03.003>
- Abedullah, A., Mahmood, N., Mahmood, N., Khalid, M., & Kouser, S. (2009). The role of agricultural credit in the growth of livestock sector: A case study of Faisalabad. In *Pakistan Vet. J* (Vol. 29, Issue 2). <https://www.researchgate.net/publication/26606272>
- Adams, D. W., & Vogel, R. C. (1986). Rural financial markets in low-income countries: Recent controversies and

- lessons. *World Development*, 14(4), 477–487.
- Admassie, A. (1987). A study of the factors that affect the use of agricultural credit among peasant farmers in Ethiopia: The case of two districts. *Unpublished M.Sc. Thesis, Addis Ababa University, Ethiopia*.
- Admassie, A. (2004). A Review of the Performance of Agricultural Finance in Ethiopia : Pre- and Post Reform Periods. *International Conference on 'The Agrarian Constraint and Poverty Reduction.*, 17–18.
- Ahma, W., Djurfeldt, G., Aryeetey, E., & Isinika, A. (2010). Meeting the financial needs of smallholder farmers in Ethiopia. In *African Smallholders. Food Crops, Markets and Policy* (pp. 156–188). Wallingford, Oxfordshire, England: CAB International.
- Amanuel, A., & Degye, G. (2018). Determinants of microfinance loan utilization by smallholder farmers: The case of Omo Microfinance in Lemo District of Hadiya Zone, Southern Ethiopia. *Journal of Development and Agricultural Economics*, 10(7), 246–252. <https://doi.org/10.5897/jdae2016.0726>
- Amha, W., & Peck, D. (2019). Agricultural finance potential in Ethiopia: constraints and opportunities for enhancing the system. *Gates Open Res*, 3.
- Argaw, G. (2017). Analysis of Determinants of Access to Credit among Smallholder Farmers in Edja District , Guraghe Zone , SNNPR , Ethiopia. *Journal of Economics and Sustainable Development*, 8(13), 73–80. <https://core.ac.uk/reader/234647920>
- Asante-Addo, C., Mockshell, J., & Zeller, M. (2013). *Determinants of Farmers' Participation and Credit Constraints in Agricultural Finance Programs: Evidence from Nkoranza Districts of Ghana*.
- Awunyo-Vitor, D., & Abankwah, V. (2012). Substitutes or Complements?: Formal and Informal Credit Demand by Maize Farmers in Ashanti and Brong Ahafo Regions of Ghana. *International Journal of Agriculture and Forestry*, 2012(3), 105–112. <https://doi.org/10.5923/j.ijaf.20120203.05>
- Başer, U., & Bozoğlu, M. (2018). Determination of value-creating activities in the agricultural value chain. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(8), 1002-1007.
- Doreen, A., & Philip, A. M. (2014). *Determinants of credit access and demand among small-holder farmers in Tigray region, Ethiopia*. Master Thesis submitted to Norwegian University of Life Sciences School of Economics and Business.
- E. Saqib, S., Kuwornu, J. K. M., Panezia, S., & Ali, U. (2018). Factors determining subsistence farmers' access to agricultural credit in flood-prone areas of Pakistan. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 39(2), 262–268. <https://doi.org/10.1016/j.kjss.2017.06.001>
- EEA. (2000). *Annual Report on Report on the Ethiopian Economy* (B. Degefe & B. Nega (eds.)). Ethiopian Economic Association.
- Ellis, F. (2000). The determinants of rural livelihood diversification in developing countries. *Journal of Agricultural Economics*, 51(2), 289–302.
- FAO. (2016). *Growth and Transformation Plan II (GTP II) (2015/16-2019/20)*. Food and Agricultural Organization in the United Nations. <http://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC169444/>
- Gebeyehu, L., Emanu, B., & Mitiku, F. (2019). Impact of Agricultural Credit on Maize Productivity among Smallholder Farmers in Hababo Guduru District, Oromia, Ethiopia. *Ethiopian Journal of Applied Science and Technology*, 10(2), 27–41. <https://journals.ju.edu.et/index.php/ejast/article/view/2388>
- Gebeyehu, L., Emanu, B., Mitiku, F., & Ejeta, T. T. (2019). Determinants of Access to Agricultural Credit among Small holder Maize Farmers: The Case of Hababo Guduru District, Horro Guduru Wollega Zone, Ethiopia. *International Journal of Horticulture, Agriculture and Food Science*, 3(3), 112–118. <https://doi.org/10.22161/ijhaf.3.3.1>
- Getahun, H. (2001). Financing Small Farmer Development in Ethiopia. *International Conference on African Development*, 42, 1–14. [https://scholarworks.wmich.edu/africancenter\\_icad\\_archive/42](https://scholarworks.wmich.edu/africancenter_icad_archive/42)
- Girma, M., & Abebaw, D. (2015). Determinants of formal credit market participation by rural farm households: Micro-level evidence from Ethiopia. *Paper for Presentation at the 13 Th International Conference on the Ethiopian Economy. Ethiopian Economic Association (EEA) Conference Centre, Addis Ababa, Ethiopia*.
- Guiringer, C., & Boucher, S. R. (2008). Credit constraints and productivity in Peruvian agriculture. *Agricultural Economics*, 39(3), 295–308. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2008.00334.x>
- Haji, J., & Tilahun, A. (2013). Impact of Microfinance on The Livelihood of Smallholders Farmers: The Case of Oromia Credit and Saving Share Company, Grawa Branch, East Hararghe Zone, Oromia National Regional State, Ethiopia. *Unpublished Doctoral Dissertation, Haramaya University, Ethiopia*.
- Kuwornu, J. (2013). Agricultural Credit Allocation and Constraint Analyses of Selected Maize Farmers in Ghana.

- British Journal of Economics, Management & Trade*, 2(4), 353–374. <https://doi.org/10.9734/bjemt/2012/2270>
- Mellor, J. W. (1966). *The economics of agricultural development*. Cornell University of credit Press, Ithaca.
- Mohamed, K. (2003). *Access to formal and quasi-formal credit by smallholder farmers and artisanal fishermen: A case of Zanzibar* (Issue 3). Mkuki na Nyota Publishers.
- Mpuga, P. (2004). Demand for Credit in Rural Uganda: Who Cares for the Peasants? *Conference on Growth, Poverty Reduction and Human Development in Africa Centre for the Study of African Economies*, 42. <https://pdfs.semanticscholar.org/d10b/e2947e8a4c338ab3fd0c07265b7aac1ea4a.pdf>
- Muhammed, M. A. (2013). *Formal and informal credit demand by rice farmers in the Northern region of Ghana*. Doctoral Dissertation, University of Ghana.
- Muhongayire, W., Hitayezu, P., Mbatia, O. L., & Mukoya-Wangia, S. M. (2013). Determinants of farmers' participation in formal credit markets in rural Rwanda. *Journal of Agricultural Sciences*, 4(2), 87–94.
- Mukasa, A. N., Simpasa, A. M., & Salami, A. O. (2017). Credit constraints and farm productivity: Micro-level evidence from smallholder farmers in Ethiopia. *In Working Paper Series No. 247. African Development Bank Abidjan*, 247, 1–40. [www.afdb.org/](http://www.afdb.org/)
- Mulatu, E., Geta, E., & Melaku, E. (2020). Smallholder Farmers' Credit Participation: The Case of Omo Microfinance Institution in Gimbo District of Kaffa Zone, Southern Ethiopia. *Journal of Agricultural Economics and Rural Development*, 6(3), 888–898. <https://doi.org/10.11648/j.ijafrm.20200502.14>
- Nouman, M., Siddiq, M. F., Mohammed, S., & Hussain, Z. (2013). Socio-Economic Characteristics of Farmers on Access to Agricultural Credit in Tripura. *Journal of Agriculture*, 29(3), 469–476. <https://doi.org/10.30954/2454-4132.1.2020.3>
- Nwaru, J. . (2004). *Rural credit market and resource use in arable crop production in imo state of Nigeria*. University of Agriculture.
- Rahman, S. ur, Hussain, A., & Taqi, M. (2014). Impact of Agricultural Credit on Agricultural Productivity in Pakistan: an Empirical Analysis. *Southern Medical Journal*, 3(4). <https://doi.org/10.1097/00007611-199209000-00007>
- Saboor, A., Hussain, M., & Munir, M. (2009). Impact of micro credit in alleviating poverty: An Insight from rural Rawalpindi, Pakistan. *Pak. j. Life Soc. Sci*, 7(1), 90–97.
- Saleem, M. A., & Jan, F. A. (2011). The impact of agricultural credit on agricultural productivity in Dera Ismail Khan (District) Khyber Pakhtonkhwa Pakistan. *European Journal of Business and Management*, 3(2), 38–44.
- Singh Yadav, S. (2017). Source of Agricultural Credit in India: A Conceptual Study of Indian Agricultural Credit. *An International Refereed Research Journal*, 8(3). <https://www.researchgate.net/publication/328074810>
- Soubbotina, T. P., & Sheram, K. (2000). *Beyond economic growth: Meeting the challenges of global development*. World Bank Publications.
- Tang, S., Guan, Z., & Jin, S. (2017). Formal and informal credit markets and rural credit demand in China. *4th International Conference on Industrial Economics System and Industrial Security Engineering, IEIS 2017*. <https://doi.org/10.1109/IEIS.2017.8078663>
- Tesfaye, T., & Worku, W. (2019). Determinants of Access to Credit Among Small Scale Irrigation User Farmers in Dangla Woreda, Amhara National Regional State, Ethiopia. *Journal of Economics and Sustainable Development*. <https://doi.org/10.7176/jesd/10-5-08>
- Vogt, D. (1978). Broadening to access credit. *Development Digest*, 16(3), 3–5.
- Waje, S. S. (2020). Determinants of Access to Formal Credit in Rural Areas of Ethiopia: Case Study of Smallholder Households in Boloso Bombbe District, Wolaita Zone, Ethiopia. *Economics*, 9(2), 40. <https://doi.org/10.11648/j.eco.20200902.13>
- World Bank. (2018). *Rural population (% of total population)*. The World Bank Group. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.RUR.TOTL.ZS?locations=ET>
- Yadav, P., & Sharma, A. K. (2015). Agriculture Credit in Developing Economies: A Review of Relevant Literature. *International Journal of Economics and Finance*, 7(12). <https://doi.org/10.5539/ijef.v7n12p219>
- Yusuf, M. (1984). In Farm Credit Situation in Asia. *Tokyo: Asian Productivity Organization*, 455–494.
- Zuberi, H. A. (1989). Production function, institutional credit and agricultural development in Pakistan. *The Pakistan Development Review*, 43–55.







# Artvin, Giresun, Ordu İllerinde Sofralık ve Reçellik İncir Seleksiyonu

## Selection of Fresh and Jam Fig in Province Artvin, Giresun and Ordu

Nilüfer AKSU USLU<sup>1</sup>, Muharrem ÖZCAN<sup>2</sup>, Erol AYDIN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü  
• nsaksu@hotmail.com • ORCID > 0000-0003-4540-6162

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun  
• muozcan@omu.edu.tr • ORCID > 0000-0002-3237-7043

<sup>3</sup>Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü  
• aydin.erol@tarimorman.gov.tr • ORCID > 0000-0002-2710-4075

### Makale Bilgisi / Article Information

**Makale Türü / Article Types:** Araştırma Makalesi / Research Article

**Geliş Tarihi / Received:** 9 Temmuz / July 2021

**Kabul Tarihi / Accepted:** 24 Eylül / September 2021

**Yıl / Year:** 2022 | **Cilt – Volume:** 37 | **Sayı – Issue:** 2 | **Sayfa / Pages:** 317-330

**Atıf/Cite as:** Aksu Uslu, N., Özcan, M. ve Aydın, E. "Artvin, Giresun, Ordu İllerinde Sofralık ve Reçellik İncir Seleksiyonu".  
*Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 37(2), Haziran 2022: 317-330.

**Sorumlu Yazar / Corresponding Author:** Nilüfer AKSU USLU

## ARTVİN, GİRESUN, ORDU İLLERİNDE SOFRALIK VE REÇELLİK İNCİR SELEKSİYONU

### ÖZ:

2013-2014 yıllarında “Karadeniz Bölgesi İncir Seleksiyonu” projesi çerçevesinde Artvin, Giresun ve Ordu illerindeki incir popülasyonu içinden sofralık ve reçellik olarak değerlendirmeye uygun 44 genotip selekte edilmiştir. Bu tiplerde ortalama meyve ağırlığı (g), meyve indeksi (mm), suda çözünür kuru madde miktarı (SÇKM) (%), ostiol açıklığı (mm), meyve kabuk rengi ve kabuğun soyulma durumu incelenmiştir. Selekte edilen tiplerin ortalama meyve ağırlığı 13.75 -92.91 g, ortalama meyve indeksi 0.7-1.3 mm, ortalama ostiol açıklığı 0.00-13.31 mm ve ortalama SÇKM oranı % 9-20 arasında değişmiştir. Meyve kabuğu rengi mor ve sarı-yeşil renk tonlarında, meyve kabuğu soyulma durumu ise kolay-orta ve zor soyulan grupların üçünde de yer almıştır. Selekte edilen 44 adet incir tipinde yapılan Tartılı Derecelendirme Metodu sonucunda, 6 adet sofralık (08 ARD 07, 28 ES 08, 28 GR 04, 28 GR 01, 52 MRK 05 ve 52 MRK 06 ), 1 adet reçellik incir (28 GR 01) genotipi ümit var olarak öne çıkmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Ficus carica*, İncir, Seleksiyon, SÇKM, Meyve Ağırlığı, Ostiol.



## SELECTION OF FRESH AND JAM FIG IN PROVINCE ARTVIN, GİRESUN AND ORDU

### ABSTRACT:

The types of 19, 14 and 11 has been selected in Artvin, Giresun and Ordu, respectively within the scope of the project “ The Selection of Fig in the Black Sea Region”. The fruit weight and index, TSS (total soluble solid), the ostiol distance, the color of fruit peel and the peeling condition has been examined. The average fruit weights between 13.75-92.91 g, the fruit index 0.7-1.3 mm, the ostiol distance 0.00-13.31 mm and the soluble dry matter in the water of the types 9-10 % which were selected have been found. The fruit peel takes place in the colors of purple and yellow- green and in the three groups of easy, middle and hard peeled ones. As a result of the Weighted Rating Method was made on 44 selected fig types; 6 fresh figs and 1 jam fig were found as suitable genotypes.

**Keywords:** *Ficus carica*, Fig, Selection, SÇKM, Fruit Weight, Ostiole.



## 1. GİRİŞ

İncir, *Urticales* takımının *Moraceae* familyasının *Ficus* cinsinden olan *Ficus carica* türüdür. Çok sayıda yabani ve kültür alt türleri bulunmaktadır (Çaçamer ve Saygılı, 2011). Bu alt türlerden meyvecilik bakımından en önemli olanı 'Anadolu inciri' denilen *Ficus carica L.*' dir (Hepaksoy ve ark., 2004). İncirin Anadolu'da bulunan yabani bir formu da *Ficus carica erinosyce* olup, incirin iki kültür formu olan *F. c. caprificus* (erkek incir) ile *F. c. domestica* (dişi incir)'nın *F. c. erinosyce*'den meydana geldiği düşünülmektedir (Türk, 1995). Subtropik iklim meyvesi olan incir, Akdeniz havzası, İran ve Kuzey Kafkasyadan Hazar Denizi'ne kadar olan bölgede yetişmektedir. Anavatanı Anadolu olan incirin diğer bölgelere buradan dağıldığı düşünülmektedir (Özbek, 1978). Aslında incir bir subtropik iklim bitkisidir. Ancak kışın yaprağını döken bir tür olup az miktarda da olsa kış soğuklamasına gereksinim duyduğundan ılıman iklime sahip birçok yerde yetişebilmektedir (Şahin ve Ürel, 1992).

Anadolu'da yetiştiriciliği çok uzun zamandır yapılan önemli meyve türlerinden biri de incirdir. Ülkemiz hem kurutmalık incir hem de sofralık incir üretiminde ve ihracatında en önemli ülkelerin başında gelmektedir (Çalışkan, 2012). Ayrıca Türkiye, dünyanın en büyük ve en kaliteli incir üreticisi olup toplam 1 315 588 ton olan dünya üretiminde, 310 000 ton ile ilk sırada yer almaktadır. Ülkemizi sırasıyla 225 295 ton ile Mısır, daha sonra Fas (153 472 ton), İran (130 328 ton) ve Cezayir (114 092 ton) takip etmektedir (Alper, 2006; FAO, 2019). Ülkemizde Ege Bölgesi incir yetiştiriciliğinde ön plana çıkmaktadır. Akdeniz, Güney Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz Bölgesi sahil şeridi de önemli bir popülasyona sahiptir. İncir, İç Anadolu'nun nehir kıyılarındaki bazı mikroklima alanlarında da yetişmektedir. (Dilek ve Aksoy, 1992).

Ülkemizde yetiştirilen incirlerin % 70'i kuru incir olarak değerlendirilmektedir (Aksoy ve ark., 2003). Sofralık incir ticaretinde de Bursa ili başta olmak üzere Mersin ve Hatay illeri dışında üretim pek yayılmamıştır (Çalışkan ve Polat, 2008). Aslında Ege Bölgesi dışında, Akdeniz, Marmara ve Karadeniz sahil şeridinde incir yetiştiriciliği genelde diğer meyve türleriyle karışık veya sınır bitkisi olarak, yerel çeşitlerle yapılmaktadır. Bu çeşitler renk, aroma ve tat bakımından büyük bir zenginliğe sahiptir. Yerel çeşitlerin isimlendirilmesinde de genel olarak buldukları yerin, ağız açıklığı durumunun, olgunlaşma döneminin, kabuk renginin ve bahçe sahibinin adı yaygın olarak kullanılmaktadır (Çalışkan ve Polat, 2012). Mevcut yerel çeşitler ile yapılan üretim ise o bölgenin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde olmaktadır.

Son yıllarda, dünya piyasasında kuru incire olduğu gibi sofralık incire olan talepler de artış eğilimindedir ve Türkiye'nin sofralık incir ihracat potansiyeli henüz tam olarak kullanılamamaktadır.

Ülkemizdeki bu zengin incir populasyonun değerlendirilmesi için yapılan araştırma projelerinden biri olan bu çalışmada Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Artvin, Giresun ve Ordu illerinden sofralık ve reçellik olarak tüketilen, evlerin bahçesinde en fazla 2-3 ağaçtan oluşan yerel incir tiplerinin arasından (belirlenen amaçlar doğrultusunda) üstün özellik gösterenler selekte edilmiştir. Daha sonra tartılı derecelendirme yöntemine göre genetik çeşitliliği temsil edecek şekilde amaçlarımıza uygun üstün özellik gösteren yöresel incir genotipleri belirlenmiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Seleksiyon çalışması iki yıl süresince (2013-2014) Artvin, Giresun ve Ordu illerinde yürütülmüştür. Seleksiyonda ostiol açıklığı, meyve iriliği, tat, meyve kabuğunun soyulma durumu ve meyve eti sertliği kriterleri baz alınarak Artvin, Giresun, Ordu illerinden sırasıyla 19, 11 ve 14 incir tipi selekte edilmiştir. Selekte edilen tipler hem sofralık hem de reçellik olarak ayrı ayrı Tartılı Derecelendirme Metodu ile değerlendirilmiştir. Bu metoda göre öne çıkan genotipleri belirlemek için yapılan meyve analizleri, göreceli puanlar, sınıfları ve puanlama sistemleri Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir. Reçellik incirler için ayrı tartılı derecelendirme yapılırken, yöresel istekler ve özellikle Karadeniz bölgesindeki beklentiler dikkate alınmıştır.

**Çizelge 1.** Sofralık incir genotiplerinde tartılı derecelendirme yöntemine göre uygulanan puanlama sistemi (Şahin ve ark., 1994, Aksoy ve ark., 2003, Aksu Uslu ve ark., 2018)

**Table 1.** Characteristics of table fig types used for modified weighted ranked method

Özellikler	Göreceli Puan	Sınıf		Sınıf Puanı	
		2013	2014		
Meyve Ağırlığı (g)	30	Çok Büyük	127.83-106.06	102.36-83.84	4
		Büyük	106.05-84.28	83.83-65.31	10
		Orta	84.27-62.50	65.30-46.78	8
		Küçük	62.49-40.72	46.77-28.25	6
		Çok Küçük	40.71-18.94	28.24-9.72	2
Meyve Şekli	10	Uzun-Oval	<0.9	<0.9	10
		Küresel	0.9-1.1	0.9-1.1	8
		Basık-Oval	>1.1	>1.1	6
SÇKM (%)	20	Çok	23-18	27-21 Çok	10
		Orta	17-12	20-14 Orta	6
		Az	11-6	13-7	2
Renk	10	Mor Renk Tonları			10
		Sarı-Yeşil			7
Ostiol Açıklığı (mm)	15	Çok Açık	9.83-7.37	8.94-6.60	2
		Açık	7.36-4.9	6.50-4.26	6
		Az Açık	4.89-2.43	4.25-1.91	8
		Kapalı	2.42≥	1.90≥	10
Kabuğun Soyulma Durumu	15	Kolay			10
		Orta			6
		Zor			2
TOPLAM	100				

**Çizelge 2.** Reçellik incir genotiplerinde tartılı derecelendirme yöntemine göre uygulanan puanlama sistemi

**Table 2.** Characteristics of jam fig types used for modified weighted ranked method

Özellikler	Göreceli Puan	Sınıf		Sınıf Puanı	
		2013	2014		
Meyve Ağırlığı (g)	35	Büyük	62.50-48.00	46.78-34.44	7
		Orta	47.99-33.49	34.43-22.09	10
		Küçük	33.48-18.98	22.08-9.70	4
Meyve Şekli	15	Uzun-Oval	<0.9	<0.9	10
		Küresel	0.9-1.1	0.9-1.1	6
		Basık-Oval	>1.1	>1.1	2
SÇKM (%)	25	Çok	23-18	27-21	10
		Orta	17-12	20-14	6
		Az	11-6	13-7	2
Renk	10	Mor Renk Tonları			10
		Sarı-Yeşil			5
Ostiol Açıklığı (mm)	15	Açık	6.23-4.16	6.15-4.10	2
		Orta	4.15-2.08	4.09-2.04	4
		Kapalı	2.07 $\geq$	2.03	10
TOPLAM	100				

## 2.1. Tartılı Derecelendirme Metodunda Kullanılan Meyve Analizleri

Meyve ağırlığı, 0.01 grama duyarlı hassas terazide; meyve indeksi (meyve eni/meyve boyu) ve ostiol açıklığı ölçümleri ise 0.01 milimetreye duyarlı digital compass ile her tipten 15 adet meyve örneğinde ölçülmüştür. Meyve şekli; basık (oblate), küresel ve uzun-oval (pyriform) meyve olmak üzere 3 grupta toplanmıştır. Meyve şekil indeksi (şekli) meyve eninin meyve boyuna bölünmesi ile hesaplanmıştır. Buna göre indeks değeri 1.1'den büyük meyveler basık meyve, 0.9-1.1 arasında değer alan meyveler küresel, 0.9'dan küçük olan meyveler ise uzun-oval şekilli meyveler olarak değerlendirilmiştir (Aksoy ve ark., 1992). Suda Çözünür Kuru Madde Miktarı (% SÇKM), el refraktometresi ile ölçülmüştür. Meyve kabuk rengi ve meyve kabuğu soyulma durumu gözlemsel olarak mor rengi tonları ve sarı-yeşil olarak sınıflandırılmıştır. Meyve kabuğu soyulma durumuna göre genotipler yine gözlemsel olarak kolay, orta ve zor şeklinde sınıflandırılmıştır.

## 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 3.1. İllere Göre Selekte Edilen İncir Genotipleri

Seleksiyon çalışmasının yürütüldüğü Artvin, Giresun, Ordu illerinde selekte edilen incirlerin lokasyon bilgileri ve bazı yöresel karakterizasyonları kayıt altına alınmıştır (Çizelge 3, 4 ve 5). Çizelge 3'de görüldüğü gibi Artvin il merkezinden 3, Yusufeli ilçesinden 4, Ardanuç ilçesinden 5, Hopa ilçesinden 7 tip olmak üzere toplam 19 tip belirlenmiştir. Giresun il merkezinden 3, Görele ilçesinden 4, Eynesil ilçesinden 2, Espiye ilçesinden 3 tip Keşap ilçesinden 1, Bulancak ilçesinden 1 tip olmak üzere toplam 14 tip belirlenmiştir (Çizelge 4). Ordu il merkezinden 3, Perşembe ilçesinden 3, Fatsa ilçesinden 3, Ünye ilçesinden 2 tip olmak üzere toplam 11 tip seçilmiştir (Çizelge 5).

**Çizelge 3.** Selekte edilen incir tiplerinin yer bilgileri ve bazı yöresel tanımlamaları (Artvin ili)

**Table 3.** Fig types's local name, location information and some charecterictics (Province of Artvin)

Tip No	İlçe	Köy/Mahalle	Yöresel Karakteristik Özellikleri ve İsimleri
08 YS 01	Yusufeli	Işhan/Bağlı	Artvin patlıcan inciri
08 YS 02	Yusufeli	Işhan/Bağlı	Tilis inciri (beyaz)
08 YS 03	Yusufeli	Çevreli	Kehribar renkli, meyve eti kırmızı, yanılma yok, kuru incir tadında
08 ARD 04	Ardanuç	Ferhatlı	Kara incir, tatlı
08 ARD 05	Ardanuç	Ferhatlı	Lof incir, beyaz, yağmurda yanılma oluyor
08 ARD 06	Ardanuç	Ferhatlı	Ağ incir (beyaz), kasım ayına kadar ağaçta kalıyor
08 ARD 07	Ardanuç	Ferhatlı	Asıl kara incir, iri
08 ARD 08	Ardanuç	Ferhatlı	Patlıcan inciri
08 MRK 09	Merkez	Seyitler	Beyaz incir (Beyaz patlıcan)
08 MRK 10	Merkez	Seyitler	Patlıcan inciri
08 MRK 11	Merkez	Seyitler	Beyaz incir
08 HP 13	Hopa	Cumhuriyet	2 ürün veriyor, patlıcan şeklinde, ostiol yarılmyor
08 HP 14	Hopa	Kemalpaşa	Beyaz, meyve eti yumuşak, kabuk sert
08 HP 15	Hopa	Kemalpaşa	Patlıcan
08 HP 16	Hopa	Orta Hopa	Küçük kısa boyumlu patlıcan, ostiol kapalı, kabuk sert, orta yumuşak
08 HP 17	Hopa	Orta Hopa	Sarı küçük incir, çok tatlı değil, ostiol kapalı
08 HP 18	Hopa	Şahin Tepesi	Çift veren kara incir (nisan-ekim), ostiol kapalı
08 HP 19	Hopa	Şahin Tepesi	Bal inciri (beyaz bal)repelik incir
08 YS 20	Yusufeli	Merkez	İri, kahverengi, sofralık

**Çizelge 4.** Selekte edilen incir tiplerinin yer bilgileri ve bazı yöresel tanımlamaları (Giresun ili)

**Table 4.** Fig types's local name, location information and some charecterictics (Province of Giresun)

Tip No	İlçe	Köy/Mahalle	Yöresel Karakteristik Özellikleri ve İsimleri
28 GR 01	Görece	Çavuşlu Beldesi	Küçük kısa boyumlu patlıcan
28 GR 02	Görece	Çavuşlu Beldesi	Davul inciri, beyaz, ostiol kapalı
28 GR 03	Görece	Çavuşlu Beldesi	Horasan inciri, yağmura dayanıklı
28 GR 04	Görece	Çavuşlu Beldesi	Uzun boyumlu iri patlıcan
28 EY 05	Eynesil	Kekiktepe	Büyük Horasan
28 EY 06	Eynesil	Aralık	Beyaz incir, meyve eti çok tatlı
28 ES 08	Espiye	Esentepe Mah	Patlıcan inciri
28 ES 09	Espiye	Kızılcay Mevkü	Beyaz incir, tatlı
28 ES 10	Espiye	Adabük Mah	İri beyaz incir
28 KŞ 11	Keşap	Yolağzı	İpek inciri
28 MRK 12	Merkez	Konak yanı	Giresun patlıcanı
28 MRK 13	Merkez	Erik liman	İstanbul (beyaz) inciri, kışa kadar devam ediyor
28 MRK 14	Merkez	Erik liman	Değirmen-Ağşak inciri
28 BL 15	Bulancak	Küçükü	Boyunsuz patlıcan

**Çizelge 5.** Selekte edilen incir tiplerinin yer bilgileri ve bazı yöresel tanımlamaları (Ordu ili)

**Table 5.** Fig types's local name, location information and some charecterictics (Province of Ordu)

Tip No	İlçe	Köy/Mahalle	Yöresel Karakteristik Özellikleri ve İsimleri
52 PŞB 01	Perşembe	Kurtuluş	Patlıcan (kara) incir
52 PŞB 02	Perşembe	Kurtuluş	Beyaz reçellik incir
52 PŞB 03	Perşembe	Çaytepe	Hafif boyumlu beyaz incir
52 MRK 04	Merkez	Saray Mah.	Uzun boyumlu patlıcan, ostiolde açılma az
52 MRK 05	Merkez	Burhanettin	İri beyaz incir
52 MRK 06	Merkez	Burhanettin	KTÜ seleksiyonda l numara, küçük patlıcan
52 FT 07	Fatsa	Bolaman Palazlı Mah.	Çok eski kısa boyumlu patlıcan
52 FT 08	Fatsa	Bolaman Palazlı Mah.	Kara reçellik küçük incir, ham incir
52 FT 09	Fatsa	Bolaman Güvercinlik	Kuruncuk inciri (Boyumlu ipek incir gibi)
52ÜN 12	Ünye	Güven Çiftliği	Beyaz meyve etli patlıcan
52 ÜN 13	Ünye	Güven Çiftliği	Beyaz incir

### 3.2. Selekte Edilen Genotiplerin Meyve Özellikleri

Meyvelerde, 2013-2014 yıllarında yapılan analizlerin sonuçlarının ortalama değerleri Çizelge 6'da verilmiştir. İllere göre ortalama meyve ağırlıkları; Artvin ilinde en yüksek 71.58 g, Giresun ilinde 52.92 g, Ordu ilinde 92.91 g, en düşük meyve ağırlıkları ise 13.75 ve 18.07 olarak Artvin ilinden alınan tiplerden elde edilmiştir. Aksu ve ark. (2018), Sinop ilinden alınan incir tiplerinde meyve ağırlıkları 16.44-62.05 g arasında; Polat ve Çalışkan (2008), bazı incir çeşit ve genotiplerinde meyve ağırlıklarını 30.0-52.4 g; Şimşek ve ark. (2017) 47.68-72.68 g; L. Hssaini ve ark., (2020), 12.4-87.03 g arasında bulmuşlardır. Bölgemizde yapılan çalışmalardan İslam ve ark. (1997); Giresun ilinde Değirmen, İpek, İstanbul, Pamuk ve Patlıcan yerel incir çeşitlerinde yaptığı çalışmada ortalama meyve ağırlıklarını 40.40-65.00 g arasında bulmuşlardır. Diğer bir çalışmada Bostan (2002); Ordu, Giresun ve Trabzon illerinden selekte ettiği yerel incir çeşitlerinde (Ağustos, Beyaz, Beyaz Torasan, Değirmen, İpek, İstanbul, Kara Torasan, Kara Patlıcan, Kuş, Pamuk ve Patlıcan) meyve ağırlığını 11.35-65.00 g arasında tespit etmiştir. Karadeniz ve ark. (2016) Ordu ilinde 40 yerel siyah incir tipinde yaptığı çalışmada; 50 m yüksekliklerde ortalama meyve ağırlığını 58.45 g, 250 m yüksekliklerde 58.29 g olarak kaydetmiştir. Karadeniz ve Bak (2016), Karadeniz Bölgesi'nde klonal siyah incir seleksiyonu çalışmalarında da ortalama meyve ağırlıklarının 30.84-90.92 g arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Yine Karadeniz Bölgesinde Trabzon Vakfıkebir'de yapılan çalışmada da Patlıcan, Kara Patlıcan, Kara Torasan ve Beyaz Torasan yerel incir çeşitlerinde ortalama meyve ağırlıklarının 30.00-59.18 g arasında değiştiğini ifade edilmiştir (Bostan ve İslam, 1999). Çalışmada selekte edilen genotiplerin meyve ağırlıklarının literatür ile uyduğu hatta daha ağır meyveler olduğu görülmektedir.

Seleksiyon çalışmasının yürütüldüğü 3 il incelendiğinde meyvelerdeki SÇKM

% 9-19 arasında değişmiştir. Farklı çalışmalarda da en düşük-en yüksek SÇKM değerleri, %15.1-21.0, % 18.00-23.00, %15.10-21.00, %8.00-21.70, %20.67-23.87, %9-24, %12-21.3 olarak bulunmuştur (İslam ve ark., 1997, Bostan ve İslam, 1999; Bostan, 2002; Karadeniz ve Bak, 2016; Şimşek ve ark., 2017; Aksu ve ark., 2018; Koyuncu, 2004). Çalışmada selekte edilen genotiplerin SÇKM değerlerinin literatür ile genel olarak benzer olduğu görülmektedir.

Çalışmada ostiol genişliği 08 HP 14 (0.0 mm), 08 HP 18 (0.15 mm) ve 28 GR 01 (0.65 mm) kodlu tiplerde 1 mm'nin altında çıkmıştır. Polat ve Çalışkan (2008), çalışmalarında kullandıkları çeşitlerde ostiol açıklığını 0.8 - 2.4 mm; Şahin ve ark. (1994), 3.17 - 6.15 mm; Bostan (2002), 1.5-4.0 mm; Gözlekci (2010), 1.73-5.48 mm arasında ölçmüşlerdir. Şimşek ve ark. (2017) ostiol genişliğini 1.53-5.96 mm, Pourghayoumi ve ark. (2012) da çalıştıkları çeşitlerde 5.53-7.01 mm olarak ölçmüşlerdir.

Selekte edilen meyvelerde kabuk rengi mor rengi tonları ile sarı-yeşil renklerinde; meyvelerin şekil indeksleri de küresel ağırlıklı olup basık, uzun-oval olarak farklılıklar göstermiştir.

Meyve kabuğunun soyulma durumu ise genel olarak kolay soyulabilen çıkmıştır. Yapılan diğer çalışmalarda da meyve şekli ve kabuğun soyulma kriterleri benzer şekilde değerlendirilmiştir (Pourghayoumi ve ark., 2012; Hssaini ve ark., 2020; Aljane ve Ferchichi, 2010; Assaf ve ark.,2000).

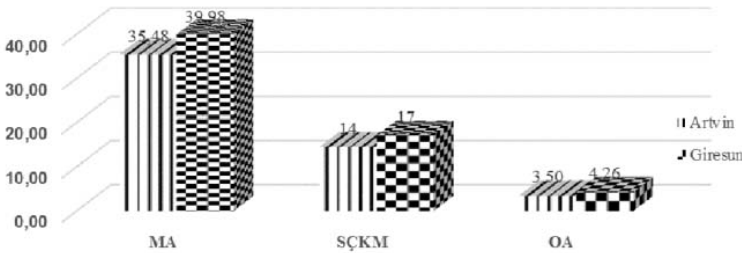
Seleksiyon çalışmasının yürütüldüğü illerden Ordu ili meyve ağırlığı yönünden, Giresun ili SÇKM oranıyla, Artvin ili de ostiol açıklığının en düşük olması ile öne çıkmıştır (Çizelge 6, Şekil 1).



## Çizelge 6. Seçilte edilen incir tiplerinde yapılan meyve analizleri (2013-2014)

Table 6. The fruit characteristics of selected types of Ficus carica (2013-2014)

Tip	Meyve Ağırlığı	SÇKM	Ostiol Açıklığı	Meyve Kabuk Rengi	Meyve İndeksi ve Şekli	Meyve Kabuğu Soyulma Durumu
08 YS 01	39.70	19	5.02	Mor Renk tonlan	1.0 (Küresel)	Zor
08 YS 02	34.23	18	3.31	Mor Renk tonlan	1.1 (Küresel)	Kolay
08 YS 03	32.51	11	4.53	Mor Renk tonlan	1.1 (Küresel)	Kolay
08 AKD 04	18.07	15	4.52	Mor Renk tonlan	1.5 (Basık)	Orta
08 AKD 05	30.33	17	3.15	Sarı-Yeşil	1.0 (Küresel)	Kolay
08 AKD 06	22.26	16	4.37	Sarı-Yeşil	1.2 (Basık)	Kolay
08 AKD 07	46.80	16	3.77	Mor Renk tonlan	1.2 (Basık)	Orta
08 AKD 08	42.04	16	3.61	Mor Renk tonlan	0.9 (Küresel)	Zor
08 MRK 09	58.30	14	6.22	Sarı-Yeşil	1.1 (Küresel)	Kolay
08 MRK 10	29.00	16	4.27	Mor Renk tonlan	1.1 (Küresel)	Kolay
08 MRK 11	44.55	16	3.93	Sarı-Yeşil	1.1 (Küresel)	Kolay
08 HP 13	38.24	11	3.25	Mor Renk tonlan	1.1 (Küresel)	Kolay
08 HP 14	24.16	16	0.00	Sarı-Yeşil	1.2 (Basık)	Kolay
08 HP 15	35.17	14	3.17	Mor Renk tonlan	0.9 (Küresel)	Kolay
08 HP 16	26.10	12	2.53	Mor Renk tonlan	1.0 (Küresel)	Zor
08 HP 17	33.07	10	1.63	Sarı-Yeşil	1.1 (Küresel)	Kolay
08 HP 18	13.75	12	0.15	Mor Renk tonlan	1.3 (Basık)	Orta
08 HP 19	34.25	9	2.15	Sarı-Yeşil	1.1 (Küresel)	Kolay
08 YS 20	71.58	19	6.95	Mor Renk tonlan	1.2 (Basık)	Kolay
28 GR 01	40.73	17	0.65	Mor Renk tonlan	0.8 (Uzun-Oval)	Kolay
28 CR 02	52.92	16	4.32	Sarı-Yeşil	1.1 (Küresel)	Kolay
28 CR 03	27.99	17	1.42	Mor Renk tonlan	1.1 (Küresel)	Zor
28 CR 04	47.67	17	7.05	Mor Renk tonlan	0.9 (Küresel)	Kolay
28 EY 05	38.50	13	3.29	Mor Renk tonlan	1.1 (Küresel)	Zor
28 EY 06	48.77	18	2.35	Sarı-Yeşil	1.2 (Basık)	Orta
28 ES 08	37.51	20	5.30	Mor Renk tonlan	0.7 (Uzun-Oval)	Kolay
28 ES 09	44.90	14	1.14	Sarı-Yeşil	1.0 (Küresel)	Kolay
28 ES 10	47.09	20	8.94	Sarı-Yeşil	1.1 (Küresel)	Orta
28 KS 11	28.89	15	3.09	Sarı-Yeşil	1.2 (Basık)	Kolay
28 MRK 12	40.98	15	8.03	Mor Renk tonlan	0.8 (Uzun-Oval)	Kolay
28 MRK 13	38.04	17	5.69	Sarı-Yeşil	1.0 (Küresel)	Kolay
28 MRK 14	29.31	17	2.79	Sarı-Yeşil	1.3 (Basık)	Kolay
28 BL 15	36.49	18	5.64	Mor Renk tonlan	1.1 (Küresel)	Orta
52 PŞB 01	39.75	17	5.91	Mor Renk tonlan	0.9 (Küresel)	Kolay
52 PŞB 02	42.71	12	3.43	Sarı-Yeşil	1.3 (Basık)	Kolay
52 PŞB 03	39.73	12	3.97	Sarı-Yeşil	1.1 (Küresel)	Kolay
52 MRK 04	51.25	14	13.31	Mor Renk tonlan	0.8 (Uzun-Oval)	Kolay
52 MRK 05	92.91	16	1.85	Sarı-Yeşil	1.1 (Küresel)	Kolay
52 MRK 06	47.98	15	8.06	Mor Renk tonlan	0.9 (Küresel)	Kolay
52 FT 07	53.32	13	4.98	Mor Renk tonlan	0.9 (Küresel)	Kolay
52 FT 08	33.80	13	4.16	Mor Renk tonlan	0.9 (Küresel)	Kolay
52 FT 09	27.59	14	4.14	Sarı-Yeşil	0.9 (Küresel)	Kolay
52 ÜN 12	46.40	13	6.44	Mor Renk tonlan	1.0 (Küresel)	Kolay
52 UN 13	32.73	14	4.06	Sarı-Yeşil	1.1 (Küresel)	Kolay



Şekil 1. Artvin, Giresun ve Ordu illerinden seçilte edilen genotiplerde ortalama meyve ağırlığı, SÇKM ve ostiol açıklığının grafiksel karşılaştırılması (2013-2014)

Figure 1. The average fruit weight, TSS and ostiole distance for the selected types for Artvin, Giresun, Ordu (2013- 2014)

### 3.3. Tartılı Derecelendirme Analizleri

Tartılı derecelendirme metodu, değerlendirme şekilleri dikkate alınarak sofralık ve reçellik olmak üzere iki farklı şekilde uygulanmıştır (Çizelge 1, 2). Tartılı derecelendirme puanlamaları, tiplere ait her bir özelliğin kendi sınıf aralığındaki değeri ile göreceli puanları çarpılarak hesaplanmıştır. Çizelge 7 ve 8'de üç ile ait sofralık incirler ve reçellik incirler için iki yılın ortalaması şeklinde hesaplanan Tartılı derecelendirme puanları görülmektedir. Sofralık tüketim için 775 puan ve üstü, reçellik tipler için 800 puan ve üzeri puan alanlar ümitvar tipler olarak belirlenmiştir. Sofralık tipler olarak 08 ARD 07, 28 ES 08, 28 GR 04, 28 GR 01, 52 MRK 05 ve 52 MRK 06; reçellik tip olarak 28 GR 01 öne çıkan genotipler olmuştur. 28 GR 01 kodlu genotip hem sofralık hem de reçellik olarak öne çıkan favori tip olmuştur (Şekil 2).

**Çizelge 7.** Sofralık incirlerde meyve analizlerine göre ortalama tartılı derecelendirme puanları (TDP) (2013-2014)

**Table 7.** Table fig types ranking according to the modified weighted ranked method, underlying characteristics and average of total points (2013-2014)

Tip	TDP	Tip	TDP
28 GR 01	900	08 MRK 11	608
28 MRK 12	730	52 PŞB 03	595
08 HP 15	725	08 HP 17	580
52 MRK 06	720	08 HP 19	580
28 GR 04	713	28 EY 06	568
52 MRK 04	705	28 KŞ 11	565
28 EY 05	690	28 ES 08	560
52 FT 08	685	52 FT 09	540
08 YS 01	678	08 HP 16	530
52 ÜN 13	675	08 ARD 05	525
08 HP 13	655	28 MRK 14	520
52 PŞB 01	650	28 BL 15	520
08 ARD 08	643	08 HP 14	520
28 GR 03	635	08 YS 03	503
52 ÜN 12	633	08 HP 18	500
08 YS 02	623	52 PŞB 02	498
52 FT 07	618	28 MRK 13	470
28 ES 09	610	08 ARD 04	415
08 MRK 10	610		

**Çizelge 8.** Reçellik incirlerde meyve analizlerine göre ortalama tartılı derecelendirme puanları (TDP) (2013-2014)

**Table 8.** Jam fig types ranking according to the modified weighted ranked method, underlying characteristics and average of total points (2013-2014)

Tip	TDP	Tip	TDP
52 MRK 05	870	08 MRK 10	680
28 ES 08	830	08 HP 13	680
52 MRK 06	830	08 YS 02	680
28 GR 04	815	08 ARD 05	675
28 GR 01	800	28 EY 05	665
08 ARD 07	800	28 BL 15	665
52 MRK 04	770	52 ÜN 13	660
08 YS 20	760	08 YS 01	655
28 ES 09	760	28 ES 10	650
28 MRK 12	750	52 PŞB 02	635
52 PŞB 01	735	52 FT 08	600
52 ÜN 12	735	28 KŞ 11	605
28 MRK 13	735	08 HP 19	585
08 MRK 11	730	08 HP 17	585
08 MRK 09	720	28 GR 03	585
52 PŞB 03	720	52 FT 09	555
28 EY 06	715	28 MRK 14	540
08 HP 15	715	08 YS 03	525
28 GR 02	705	08 ARD 06	515
52 FT 07	695	08 HP 18	510
08 HP 14	690	08 HP 16	490
08 ARD 08	690	08 ARD 04	475

#### 4. SONUÇ

Çalışmanın sonucunda Artvin, Giresun ve Ordu illerinden belirlenen amaçlar dahilinde selekte edilen 44 incir tipinden 6 adet sofralık (08 ARD 07, 28 ES 08, 28 GR 04, 28 GR 01, 52 MRK 05 ve 52 MRK 06 ), 1 adet reçellik incir (28 GR 01) genotipi ümitvar olarak öne çıkmıştır. Bu genotiplerin kaybolmasını önlemenin yanında, aynı koşullarda performanslarının izlenmesi ve muhafaza edilmeleri amacıyla kışlık odun çelikleri ile çoğaltılarak deneme bahçesi kurulmuştur. Seçilen genotipler halen devam etmekte olan Seleksiyon 2 çalışmasının materyalini oluşturmaktadır.

#### Teşekkür

Bu makalede yer alan çalışmanın gerçekleşmesinde destek sağlayan Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü ile Bahçe Bitkileri Daire Başkanlığı'na teşekkür ederiz (Proje No: TAGEM/BBAD/2013/A08/P07/02).

#### Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): NAU (%80), MÖ (%20), EA (%)

Veri Toplanması (Data Acquisition): NAU (%80), MÖ (%0), EA (%20)

Veri Analizi (Data Analysis): NAU(%80), MÖ (%5), EA (%15)

Makalenin Yazımı (Writing up): NAU(%90), MÖ (%5), EA (%5)







Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): NAU (%95), MÖ (%5), EA (%0)

## KAYNAKLAR

- Aksoy, U., Balcı, B., Can, H.Z., Hepaksoy, S., 2003. Some significant results of the research-work in Turkey on fig. *Acta Hort.* 605: 173-181
- Aksoy, U., Seferoglu, G., Mısırlı, A., Kara, S., Sahin, N., Bülbül, S., Düzbastılar, M., 1992. Ege Bölgesi koşullarına uygun sofralık incir çeşit seleksiyonu. *Türkiye I. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi*, 1, 545-548.
- Aksu Uslu, N., Aydın, E., Er, E., Özcan, M., 2018. Sinop ili incir seleksiyonu. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 1(2), 146-149.
- Aljane, F., Ferchichi, A., 2010. Assessment of genetic diversity of Tunisian fig (*Ficus carica* L.) cultivars using morphological and chemical characters. *Acta botanica gallica*, 157(1), 171-182.
- Alper, M.H., 2006. Şanlıurfa İlinde Yetiştirilen İncirlerin Morfolojik ve Pomolojik Olarak Belirlenmesi. Harran Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 55 s.
- Assaf R, Adawi S., Bar-Yaacov I., 2000. "Fig Culture In Israel. Part 2:50 Years Of Cultivars Trials" Horticultural Abstracts, 70(6):617
- Bostan, S., 2002. Interrelationships among fruit and leaf traits important in fig selection. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 33 (3), 259-263.
- Bostan, S.Z., İslam, A., 1999. Vakfıkebir'de yetiştirilen önemli mahalli incir çeşitlerinin pomolojik özellikleri. *Türkiye III. Bahçe Bitkileri Kongresi*, 14-17.
- Çaçamer, A., Saygılı U., 2011. İncir yetiştiriciliği. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Aydın il Müdürlüğü. Editör Zir. Müh. Özkan Aydemir.
- Çalışkan, O., 2012. Türkiye'de sofralık incir yetiştiriciliğinin mevcut durumu ve geleceği. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(2), 71-87.
- Çalışkan, O., Polat, A.A., 2008. Fruit characteristics of fig cultivars and genotypes grown in Turkey. *Sci. Hort.* 115: 360-367.
- Çalışkan, O., Polat, A.A., 2012. Morphological diversity among fig (*Ficus carica* L.) accessions sampled from the eastern Mediterranean region of Turkey. *Turk. J. Agric. For.* 36: 179-193.
- Dilek, A., Aksoy, U., 1992. Bazı İncir Çeşitlerinde Meyvelerin Mikro Element İçeriğinin Değişimi Üzerinde Araştırmalar. Türkiye I. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 13-16 Ekim, Cilt I, İzmir, s. 271-276.
- FAO, 2019. Food and Agriculture Organization of The United Nations, <http://faostat.fao.org>. [Son Erişim Tarihi: 02.07.2021]
- Gözlekcı, S., 2010. Selection studies on fig (*Ficus carica* L.) in Antalya province of Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 9(46), 7857-7862.
- Hepaksoy, S., U. Aksoy., N. Şahin, 2004. Bazı incir çeşitlerinin morfolojik ve moleküler yöntemlerle tanımlanması. Tarım Orman ve Gıda Teknolojileri Araştırma Grubu. İzmir.
- Hssaini, L., Hanine, H., Razouk, R., Ennahli, S., Mekaoui, A., Ejjilani, A., Charafi, J., 2020. Assessment of genetic diversity in Moroccan fig (*Ficus carica* L.) collection by combining morphological and physicochemical descriptors. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 67(2), 457-474.
- İslam, A., Aygün, A., Bostan, S. Z., 1997. A study on pomological characteristics of local fig cultivars in Northern Turkey. In *I International Symposium on Fig 480*. pp. 71-74.
- Karadeniz, T., Bak, T., 2016. Clonal selection in Siyah cultivars at Black Sea Region of Turkey. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 14, 66-68.
- Karadeniz, T., Bak, T., Deligöz, H., 2016. Developments in the shoots and fruit of Siyah fig grown in two different altitudes. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 14, 49-53.
- Koyuncu, M. A., 2004. Promising fig (*Ficus carica* L.) genetic resources from Birecik (Urfa) region of Turkey. *European Journal of Horticultural Science*, 69(4), 153-158.

- Pourghayoumi, M., Bakhshi, D., Rahemi, M., Jafari, M., 2012. Effect of pollen source on quantitative and qualitative characteristics of dried figs (*Ficus carica* L.) cvs 'Payves' and 'Sabz'in Kazerun-Iran. *Scientia Horticulturae*, 147, 98-104.
- Şahin, N., Ürel, N., 1992. İncir Yetiştiriciliği. Erbeyli İncir Araştırma Enstitüsü, İncirliova, Aydın.
- Şahin, N., Aksoy U, Ürel N., Özkan R, 1994. Ege Bölgesi Koşullarına Uygun Sofralık İncir Seleksiyonu Uygulama Sonuç Projesi. Erbeyli İncir Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İncirliova-Aydın, Turkey.
- Şimsek, M., Gülsoy, E., Kırar, M. Z., Turgut, Y., Yücel, B., 2017. Identification and selection of some female fig (*Ficus carica* L.) genotypes from Mardin province of Turkey. *Pak. J. Bot*, 49(2), 541-546.
- Özbek, S., 1978. Özel Meyvecilik. Ç.Ü.Z.F. Yayınları: 128. Ders Kitabı:11, 485 s.
- Polat A.A., Çalışkan O., 2008. Fruit characteristics of table fig (*Ficus carica*) cultivars in subtropical climate conditions of the Mediterranean region. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 36(2):107-115
- Türk, R., 1995. İncir. Meyvecilik 1. Anadolu Üniversitesi Yayınları No: 859. Açıköğretim Fakültesi Yalınları No: 455. (Editör: T.Baraz). Sayfa: 307-322.

Ek 1.

<p>Seleciyon No Meyve Özellikleri Kullanım Şekli Meyve Kabuk Rengi Ortalama Meyve Ağırlığı Ortalama Ostiol Açıklığı Kabukun Soyulma Durumu Ortalama S ÇIKM Tartılı Derecelendirme Puanı (S/R)</p>	<p>08 ARD 07 Ayl kasa incir, iri Sofralık Mor-sarı tozları 65.50 g 3.1 mm Orta %17 100</p>	
<p>Seleciyon No Meyve Özellikleri Kullanım Şekli Meyve Kabuk Rengi Ortalama Meyve Ağırlığı Ortalama Ostiol Açıklığı Kabukun Soyulma Durumu Ortalama S ÇIKM Tartılı Derecelendirme Puanı (S/R)</p>	<p>28 GR 01 Köpek kasa boyunu patlıcan Sofralık-Beşgüllük Mor-sarı tozları 40.75 g 0.65 mm Orta %17 100/100</p>	
<p>Seleciyon No Meyve Özellikleri Kullanım Şekli Meyve Kabuk Rengi Ortalama Meyve Ağırlığı Ortalama Ostiol Açıklığı Kabukun Soyulma Durumu Ortalama S ÇIKM Tartılı Derecelendirme Puanı (S/R)</p>	<p>28 GR 04 Uzun boyunda iri patlıcan Sofralık Mor-sarı tozları 47.67 g 1.36 mm Kolay %17 115</p>	
<p>Seleciyon No Meyve Özellikleri Kullanım Şekli Meyve Kabuk Rengi Ortalama Meyve Ağırlığı Ortalama Ostiol Açıklığı Kabukun Soyulma Durumu Ortalama S ÇIKM Tartılı Derecelendirme Puanı (S/R)</p>	<p>29 ES 08 Patlıcan incir Sofralık Mor-sarı tozları 50.30 g 2.65 mm Kolay %17 130</p>	
<p>Seleciyon No Meyve Özellikleri Kullanım Şekli Meyve Kabuk Rengi Ortalama Meyve Ağırlığı Ortalama Ostiol Açıklığı Kabukun Soyulma Durumu Ortalama S ÇIKM Tartılı Derecelendirme Puanı (S/R)</p>	<p>32 MEK 05 İn beyaz incir Sofralık Sarı-Yeşil 92.91 g 1.85 mm Orta %16 170</p>	
<p>Seleciyon No Meyve Özellikleri Kullanım Şekli Meyve Kabuk Rengi Ortalama Meyve Ağırlığı Ortalama Ostiol Açıklığı Kabukun Soyulma Durumu Ortalama S ÇIKM Tartılı Derecelendirme Puanı (S/R)</p>	<p>32 MEK 06 RTU seleciyonunda 1, küçük patlıcan Sofralık Mor-sarı tozları 47.08 g 4.37 mm Orta %15 130</p>	

Şekil 2. Tartılı Derecelendirme Metodu ile seçilen incir genotipleri

Figure 2. Selective the weighted ranking method results in selection types





# Determination of The Direct and Indirect Effects of Feed Characteristics on the Metabolizable Energy of Natural Pasture Hay

## Mera Samanı İçin Yem Özelliklerinin Metabolize Edilebilir Enerjisi Üzerine Path Analizi

Cem TIRINK<sup>1</sup>, Zehra SARIÇİÇEK<sup>2</sup>, Hasan ÖNDER<sup>3</sup>

<sup>1</sup>İğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, İğdır  
• cem.tirink@gmail.com • ORCID > 0000-0001-6902-5837

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Ankara  
• zehra.Saricicek@ankara.edu.tr • ORCID > 0000-0003-2138-793X

<sup>3</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Samsun  
• honder@omu.edu.tr • ORCID > 0000-0002-8404-8700

### Makale Bilgisi / Article Information

**Makale Türü / Article Types:** Araştırma Makalesi / Research Article

**Geliş Tarihi / Received:** 9 Ağustos / August 2021

**Kabul Tarihi / Accepted:** 17 Aralık / December 2021

**Yıl / Year:** 2022 | **Cilt – Volume:** 37 | **Sayı – Issue:** 2 | **Sayfa / Pages:** 331-340

**Atıf/Cite as:** Tirink, C., Sariçiçek, Z. ve Önder, H. "Determination of the Direct and Indirect Effects Of Feed Characteristics on the Metabolizable Energy of Natural Pasture Hay". *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 37(2), June 2022: 331-340.

**Sorumlu Yazar / Corresponding Author:** Cem TIRINK



## DETERMINATION OF THE DIRECT AND INDIRECT EFFECTS OF FEED CHARACTERISTICS ON THE METABOLIZABLE ENERGY OF NATURAL PASTURE HAY

### ABSTRACT:

The aim of this study is to examine the direct, indirect and total effects of nutrient content properties on metabolizable energy contents of natural pasture feeds using path analysis. For this aim, the relationship between metabolizable energy and eight feed nutrient characteristics such as acid detergent lignin (ADL), acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), crude fiber, crude protein, ether extract, ash, and the nitrogen-free extract (NFE) was used for 48 grassland plants samples obtained from natural pastures of Ankara. According to the results of path analysis, the most significant effects on metabolizable energy were reported in crude fiber, acid detergent lignin, crude protein, ash, and nitrogen-free extract. In addition, both acid detergent lignin and neutral detergent fiber had a negative and significant impact on metabolizable energy. As a result, acid detergent lignin and neutral detergent fiber can be presented as prediction criteria to predict metabolizable energy.

**Keywords:** *Correlation, Path Analysis, Path Coefficient, Direct Effects, İndirect Effect.*



## MERA SAMANI İÇİN YEM ÖZELLİKLERİNİN METABOLİZE EDİLEBİLİR ENERJİSİ ÜZERİNE PATH ANALİZİ

### ÖZ:

Bu çalışmanın amacı, doğal mera samanının metabolize edilebilir enerji içerikleri üzerine besin maddesi içeriği özelliklerinin doğrudan, dolaylı ve toplam etkileri Path analizi kullanarak incelemektir. Bu amaçla, Ankara'nın doğal meralarından alınan 48 bitki örneği için metabolize edilebilir enerji ile ADL, ADF, NDF, ham selüloz, ham protein, eter ekstrakt, kül ve NFE gibi yem besin maddesi özelliği arasındaki ilişkiler kullanılmıştır. Path analizi sonuçlarına göre, ham selüloz, ADL, ham protein, kül ve NFE'nin metabolize edilebilir enerji üzerinde en önemli etkileri olduğu bulunmuştur. Ayrıca ADL ve NDF, metabolize edilebilir enerji üzerinde negatif ve anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, metabolize edilebilir enerjiyi tahmin etmek için ADL ve NDF tahmin kriteri olarak önerilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** *Korelasyon, Path Analizi, Path Katsayısı, Doğrudan Etki, Dolaylı Etki.*



## 1. INTRODUCTION

The general aim of animal nutrition is to provide nutrients that will increase the productivity of the livestock. Feed intake is one of the most important factors that will increase the productivity of animals. Variation in feed quality due to a variety of factors such as genetic structure of feed material, season, differences in storage conditions, and sampling errors of feed material used can have a significant impact. As a result of the evaluation of all these factors, it is difficult to find the standard feeding values of feeds. There are many factors affecting the quality of feed that this will increase the quality of livestock. These factors, such as acid detergent lignin (ADL), acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), crude fiber (CF), crude protein (CP), ether extract (EE), ash (A) and nitrogen-free extract (NFE), metabolizable energy (ME) can affect the productivity and the quality of food from animal origins.

There is a close relationship between the nutrient content of feeds and energy. ADF and NDF affect the digestibility of feeds. Thus, they also affects energy values. ADF and NDF can be determined in a short amount of time. In addition, relative feed value (RFV) can be calculated by ADF and NDF which help to determine the feed quality of roughages as given below (Rohweder et al. 1978).

$$\text{Dry matter intake (DMI)} = (\text{LiveWeight} = \text{LW}\%) = 120 / (\text{NDF}\%) \quad (1)$$

$$\text{Dry matter digestibility (DMD)}(\%) = 88.9 - (0.779 \times \text{ADF}\%) \quad (2)$$

$$\text{Relative Feed Value (RFV)} = (\text{DMD} \times \text{DMI}) / 1.29 \quad (3)$$

In most cases, those with higher potential for these factors are chosen as feed materials. Therefore, it is necessary to determine the factors affecting these features, which play a crucial role in the selection, and the effect levels of these factors.

In statistical models with two or more variables, cause-effect relationships are generally emphasized, and if there is a functional relationship between variables, the degree and functional form of the relationship are tried to be determined. To determine these effects of factors, many statistical methods such as regression and correlation analysis can be used (Onder and Abaci, 2015). The common method to determine these relationships is correlation analysis (Gul et al., 2019). It is not always possible to explain the relationships between the factors affecting the feature under consideration with a simple correlation coefficient. Because the relationship between two variables can be affected by a third variable or more variables (Gul et al., 2019; Tahtali et al., 2011). These effects, which are defined as direct and indirect effects, need to be determined. Path analysis was used to determine the direct and indirect effects between variables more accurately (Alpar, 2013). Path analysis

differs from other multivariate methods in that it considers not only direct but also indirect effects in order to determine the effects and artificial effects (Isci Guneri et al., 2016).

When the literature is examined, no other study has been found that examines the direct and indirect effects on the relationships between feed nutrient contents and metabolizable energy. For this reason, the aim of this study was to determine direct and indirect effects of the feed nutrient content characteristics such as acid detergent lignin, acid detergent fiber, neutral detergent fiber, crude fiber, crude protein, ether extract, ash, and nitrogen-free extract, and metabolizable energy.

## 2. MATERIAL AND METHODS

The feed material used in the study consists of natural pasture feeds taken from various parts of Ankara province in Turkey (Saricicek, 2020). Plant samples from natural meadows were taken every 15 days in May, June, July and August and analyzed. Plant nutrient analysis (CP, ash, EE, CF) were performed according to AOAC (1990).

Metabolic energy value was determined for ruminants according to Menke et al. (1979) using the following formula.

$$ME, MJ / \text{kgDM} = 2.20 + 0.136GP + 0.057CP + 0.002859EE^2 \quad (4)$$

where; GP: 24 h net gas production (ml/200mg DM), CP: Crude protein (%), EE: Ether extract (%).

NEL value was determined using the formula  $MJ / \text{kgDM} = 0.101GP + 0.051CP + 0.11EE$  for ruminants, according to Menke and Steingass (1988). In addition, ADF, NDF and ADL analysis were made according to Van Soest et al. (1991) by using Ankom device.

Determining the relationship between metabolic energy and other nutrient contents is important for the preparation of the correct ration formulation. Multivariate statistical methods can be used to determine this relationship. There are many multivariate statistical techniques such as regression analysis, correlation analysis. Investigating the relationship and the degree of this relationship is within the scope of correlation analysis. The correlation coefficient obtained, one of the variables being the result and the other being the explanatory variable, appears as a measure that also expresses the level of influence of these variables on each other. However, even in this case, it is not possible to determine the relationship between the two variables completely. However, there are also nonlinear relationships apart from linear relationships between variables. The process of analysis and

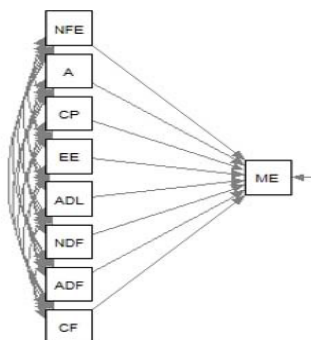
interpretation of nonlinear relationships is difficult. Therefore, a path analysis technique, in which all relationships are considered linear, is proposed according to this assumption (Kayali, 2013).

The path coefficient, whose formula is given below where Y and X used as a dependent variable and independent variable respectively, was proposed by (Wright, 1921). Path analysis is a multivariate technique that enables to estimate direct and indirect effects between explanatory and response variables in the model (Mitchell, 1992). There are two main components of path analysis, which are namely the path coefficients representing the mathematical part and the path diagram representing the visual part (Isci Guneri et al., 2016). The standardized regression coefficient found by Wright, which is also a path coefficient, was used to calculate the direct and indirect effects of the correlation coefficient.

$$P_{YX} = \frac{\sigma_{YX}}{\sigma_Y} \quad (5)$$

The path coefficient including direct and indirect effects can be shown with the path diagram. The important and hardest part of path analysis is to logically construct a path diagram. Even if there is no need for a path diagram in practical studies, it would be useful to find direct and indirect effects, from the type of correlation, between explanatory and response variables (Pedhazur, 1997; Isci Guneri et al., 2016). If there is a path coefficient greater than 1 in the path diagram, this situation indicates that there is a balancing mechanism (negative effect) in the system. Path coefficients greater than 1 are not unilaterally significant due to this negative effect (Li, 1975; Isci Guneri et al., 2016).

Figure 1 shows that a path diagram to reveal direct and indirect effects between some feed characteristics and metabolizable energy content. In Figure 1, direct and indirect effects are shown as a one-way arrow and two-way arrow, respectively.



**Figure 1.** Path diagram of metabolizable energy and other feed nutrient content characteristics

$$\begin{aligned} \Gamma_{NFE-ME} &= \text{PME-NFE} + \Gamma_{A-NFE} * \text{PME-A} + \Gamma_{CP-NFE} * \text{PME-CP} + \Gamma_{EE-NFE} * \text{PME-EE} + \Gamma_{ADL-NFE} * \text{PME-ADL} + \\ &\Gamma_{NDF-NFE} * \text{PME-NDF} + \Gamma_{ADF-NFE} * \text{PME-ADF} + \Gamma_{CF-NFE} * \text{PME-CF} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \Gamma_{A-ME} &= \text{PME-A} + \Gamma_{NFE-A} * \text{PME-NFE} + \Gamma_{CP-A} * \text{PME-CP} + \Gamma_{EE-A} * \text{PME-EE} + \Gamma_{ADL-A} * \text{PME-ADL} + \Gamma_{NDF-A} * \\ &\text{PME-NDF} + \Gamma_{ADF-A} * \text{PME-ADF} + \Gamma_{CF-A} * \text{PME-CF} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \Gamma_{CP-ME} &= \text{PME-CP} + \Gamma_{NFE-CP} * \text{PME-NFE} + \Gamma_{A-CP} * \text{PME-A} + \Gamma_{EE-CP} * \text{PME-EE} + \Gamma_{ADL-CP} * \text{PME-ADL} + \\ &\Gamma_{NDF-CP} * \text{PME-NDF} + \Gamma_{ADF-CP} * \text{PME-ADF} + \Gamma_{CF-CP} * \text{PME-CF} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \Gamma_{EE-ME} &= \text{PME-EE} + \Gamma_{NFE-EE} * \text{PME-NFE} + \Gamma_{A-EE} * \text{PME-A} + \Gamma_{CP-EE} * \text{PME-CP} + \Gamma_{ADL-EE} * \text{PME-ADL} + \\ &\Gamma_{NDF-EE} * \text{PME-NDF} + \Gamma_{ADF-EE} * \text{PME-ADF} + \Gamma_{CF-EE} * \text{PME-CF} \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \Gamma_{ADL-ME} &= \text{PME-ADL} + \Gamma_{NFE-ADL} * \text{PME-NFE} + \Gamma_{A-ADL} * \text{PME-A} + \Gamma_{CP-ADL} * \text{PME-CP} + \Gamma_{EE-ADL} * \text{PME-EE} + \\ &\Gamma_{NDF-ADL} * \text{PME-NDF} + \Gamma_{ADF-ADL} * \text{PME-ADF} + \Gamma_{CF-ADL} * \text{PME-CF} \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \Gamma_{NDF-ME} &= \text{PME-NDF} + \Gamma_{NFE-NDF} * \text{PME-NFE} + \Gamma_{A-NDF} * \text{PME-A} + \Gamma_{CP-NDF} * \text{PME-CP} + \Gamma_{EE-NDF} * \text{PME-EE} + \\ &\Gamma_{ADL-NDF} * \text{PME-ADL} + \Gamma_{ADF-NDF} * \text{PME-ADF} + \Gamma_{CF-NDF} * \text{PME-CF} \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \Gamma_{ADF-ME} &= \text{PME-ADF} + \Gamma_{NFE-ADF} * \text{PME-NFE} + \Gamma_{A-ADF} * \text{PME-A} + \Gamma_{CP-ADF} * \text{PME-CP} + \Gamma_{EE-ADF} * \text{PME-EE} + \\ &\Gamma_{ADL-ADF} * \text{PME-ADL} + \Gamma_{NDF-ADF} * \text{PME-NDF} + \Gamma_{CF-ADF} * \text{PME-CF} \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \Gamma_{CF-ME} &= \text{PME-CF} + \Gamma_{NFE-CF} * \text{PME-NFE} + \Gamma_{A-CF} * \text{PME-A} + \Gamma_{CP-CF} * \text{PME-CP} + \Gamma_{EE-CF} * \text{PME-EE} + \Gamma_{ADL-CF} * \\ &\text{PME-ADL} + \Gamma_{NDF-CF} * \text{PME-NDF} + \Gamma_{ADF-CF} * \text{PME-ADF} \end{aligned} \quad (13)$$

The matrix given below is used to calculate the path coefficients [16].

$$\begin{bmatrix} \text{PME-NFE} \\ \text{PME-A} \\ \vdots \\ \text{PME-CF} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \Gamma_{NFE-A} & \cdots & \Gamma_{NFE-CF} \\ \Gamma_{A-NFE} & 1 & \cdots & \Gamma_{A-CF} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Gamma_{CF-NFE} & \Gamma_{CF-A} & \cdots & 1 \end{bmatrix}^{-1} * \begin{bmatrix} \Gamma_{ME-NFE} \\ \Gamma_{ME-A} \\ \vdots \\ \Gamma_{ME-CF} \end{bmatrix} \quad (14)$$

The path equations for the path diagram in Figure 1 showing the relationship between ME and feed properties are as follows.

All statistical analysis were performed by using R software (R Core Team, 2020). For descriptive statistics “psych” package were used (Revelle 2020). The package for path analysis was used “lavaan” and the related packages for drawing path diagrams, “semPlot” and “lavaanPlot” were used (Rosseel, 2012; Epskamp, 2019; Lishinski, 2018).

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

Shapiro-Wilk normality test was used to test of normality of the variables. All the variables were determined to be normally distributed ( $p > 0.05$ ). Descriptive statistics for data set were given in Table 1.

**Table 1.** Descriptive statistics of the data

	CF (%)	ADF (%)	NDF (%)	ADL (%)	CO (%)	CP (%)	CA (%)	NFE (%)	ME (kcal/kg DM)
N	48	48	48	48	48	48	48	48	48
Mean	39.92	43.52	53.27	9.38	1.57	13.15	7.56	37.80	2190.90
Std. Deviation	7.06	7.82	10.13	3.68	0.22	2.06	4.48	8.49	330.36
Minimum	29.55	29.79	36.31	4.40	1.30	10.44	1.46	22.29	1580.45
Maximum	54.57	59.67	75.08	16.28	2.13	18.41	18.14	52.12	2993.71

Pearson correlation coefficients and significance level of correlation coefficients between whole variables are given in Table 2.

**Table 2.** Pearson correlation coefficient between feed characteristics and metabolizable energy of feed nutrient contents

	CF (%)	ADF (%)	NDF (%)	ADL (%)	CO (%)	CP (%)	CA (%)	NFE (%)	ME (kcal/kg DM)
CF (%)	1								
ADF (%)	.939**	1							
NDF (%)	.928**	.975**	1						
ADL (%)	.933**	.913**	.910**	1					
CO (%)	0.106	-0.008	0.052	0.152	1				
CP (%)	-.657**	-.572**	-.595**	-.686**	-0.265	1			
CA (%)	.427**	0.272	.291*	.423**	.302*	-.607**	1		
NFE (%)	-.906**	-.792**	-.789**	-.843**	-0.211	.637**	-.743**	1	
ME (kcal/kg DM)	-.894**	-.966**	-.955**	-.880**	0.088	.584**	-.322*	.776**	1

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). \* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Table 2 shows that the correlation coefficients between all variables, with the exception of ether extract, and between crude protein and ether extract, NFE and ether extract, metabolizable energy and ether extract, ash and ADF, were statistically significant ( $p < 0.05$ ). Among the significance correlations, the coefficients between crude fiber and ADF ( $r = 0.939^{**}$ ) were determined to be the highest, whereas the coefficients between ash and NDF ( $r = 0.291^{*}$ ) were found to be the lowest.

Direct, indirect and total effects calculated between each explanatory variable and ME are shown in Table 3.

**Table 3.** Direct and indirect effect of the feed nutrient contents characteristics on metabolizable energy

Path ways	Effect value	p-value
<b>The relations of crude fiber and metabolizable energy</b>		
Direct effect	-0.999	0.454
Indirect effect over ADF	-0.756	0.000
Indirect effect over NDF	-0.339	0.000
Indirect effect over ADL	-0.019	0.000
Indirect effect over crude oil	0.008	0.469
Indirect effect over crude protein	0.216	0.000
Indirect effect over crude ash	-0.394	0.007
Indirect effect over NFE	1.389	0.000
Total indirect effect	0.105	
Total correlation	-0.894	0.000

<b>The relations of ADF and metabolizable energy</b>		
Direct effect	-0.806	0.000
Indirect effect over crude fiber	-0.938	0.000
Indirect effect over NDF	-0.356	0.000
Indirect effect over ADL	-0.018	0.000
Indirect effect over crude oil	-0.001	0.954
Indirect effect over crude protein	0.187	0.000
Indirect effect over crude ash	-0.251	0.072
Indirect effect over NFE	1.215	0.000
Total indirect effect	-0.161	
Total correlation	-0.967	0.000
<b>The relations of NDF and metabolizable energy</b>		
Direct effect	-0.365	0.008
Indirect effect over crude fiber	-0.927	0.000
Indirect effect over ADF	-0.786	0.000
Indirect effect over ADL	-0.018	0.000
Indirect effect over crude oil	0.004	0.724
Indirect effect over crude protein	0.195	0.000
Indirect effect over crude ash	-0.269	0.055
Indirect effect over NFE	1.210	0.000
Total indirect effect	-0.590	
Total correlation	-0.955	0.000
<b>The relations of ADL and metabolizable energy</b>		
Direct effect	-0.020	0.834
Indirect effect over crude fiber	-0.932	0.000
Indirect effect over ADF	-0.736	0.000
Indirect effect over NDF	-0.332	0.000
Indirect effect over crude oil	0.012	0.303
Indirect effect over crude protein	0.225	0.000
Indirect effect over crude ash	-0.390	0.008
Indirect effect over NFE	1.293	0.000
Total indirect effect	-0.860	
Total correlation	-0.880	0.000
<b>The relations of crude oil and metabolizable energy</b>		
Direct effect	0.077	0.181
Indirect effect over crude fiber	-0.106	0.469
Indirect effect over ADF	0.007	0.954
Indirect effect over NDF	-0.019	0.724
Indirect effect over ADL	-0.003	0.303
Indirect effect over crude protein	0.087	0.079
Indirect effect over crude ash	-0.279	0.048
Indirect effect over NFE	0.324	0.156
Total indirect effect	0.011	
Total correlation	0.088	0.552
<b>The relations of crude protein and metabolizable energy</b>		
Direct effect	-0.328	0.401
Indirect effect over crude fiber	0.657	0.000
Indirect effect over ADF	0.461	0.000
Indirect effect over NDF	0.217	0.000
Indirect effect over ADL	0.014	0.000
Indirect effect over crude oil	-0.020	0.079
Indirect effect over crude ash	0.561	0.000
Indirect effect over NFE	-0.977	0.000
Total indirect effect	0.912	
Total correlation	0.584	0.000
<b>The relations of crude ash and metabolizable energy</b>		
Direct effect	-0.923	0.280
Indirect effect over crude fiber	-0.426	0.007
Indirect effect over ADF	-0.219	0.072
Indirect effect over NDF	-0.106	0.055
Indirect effect over ADL	-0.008	0.008
Indirect effect over crude oil	0.023	0.048
Indirect effect over crude protein	0.199	0.000
Indirect effect over NFE	1.139	0.000
Total indirect effect	0.601	
Total correlation	-0.322	0.026
<b>The relations of NFE and metabolizable energy</b>		
Direct effect	-1.533	0.347
Indirect effect over crude fiber	0.905	0.000
Indirect effect over ADF	0.639	0.000
Indirect effect over NDF	0.288	0.000
Indirect effect over ADL	0.017	0.000
Indirect effect over crude oil	-0.016	0.156
Indirect effect over crude protein	-0.209	0.000
Indirect effect over crude ash	0.686	0.000
Total indirect effect	2.309	
Total correlation	0.776	0.000

According to Table 3, when the direct effects are examined, it is seen that all variables except for ether extract have negative effects. Ether extract has a positive direct effect on metabolizable energy with a value of 0.077 and the p-value of this effect is 0.181. NFE has a negative direct effect on metabolizable energy with a value of -1.533.

In the present study, path analysis was used to determine the direct and indirect effects for the feed nutrient contents characteristics such as ADL, ADF, NDF, CF, CP, EE, A and NFE and ME. According to Li (1975) and Isci Guneri et al. (2016), path coefficients greater than 1 are not unilaterally significant due to the negative effects of the mechanism. Other negative direct effects between feed characteristics and metabolizable energy are ADF, NDF, ADL, crude protein and ash with the values of -0.806, -0.365, -0.020, -0.328, -0.923, respectively. Of these negative direct effects, only ADF and NDF were found to be statistically significant ( $p < 0.05$ ). There is no study about the naturel pasture hay within the scope of path analysis. Sayan et al. (2004) reported the correlations between ME and in vitro characteristics such as A, CP, EE, CF, NFE, ADF and NDF. The highest and the most significant correlations are between EE(0.783), CF(-0.851), ADF (-0.892) and NDF (-0.760), respectively. However, Sayan et al. (2004) emphasized that according to Menke and Steingass (1988), it would be more appropriate to consider the amount of NDF or ADF compared to EE, CF, A in meeting the roughage fiber needs of ruminants, therefore, ADF and NDF are more important parameters. Furthermore, ADF and NDF affect the digestibility of feeds. Thus, it also affects energy values. ADF and NDF can be determined in a short time. In addition, in the present study, there is a significant indirect effect on metabolizable energy for ether extract, crude fiber, ADL, crude protein, ash and NFE ( $p < 0.05$ ). Canbolat and Kahraman (2009) compared the in vitro gas production, metabolizable energy (ME), organic matter digestibility (OMD), relative feed values (RFV) for the legume forages and they reported the relationship between ME and CP (0.756), EE (0.353), ADF (-0.832), NDF (-0.795) within the scope of correlation analysis, respectively. Of these relationships, only EE was found to be statistically insignificant ( $p < 0.01$ ).

#### 4. CONCLUSION

*In vivo* digestion trials are expensive and require a long time to determine the metabolizable energy (ME) value in feed. However, it is very important that the parameters to be used in determining the ME values of feed materials such as roughages and industrial residues are reliable and that they are obtained economically and practically. For this reason, researchers have conducted many studies on which parameters are more important in predicting ME.

According to the results, ADF and NDF have the highest effect on metabolizable energy in the feed evaluation process. In addition to the direct effects of ADF and



NDF on metabolizable energy, other feed properties have indirect effects through ether extract, crude fiber, ADL, crude protein, ash and NFE. Especially in the literature, NDF or ADF amounts instead of crude protein, ether extract, crude fiber are shown as reliable parameters to estimate metabolizable energy. Therefore, researchers interested in animal nutrition should take into account that ADF and NDF are important selection criteria in their work to predict metabolizable energy. The RFV method developed for quality control in roughage is used. The ADF and NDF contents of feeds are used to calculate the RFV value. RFV is currently an important guide in marketing and determining the quality of roughage. In this way, ADF and NDF, which are among the nutrient contents of the feed, support the results as important criteria as feed evaluation criteria.

### Acknowledgements

This work was supported by the Turkish Ministry of Agriculture and Forestry as a TAGEM-16 / ARGE-13 project.

### Author Contribution Rates

Design of Study (Çalışmanın Tasarlanması): CT (%25), ZS (%50), HÖ (%25)

Data Acquisition (Veri Toplanması): ZS (%100)

Data Analysis (Veri Analizi): CT (%50), HÖ (%50)

Writing up (Makalenin Yazımı): CT (%33), ZS (%34), HÖ (%33)

Submission and Revision (Makalenin Gönderimi ve Revizyonu): CT (%40), ZS (%20), HÖ (%40)

### REFERENCES

- Alpar R., 2013. Applied Multivariate Statistical Methods (4<sup>th</sup> edition): Detay Anatolia Yayıncılık. ISBN: 978-605-5437-42-8.
- AOAC, 1990. Sample Preparation (950.02) Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists, 15<sup>th</sup> edition, Washington DC, 1990.9;93:217-222.
- Canbolat, O., Karaman, S., 2009. Comparison of in Vitro Gas Production, Organic Matter Digestibility, Relative Feed Value and Metabolizable Energy Contents of Some Legume Forages. *Journal of Agricultural Sciences*, 15(2), 188-195.
- Epskamp S., 2019. semPlot: Path Diagrams and Visual Analysis of Various SEM Packages' Output. R package version 1.1.2. <https://CRAN.R-project.org/package=semPlot>.
- Gul S., Keskin M., Guzey Y.Z., Behrem S., Gunduz Z., 2019. Path Analysis of the Relationship Between Weaning Weight and Some Morphological Traits in Awassi Lamb. *Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal Of Agriculture and Nature*, 22 (Suppl 2), 431-435.
- IBM Corp. Released, 2012. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Isci Guneri O., Goktas A., Kayali U., 2016. Path analysis and determining the distribution of indirect effects via

- simulation. *Journal of Applied Statistics*, 44:7, 1181-1210.
- Kayali, U., 2013. Path analysis and a simulation study about the distribution of indirect effects. MSc Thesis. Mugla Sitki Kocman University.
- Li C.C., 1975. *Path Analysis a Primer*, The Boxwood Press, Pacific Grove, CA.
- Lishinski A., 2018 lavaanPlot: Path Diagrams for Lavaan Models via DiagrammeR. R package version 0.5.1. <https://CRAN.R-project.org/package=lavaanPlot>.
- Menke KH, Raab L, Salewski A, Steingass H, Fritz D, Schneider W., 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *The Journal of Agricultural Science*, 93(1), 217-222.
- Menke KH, Steingass H., 1998. Estimation of the Energetic Feed Value Obtained from Chemical Analysis and in vitro Gas Production Using Rumen Fluid. *Animal Research and Development*, 28, 7-55.
- Mitchell R.J., 1992. Testing evolutionary and ecological hypotheses using path analysis and structural equation modelling. *Functional Ecology*, 6(2), 123-129.
- Onder H., Abaci S.H., 2015. Path Analysis for Body Measurements on Body Weight of Saanen Kids. *Journal of the Faculty of Veterinary Medicine, Kafkas University*, 21(3), 351-354.
- Pedhazur E.J., 1997. *Multiple Regression in Behavioral Research: Explanation and Prediction*. Harcourt Brace College Publishers. FortWorth, TX.
- R Core Team, 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.
- Revelle, W., 2020. psych: Procedures for Personality and Psychological Research, Northwestern University, Evanston, Illinois, USA, <https://CRAN.R-project.org/package=psych> Version = 2.0.12.
- Rohweder DA, Barnes RE, Jorgensen N., 1978. Proposed hay grading standards based on laboratory analysis for evaluating quality. *Journal of Animal Science*, 47(3), 747-759.
- Rosseel Y., 2012. lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling. *Journal of Statistical Software*, 48(2). 1-36. URL <http://www.jstatsoft.org/v48/i02/>.
- Sarıcıcek Z., 2020. Determination of botanical composition, nutrient content, feed value and quality parameters in between May-August months of natural grasslands of Ankara province. *Black Sea Journal of Agriculture*. 3(4), 267-277.
- Sayan Y., Ozkul H., Alcicek A., Coskuntuna L., Onenc S.S., Polat M., 2004. Comparison of the parameters using for determination of metabolizable energy value of the roughages. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*. 41(2), 167-175.
- Tahtali Y., Sahin, A., Ulutas Z., Sirin E., Abaci S.H., 2011. Determination of Effective Factors for Milk Yield of Brown Swiss Cattle Using by Path Analysis. *Journal of the Faculty of Veterinary Medicine, Kafkas University* 17(5), 859-864.
- Topal M., Emsen B., Dodoglu A., 2008. Path analysis of honey yield components using different correlation coefficients in caucasian honey bee. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7(11), 1440-1443.
- Van Soest PJ., Robertson JB., Lewis BA., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597.
- Wright S., 1921. Correlation and causation. *Journal of Agricultural Research*, 20, 557-58



## Identification of Rice Leaf Blight Disease by Using Image Processing Techniques

### Çeltik Yanıklığı Hastalığının Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Tespit Edilmesi

Oğuzhan SOYDAN<sup>1</sup>, Alper TANER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Bölümü, Samsun  
• oguzhan@kut-san.com.tr • ORCID > 0000-0003-4722-8267

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Bölümü, Samsun  
• alper.taner@omu.edu.tr • ORCID > 0000-0001-8679-2069

#### Makale Bilgisi / Article Information

**Makale Türü / Article Types:** Araştırma Makalesi / Research Article

**Geliş Tarihi / Received:** 29 Ağustos / August 2021

**Kabul Tarihi / Accepted:** 24 Ekim / October 2021

**Yıl / Year:** 2022 | **Cilt – Volume:** 37 | **Sayı – Issue:** 2 | **Sayfa / Pages:** 341-360

**Atıf/Cite as:** Soydan, O. ve Taner, A. "Identification of Rice Leaf Blight Disease by Using Image Processing Techniques".  
*Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 37(2), June 2022: 341-360.

**Sorumlu Yazar / Corresponding Author:** Alper TANER

## IDENTIFICATION OF RICE LEAF BLIGHT DISEASE BY USING İMAGE PROCESSING TECHNIQUESHAY

### ABSTRACT:

In rice plant, accurate and timely detection of diseases helps to start agricultural practices on time and thus reduces economic losses significantly. For this purpose, image processing techniques were used to identify and classify the rice leaf blight disease (*Pyricularia oryzae Cav.*). In image processing, a clustering method was used for the segmentation of the diseased part, the non-diseased part and the background. Images of rice leaf blight disease were taken both from the ground and with the aid of a drone. Levenberg-Marquardt training algorithm was preferred in artificial neural networks model. While the RMS,  $R^2$  and error values of the test data of MEITG proposed for identification were 0.000017, 0.9999 and 0.019%, respectively, they were found as 0.000007, 0.9999 and 0.002% for MERITD. The MCITG and MCRITD models presented for classification were found to have classification success rates of 92.2 percent and 100 percent, respectively. The results obtained for the identification and classification of rice leaf blight disease show the feasibility and effectiveness of the proposed model.

**Keywords:** *Artificial Neural Networks, Rice Leaf Blight Disease, Disease Detection.*



## ÇELTİK YANIKLIĞI HASTALIĞININ GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ KULLANILARAK TESPİT EDİLMESİ

### ÖZ:

Çeltik bitkisinde, hastalıkların doğru olarak ve zamanında tespiti, zirai mücadele uygulamalarının zamanında başlatılmasına ve böylece ekonomik kayıpların önemli ölçüde azalmasına yardımcı olmaktadır. Bu amaçla, çeltik yanıklığı hastalığının (*Pyricularia oryzae Cav.*) tanımlanması ve sınıflandırılması için görüntü işleme teknikleri kullanılmıştır. Görüntü işlemede, hastalıklı kısım, hastalık olmayan kısım ve arka planın segmentasyonu için bir kümeleme yöntemi kullanılmıştır. Çeltik yanıklığı hastalığı görüntüleri, hem yerden hem de dron yardımıyla alınmıştır. Yapay sinir ağları modellerinde, Levenberg-Marquardt eğitim algoritması tercih edilmiştir. Tanımlama için önerilen ModelTYGA'nın test verilerine ait RMS,  $R^2$  ve hata değerleri sırasıyla 0.000017, 0.9999 ve %0.019 bulunurken ModelTDUGA'nın ise 0.000007, 0.9999 ve %0.002 olarak bulunmuştur. Sınıflandırma için önerilen ModelSYGA ve ModelSDUGA modellerinin sınıflandırma başarıları sırasıyla %92.2 ve %100 olarak elde edilmiştir. Çeltik yanıklığı hastalığının tanımlanması ve

sınıflandırılması için elde edilen sonuçlar, önerilen yöntemin uygulanabilirliğini ve etkinliğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *Yapay Sinir Ağları, Çeltik Yanıklığı Hastalığı, Hastalık Tespiti.*



## 1. INTRODUCTION

Grains are the most widely used product group and they have an important place in human and animal nutrition. Rice plant, which is differentiated from other grains with its ability to germinate in water and to benefit from oxygen dissolved in water, is difficult to grow; however, its economic return is quite high (Öztürk and Akçay, 2010). Rice (*Oryza sativa L.*) is the second most consumed product in the world after wheat and is an essential nutrient for approximately 3.5 billion people. With the increase in population, the demand and consumption of rice also increase. Rice diseases cause large amount of loss in yield (Abed-Ashtiani et al., 2012). In order to meet the increasing food demand, rice production needs to be increased by more than 40% until 2030 (Khush, 2005; Roy-Barman and Chattoo, 2005). The nutrient content of rice includes protein, carbohydrate, fat and many vitamins (Juliano, 1985; Verma and Shukla, 2011; Alvaro et al., 2018).

Rice grows better between latitudes 35° South and 45° North, at an altitude of 1500 m above the sea, in low water permeability, deep, loamy, soil conditions which are rich in nutrients and which have a pH between 4.5 and 7.5 (Sürek, 2002; Xionsg et al., 2011). While the rice production area was 167.249.103 hectares in 2017, the amount of production was 769.657.791 tons. China, India, and Indonesia are in the top three in rice production, meeting 68% of world rice production. In our country, 900.000 tons of rice were produced in 109.505 hectares in the same year. 71% of this production occurred in the Marmara region, while the Western Black Sea region of the Black Sea region covered 26%. These two regions constitute 97% of the total rice production in Turkey. Rice yield has been 460 kg/da in the world and 822 kg/da in our country (Anonymous, 2019). Rice production in our country has changed over the years. Factors such as climatic conditions, breeding techniques, and insufficient cultural treatments cause fluctuations in yield.

There are many problematic diseases in rice farming. Three major diseases that can cause economic problems in our country are rice leaf blight disease (*Pyricularia oryzae*), crown rot (*Fusarium moniliforme*) and brown spot disease (*Helmithosporium oryzae*) (Sürek, 1995; Prajapati et al., 2017). Rice diseases have a devastating effect on rice production. In addition, they are also a big threat for food safety. The most important of these diseases is rice leaf blight disease. Its symptoms

on the plant are seen on the leaves, ligule, sheath, nodes, panicle, peduncle, and grain husk. These symptoms are generally diamond-shaped, with two pointed ends, gray in the middle, with brown-reddish spots around; on the legule, they look like tightened with a thread, on the stalk they appear as an oil stain and petroleum green colored mold develops on these stains; no grains but white colored husks develop on the panicle (Bonman, 1992; Sürek, 2002; Devi and Neelamegam, 2018).

If the disease progresses, the plant may dry out completely, and sometimes no crops may be taken from the field. In addition to reducing the amount of product taken, the disease can also reduce the quality of the products. The disease can be carried with seeds, plant waste and soil (Sürek, 2002; Elmacı, 2012). Factors such as high relative humidity (over 80%), excessive nitrogen fertilization, late planting, high plant density, use of cold irrigation water and dehydration of the plant play an important role in the emergence of the disease (Feakin, 1971). By paying attention to these negativities, the disease is fought with cultural measures and chemical methods such as growing resistant varieties, alternate planting, removing diseased plant residues from the field after harvesting (Sürek, 2002). Rice leaf blight disease can cause losses of ranging from 30 to 100% in both the world and our country under suitable conditions (Göbelez, 1953; Feakin, 1971; Kihoro et al., 2013). For this reason, the diagnosis and identification of rice diseases play a very important role in ensuring high quality and high yields (Yang et al., 2017).

In many countries, agriculture is one of the major sources of income for people. The plants needed are grown by farmers depending on environmental conditions. However, farmers are faced with many problems such as natural disasters, water scarcity, and plant diseases (Pantazi et al., 2019). Most of the problems can be reduced by providing some technical features, detecting diseases on time and taking precautions can increase productivity and therefore the need to seek experts may not be necessary (El-kazzaz et al., 2015). Recently, the identification and classification of plant diseases has become one of the important research topics in agriculture (Yusof et al., 2018).

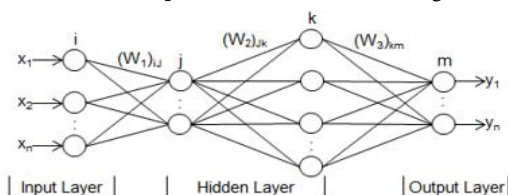
It is very important to recognize plant diseases in order to prevent the losses in the amount of agricultural product and yield (Kim et al., 2018). Studies conducted on the recognition of plant diseases mean that diseases are observable visible patterns in plants (Astonkar and Shandilya, 2018). The process of identifying plant diseases is more difficult with the traditional method. The traditional method requires more process time, more workload and experience and knowledge of experts in plant diseases. In order to eliminate these negativities, it is necessary to find out leaf diseases with new methods and techniques in evaluating agricultural products, increasing market value and meeting quality standards. Early and accurate identification and diagnosis of plant diseases is an important factor in plant production and enables reducing both qualitative and quantitative losses in

crop yields. For this purpose, a large number of advanced techniques such as image processing and artificial neural networks are used for disease detection. Image processing techniques are one of the methods used for identifying plant diseases (Singh and Misra, 2017; Singh et al., 2018).

Image processing steps for disease recognition include image acquisition, image pre-processing, image fragmentation, feature extraction and finally classification (Kamal et al., 2018). These techniques can only be applied on the external appearance of infected plants (Patricio and Rieder, 2018). In most plants, leaves are generally an important source for detecting plant diseases. Symptoms of plant diseases vary for different plants. Plant diseases are different in terms of color, size and shape and each disease has its own unique characteristics. Some diseases are yellow, while some are brown (Barbedo et al., 2016). Some diseases have the same shapes, but different colors, while some have the same color but a different shape. After finding out the diseased and non-diseased normal parts, the features related to the disease can be found (Sladojevic et al., 2016).

Artificial neural networks (ANN) are used in many of the studies conducted in the field of engineering for model development. ANN is used especially in modelling non-linear and complicated structures and efficient results are obtained. While many of the models obtained with classical methods in similar structures give insufficient results, ANN models give more successful results. ANN has important potential in the classification and identification of agricultural products (Dubey et al., 2006; Visen et al., 2002).

The structure of ANN is made up of three layers; input, hidden and output, which consist of neurons and are connected to each other with weights (Figure 1). Weights are determined by a large number of existing learning algorithms. Backpropagation is a learning algorithm and it is one of the most widely used. Backpropagation algorithm is used to minimize the total error by changing the weights. The inputs coming from the previous layer are multiplied with the weights of the corresponding links. Each neuron processes the inputs weighted with a transfer function in order to produce its output. Transfer function may be linear or non-linear. The data are grouped into two as a training and test set. In this way, the weight values which minimize the difference between actual and estimated output values are found (Kalogirou, 2001).



**Figure 1.** General structure of ANN.

Manual detection of plant diseases occurs as the observation of experts with the naked eye or testing in the laboratory and requires visual observation expertise, while laboratory testing is a time consuming and expensive method (Mohanty et al., 2016; Shrivastava et al., 2019). Disease detection process is difficult with this method, and sometimes there is also a possibility of making mistakes while identifying the disease type (Mahlein, 2016). Rice plant production has been decreasing gradually in recent years due to the insufficiency of suitable methods to detect rice plant leaf diseases (Pinki et al., 2017). To overcome this, a suitable and rapid identification system for rice leaf diseases is required.

The present study recommends a method to identify rice leaf blight disease by using diseased images. For this purpose, the data set was prepared by taking the images of rice plant from cultivated areas. Background elimination for image processing was performed by preprocessing. The parts of diseased and non-diseased leaves were determined and ANN techniques were used for classification.

## 2. MATERIAL AND METHOD

In the study, images of rice leaf blight disease (*Pyricularia oryzae cav.*) were used as material. Of the 250 images used, 200 were taken from the ground and 50 were taken remotely with a drone.

The drone used in the study (DJI Mavic Pro) has a camera which can take photos in 2.3 inches and 12.3 megapixel resolution and record 4K video with C4K (4096 x 2160) and UHD (4K 3840 x 2160) resolution. The camera which was used for taking images from the ground (Lenovo Moto Z (XT1650-03)) has a resolution of 13.0 megapixels and was used as fixed on a specially designed apparatus (Figure 2).

Adobe Photoshop program and MATLAB program (Image Processing Toolbox) were used for image processing and MATLAB (Neural Network Toolbox) program was used for artificial neural network modelling.

Rice leaf blight disease was first identified by experts through ground observations. Images were taken after the disease was confirmed. The images were obtained with two different methods as from the ground and remotely with drone. The images taken were processed with image processing programs and the diseased parts were determined. In the study, these parts were evaluated as actual diseased areas (ADA) and diseased areas obtained with image processing (DAIP). Image taking started from the fourth week of May (the first appearance of the disease) and continued until the end of July. Images were taken on sunny, windless and rainless days. Ground images were taken with a camera placed on an apparatus designed to be vertical to the land surface. Images from the ground were taken



from 80, 120 and 140 cm, depending on the growth period of the plant. Remote image taking with drone was carried out with a camera placed on the drone. The images were taken from 200 cm high with drone.



**Figure 2.** The drone used in the study.

In the methods of image taking from the ground and remote image taking with a drone, classifications were made based on the severity of the disease. The ground image acquisition method consists of 10 classes, while the drone remote image acquisition method consists of 4 classes. Disease severity was determined by taking weighted averages separately for both methods.

### 2.1. Image Processing

Image processing was carried out by taking the image, filtering the image, turning the image into a gray image, thresholding the image and determining the dimensions of the image (Gonzalez and Woods, 2008; Ağın and Taner, 2015). Filtering was carried out to remove the unwanted spots and stains on the image.

### 2.2. Obtaining Gray Images

The images of plants can be green in different shades depending on water, fertilizer and climatic conditions. Using colorful images in image processing may cause various problems in the differentiation of diseased and non-diseased areas (Husin et al., 2012). The images were converted into gray images in order to solve these problems and reach more accurate problems quickly.

### 2.3. Obtaining Black and White Images

Black and white images were obtained by converting the areas corresponding to gray tone (non-diseased) into black and the rest of the areas (diseased) into

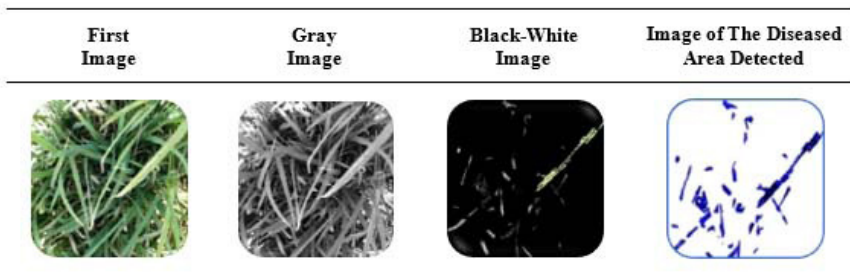
white with appropriate thresholding value on the gray image. The appropriate thresholding value was determined by reducing all of the green areas until they became black in steps of 0.01 from 1 to 0. With black and white image, non-diseased areas were obtained as black and the diseased areas were obtained as white.

#### 2.4. Determining the Diseased Areas

With the image processing commands applied in the previous steps on original images, spatial losses occur, especially when removing disease-free areas from the image. Later, diseased areas obtained with image processing (DAIP) were measured in pixels.

All diseased areas in the image were cropped to the tolerance threshold of 25% in order to identify the actual diseased areas (ADA) with minimum loss. Later, the diseased areas were transferred to a white background in the same size as the original image and the actual diseased areas (ADA) in these images were identified (Figure 3).

The severity of the disease on the image was calculated by proportioning the diseased areas in the image, that is, the total number of pixels that make up that area, to the number of total pixels forming the image.



**Figure 3.** Image processing application example.

#### 2.5. Artificial Neural Networks

In the study, models were developed for both image taking methods, image taking from the ground and remote image taking with drone with artificial neural networks (ANN) in order to estimate the diseased areas obtained with image processing (DAIP) and actual diseased areas (ADA). In addition, classes were created according to the severity of disease in the methods of image taking from the ground and remote image taking with drone. These classes were classified with ANN.

## 2.6. Estimation of the Diseased Areas with Artificial Neural Networks

In the present study, ANN techniques were used to estimate the actual diseased areas (ADA). In ANN method, the diseased areas obtained with image processing (DAIP) were included as input data, while actual diseased areas (ADA) were included as output data.

In the ANN model developed with image taking from the ground (MEITG), a total of 200 data - 160 for training, 10 for validation and 30 for test - were used.

In the ANN model developed with remote image taking with drone (MERITD), a total of 50 data - 37 for training, 3 for validation and 10 for test - were used.

In both methods, the input and output data used were normalized between 0 and 1 (Purushothaman and Srinivasa, 1994). For normalization;

$$y_{nor} = \frac{y - y_{min}}{y_{max} - y_{min}} \quad (1)$$

formula was used. In order to obtain the actual values from normalized values, (y) values were calculated from the same formula.

In ANN models, Feed Forward Backprop, Multilayer Perceptron (MLP) network structure was used. Back propagation (BP) algorithm in this network improves the performance of the network by changing the weights and minimizes total error (Jacobs, 1988; Minai and Williams, 1990). Levenberg-Marquardt (LM) algorithm was used as training algorithm (Levenberg, 1944; Marquardt, 1963).

In the development of ANN models, tansig, logsig and linear (purelin) transfer functions were used in hidden and output layers (Vogl et al., 1988).

## 2.7. Classification with Artificial Neural Networks

There were 10 classes in the method of image taking from the ground, while there were 4 classes in the method of remote image taking with drone. Feed Forward Back Propagation network structure was used in the classification of output parameters (Jacobs, 1988; Minai and Williams, 1990). Levenberg-Marquardt (TrainLM) and Scaled Conjugate Gradient (TrainSCG) training algorithms were used (Levenberg, 1944; Marquardt, 1963). Hyperbolic Sigmoid Tangent was used in the hidden layer, while Softmax Transfer function was used in the output layer (Bishop, 1995).

In the ANN model of image taking from the ground method (MCITG), 117 data were used for training, 32 data were used for validation and 51 data were used for testing. In the ANN model of remote image taking with drone method (MCRITD), 30 data were used for training, 5 data were used for validation and 15 data were used for testing.

The classification was grouped into two; “accurate” and “inaccurate”. The neuron number of the output layer of ANN was chosen as the number of classes. While the network was trained with the training set, the over-learning status was prevented by checking with the validation set. The success of the network was checked with test set.

Models with single hidden layer were tested in this study. The optimum number of neurons was found by increasing the number of neurons in the hidden layer (Taner et al., 2010). The networks were compared by increasing the number of neurons 10 times, from 10 to 100. Ten more trials were made, ranging from five less neurons to five more neurons of the network that passed the test with minimum errors. Next, the network with the lowest error was chosen.

After the training of the network was successfully terminated, the network was tested with test data (Kalogirou, 2001). The success of ANN models was determined with the total error value of the network. Error Matrix was used to express the success of the network numerically (Bishop, 1995).

## 2.8. Determining the Performance of Estimation Models

In order to find out the performances of the results, RMSE and R2 values, which are based on mean error concept and which are widely used, were calculated with the following formulas (Bechtler et al., 2001).

$$\text{RMSE} = \left( \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (x_{1i} - x_i)^2 \right)^{1/2} \quad (2)$$

$$R^2 = 1 - \left[ \left( \sum_{i=1}^m (x_{1i} - x_i)^2 \right) / \left( \sum_{i=1}^m (x_{1i})^2 \right) \right] \quad (3)$$

The relative error between the actual values and estimated values was calculated with the help of the following equation (Bağırkan, 1993).

$$\varepsilon = \frac{100}{m} \sum_{i=1}^m \left| \frac{(x_i - x_{1i})}{x_{1i}} \right| \tag{4}$$

### 2.9. Assessment of Classification Success

Classification success is generally determined with the total error value of the network. For success in classification networks, it must be shown whether the specific classification was done correctly. Error matrix was used to express the state of success numerically (Figure 4). Accuracy (A), sensitivity (S), precision (P) and F score calculations were used (Gribskov and Robinson, 1996) to evaluate the classification networks.

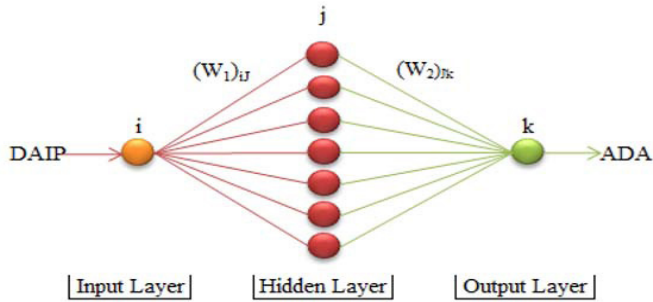
Prediction	1	NTP	NFP	$P = \frac{NTP}{NTN + NFP}$
		NTP/T	NFP/T	$\frac{NFP}{NTP + NFP}$
	2	NFN	NTN	$\frac{NTN}{NTN + NFN}$
		NFN/T	NTN/T	$\frac{NFN}{NTN + NFN}$
		$S = \frac{NTP}{NTP + NFN}$	$\frac{NTN}{NTN + NFP}$	$A = \frac{NTP + NTN}{T}$
		$\frac{NFN}{NTP + NFN}$	$\frac{NFP}{NTN + NFP}$	$\frac{NFP + NFN}{T}$
		1	2	$F\ score = 2 \frac{P.S}{P+S}$
		Observation		

Figure 4. Error matrix.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1. ANN model in image taking from the ground (MEITG)

In the ANN model, the structure of the network is (1-7-1), and it was designed as 1 input layer, 1 hidden layer and 1 output layer (Figure 5). Levenberg-Marquardt training algorithm was used for the training of the network. The best results were obtained by using tansig transfer function at the hidden layer and by using purelin transfer function at the output layer in the hidden structure of the network. The lowest training error value was obtained at 537 epoch number for the network.



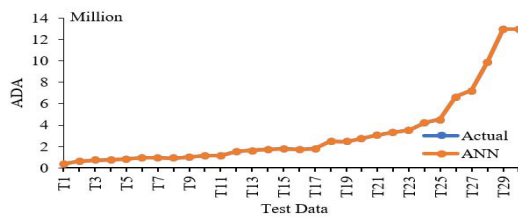
**Figure 5.** Network structure of MEITG.

Performance values of MEITG model were obtained at the hidden layer with 7 neurons with the lowest relative error. In the obtained ANN model, while  $R^2$  value was found as 0.999999 and RMSE value was found as 0.000007 for training,  $R^2$  value was found as 0.999999 and RMSE value was found as 0.000017 for test (Table 1).

**Table 1.** MEITG performance values.

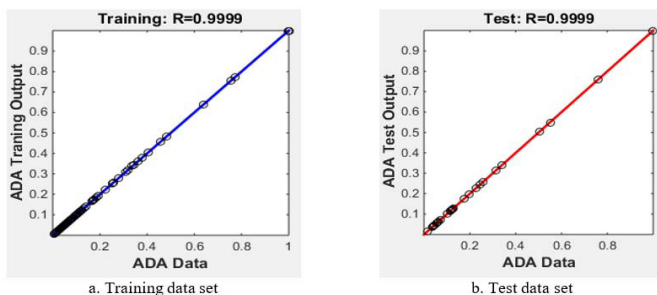
Number of Neurons	Training		Validation		Test	
	RMSE	$R^2$	RMSE	$R^2$	RMSE	$R^2$
7	0.000007	0.999999	0.000405	0.999998	0.000017	0.999999

ADA test data set and ANN estimated values were compared. It was found that the test data results obtained from MEITG model were compatible with the ADA data (Figure 6).



**Figure 6.** Actual and estimated test data of the diseased areas in image taking from ground.

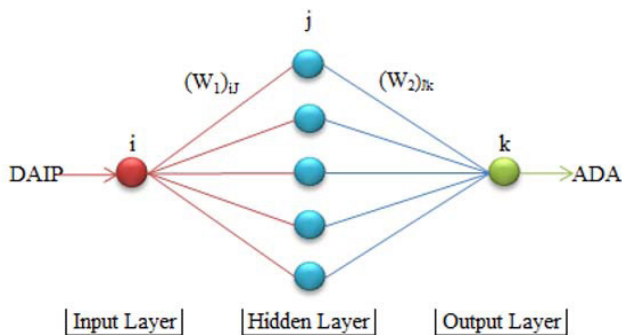
Estimated values of ADA data were obtained with the developed MEITG model. The results obtained from ANN model and ADA results were compared with each other. The coefficient ( $R^2$ ) of the relationship between these test data was found as 99.99% (Figure 7). An average relative error value of 0.019% was obtained between ADA data and test data obtained from ANN model.



**Figure 7.** Regression analysis for training and test sets in in image taking from ground.

### 3.2. ANN Model in Remote Image Taking with Drone Method (MERITD)

In ANN model, the structure of the network is (1-5-1) and it was designed as 1 input layer, 1 hidden layer and 1 output layer (Figure 8). Levenberg-Marquardt training algorithm was used for the training of the network. In the structure of the network, tansig was used in the hidden layer, while purelin transfer functions were used in the output layer. The lowest training error value was obtained at 943 epoch number for the network.



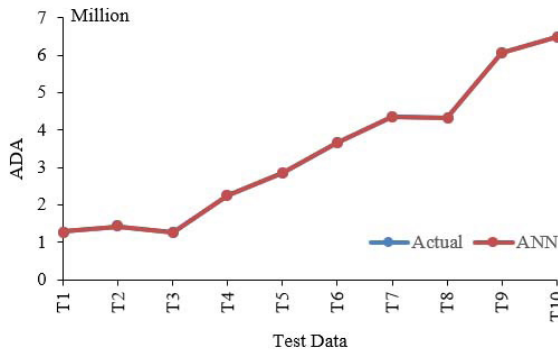
**Figure 8.** Network structure of MERITD.

Performance values of MERITD model were obtained at the hidden layer with 5 neurons with the lowest relative error. In the ANN model obtained, while  $R^2$  value was found as 0.999999 and RMSE value was found as 0.0000005 for training,  $R^2$  value was found as 0.999999 and RMSE value was found as 0.000007 for test (Table 2).

**Table 2.** MERITD performance values.

Number of Neurons	Training		Validation		Test	
	RMSE	R <sup>2</sup>	RMSE	R <sup>2</sup>	RMSE	R <sup>2</sup>
5	0.0000005	0.999999	0.000004	0.999999	0.000007	0.999999

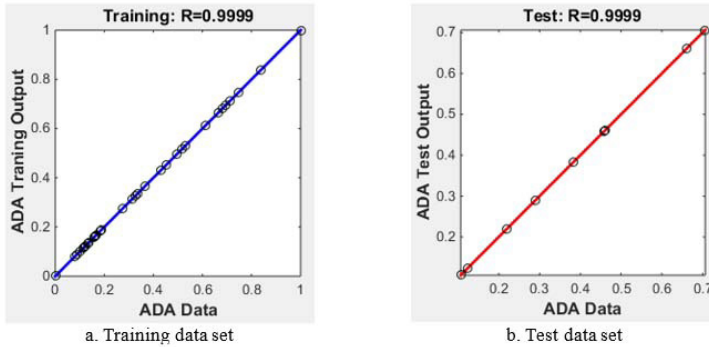
ADA test data set and ANN estimation values were compared. It was found that the test data results obtained from MERITD model were compatible with the ADA data (Figure 9).



**Figure 9.** Actual and estimated test data of diseased areas in remote image taking with drone.

With the help of the developed MERITD model, estimated values of ADA data were obtained. The results obtained from ANN model and ADA results were compared with each other. The coefficient of the relationship between these test data ( $R^2$ ) was found as 99.99% (Figure 10). 0.002% average relative data was found between ADA data and the test data obtained from ANN model.





**Figure 10.** Regression analysis for training and test sets in remote image taking with drone.

### 3.3. Classification in Image Taking from the Ground Method (MCITG)

There were 2 independent variables and 10 dependent variables in this study. Feed Forward Backpropagation, Levenberg-Marquardt training algorithm, and as transfer function Hyperbolic Sigmoid Tangent function in the hidden layer and Softmax functions in the output layer were used in the classification with ANN. The networks were trained with training set, they were checked with the validation set and the training was terminated before the training was overlearned. The success of the network was checked with the test set. Termination cycle limit of the training algorithm was chosen as 1000 and validation was made in all trainings. 6 consecutive validation errors were set as the criterion to terminate training and the training was set to stop when the calculated training error became 0.

Networks were initially trained by increasing the number of neurons from 10 to 100 by 10. By re-training from the 5 lower and 5 higher of the best result found here, it was found that the network with 25 neurons gave the best result at 286 epoch number. In the training set, 111 of the 117 data were classified correctly, while 6 were classified incorrectly and an accuracy of 94.9% was obtained. In the test set, 47 of the 51 data were correct, 4 were classified incorrectly and an accuracy of 92.2% was obtained (Table 3). Disease severity in this model was found as 18.61%.

**Table 3.** Test set classification results of MCITG.

Prediction	C1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	100.0%
		11.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	C2	8	1	0	0	0	0	0	0	0	88.9%
		0.0%	14.5%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	11.1%
	C3	7	0	0	0	0	0	0	0	0	100.0%
		0.0%	0.0%	13.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	C4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	100.0%
		0.0%	0.0%	0.0%	11.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	C5	2	6	0	1	0	0	0	0	0	66.7%
		0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	11.1%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	33.3%
C6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	100.0%	
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
C7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	100.0%	
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
C8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	100.0%	
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.3%	0.0%	0.0%	
C9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	100.0%	
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.8%	0.0%	
C10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	100.0%	
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	8.5%	0.0%	
MCITG	100%	100%	88%	67%	100%	100%	67%	100%	100%	100%	92.2%
	0.0%	0.0%	12.5%	33.3%	0.0%	0.0%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%	7.8%
Classes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	Test

**3.4. Classification in Remote Image Taking with Drone (MCRITD)**

There were 2 independent variables and 4 dependent variables in this study. Feed Forward Backpropagation, Levenberg-Marquardt training algorithm, and as transfer function Hyperbolic Sigmoid Tangent function in the hidden layer and Softmax functions in the output layer were used in the classification with ANN.

Networks were initially trained by increasing the number of neurons from 10 to 100 by 10. By re-training from the 5 lower and 5 higher of the best result found here, it was found that the network with 44 neurons gave the best result at 18 epoch number. In the training set, all of the 30 data were classified correctly, and an accuracy of 100% was obtained. In the test set, all of the 15 data were classified correctly, and an accuracy of 100% was obtained (Table 4). Disease severity in this model was obtained as 27.73%.

**Table 4.** Test set classification results of MCRITD.

Prediction	C1	2	0	0	0	100.0%
		13.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	C2	5	0	0	0	100.0%
		0.0%	26.7%	0.0%	0.0%	0.0%
C3	4	0	0	0	100.0%	
	0.0%	0.0%	26.7%	0.0%	0.0%	
C4	4	0	0	0	100.0%	
	0.0%	0.0%	0.0%	30.0%	0.0%	
MCRITD	100%	100%	100%	100%	100%	100.0%
	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Classes	C1	C2	C3	C4	Test	

Classification was made with ANN and performance was evaluated (Table 5). Sensitivity and accuracy values were found to be very high in both training and test sets for MCITG. F Score was also found to be high enough. Since classification was obtained with 100% accuracy in MCRITD, performance values gave the highest value.

**Table 5.** Comparison of Model performances.

Set	Model	Accuracy	Sensitivity	Precision	F Score
Training	MCITG	0.9487	0.9397	0.9517	0.9457
Test		0.9216	0.9208	0.9556	0.9379
Training	MCRITD	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Test		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Accuracy alone is insufficient to show the success of the classification model. While evaluating the classification success of the models, both sensitivity and precision should be taken into consideration together. High sensitivity and precision are expected from a successful classification model. F score is an important parameter for evaluating sensitivity and precision together. When evaluated in general, it was found that both models were reliable enough to be used.

Many studies have been carried out using ANN to detect rice leaf blight disease. In these studies, the success of detecting the disease was 79.71% (Billah et al., 2007), 70% (Phadikar and Sil, 2008), 95.48% (Yang et al., 2017), 99% (Ramesh and Vydeki, 2019).

#### 4. CONCLUSION

Image processing and ANN are valuable methods that can be used in theory and practice in the field of agriculture. In the present study, both methods were used together and an innovative approach was presented to develop the estimation and classification skills of ANN.

Of the ANN-based models proposed, MCITG could successfully classify 10 disease classes through image recognition, while MCRITD could effectively classify 4 disease classes. In areas with rice leaf blight disease, it was found that the proposed ANN models (MEITG and MERITD) could identify the diseased areas accurately and effectively. These models have a good training performance and recognition ability.

It would be appropriate to increase the number of high-quality images to increase the identification accuracy of rice diseases further. In addition, it may also be suggested to make use of other neural network architectures and deep learning algorithms.

### Author Contribution Rates

Design of Study (Çalışmanın Tasarlanması): OS (%40), AT (%60)

Data Acquisition (Veri Toplanması): OS (%50), AT (%50)

Data Analysis (Veri Analizi): OS (%20), AT (%80)

Writing up (Makalenin Yazımı): OS (%40), AT (%60)

Submission and Revision (Makalenin Gönderimi ve Revizyonu): OS (%20), AT (%80)

### REFERENCES

- Abed-Ashtiani, F., Kadir, J.B., Selamat, A.B., Hanif, A.H.B., Nasehi, A., 2012. Effect of foliar and root application of silicon against rice blast fungus in mr219 rice variety. *Plant Pathology Journal*, 28: 164-171.
- Ağın, O., Taner, A., 2015. Determination of weed intensity in wheat production using image processing techniques. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 30: 110-117.
- Alvaro, D.M., Lanier, N.L., Greg, T., 2018. The implications of red rice on food security. *Global Food Security*, 18: 62-75.
- Anonymous., 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations Classifications and Standards. <http://www.fao.org/economic/ess/ess-standards>.
- Astonkar, S.R., Shandilya, V.K., 2018. Detection and analysis of plant diseases using image processing. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 5 (4): 3191-3.
- Bağırkan, Ş., 1993. *Statistical analysis*. Bilim Teknik Publishing House P: 301. İstanbul, Turkey [in Turkish].
- Barbedo, J.G.A., Koenigkan, L.V., Santos, T.T., 2016. Identifying multiple plant diseases using digital image processing. *Biosystems Engineering*, 147: 104-116.
- Bechtler, H., Browne, M.W., Bansal, P.K., Kecman, V., 2001. New approach to dynamic modelling of vapour-compression liquid chillers: artificial neural networks. *Applied Thermal Engineering*, 21: 941-53.
- Bera, T., Das, A., Sil, J., Das, A.K., 2019. A survey on rice plant disease identification using image processing and data mining techniques. In *emerging technologies in data mining and information security*, Springer, Singapore. pp. 365-376.
- Billah, M.M., Islam, M.P., Rahman, M.G., 2007. Identification of rice diseases using artificial neural network. *Journal of the Bangladesh Society for Agricultural Science and Technology*, 4: 189-194.
- Bishop, C.M., 1995. *Neural network for pattern recognition*. Clarendon Press, Oxford, Birmingham, UK.
- Bonman, J.M., 1992. Rice Blast. In: *Compendium of rice diseases*. Eds. r.k. webster and p.s. gunnel. American Phytopathological Society Press. St. Paul, Minnesota. USA. Pages 14-18.
- Daskalov, P., Kirilova, E., Georgieva, T., 2018. Performance of an automatic inspection system for classification of Fusarium Moniliforme damaged corn seeds by image analysis. 22nd International Conference on Circuits, Systems, Communications and Computers, MATEC Web of Conferences, 210, 02014.
- Devi, T. G., Neelamegam, P., 2018. Image processing based rice plant leavesdiseases in Thanjavur Tamilnadu. *Cluster Computing*. 22: 13415-13428.
- Dubey, B.P., Bhagwat, S.G., Shouche, S.P., Sainis, J.K. 2006. Potential of artificial neural networks in varietal identification using morphometry of wheat grains. *Biosystems Engineering*, 95: 61-67.

- El-kazzaz, M.K., Salem, E.A., Ghoneim, K.E., Elsharkawy, M.M., El-Kot, G.A.E.N., Kalboush, Z.A.E., 2015. Integrated control of rice kernel smut disease using plant extracts and salicylic acid. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 48 (8): 664-675.
- Elmaci, A., 2012. Studies on the prevalence, incidence and severity of rice blast disease (*pyricularia oryzae cavara*) in the south marmara region. Master's thesis. Ege University, Department of Plant Protection, 55, Izmir-Turkey.
- Feakin, S.D., 1971. Pest control in rice. *Pans Manual No:3*, 270.
- Göbelez, M., 1953. Roasting of black sea paddy (*pyricularia oryzae bri. cav*). *Tomurcuk* 22: 12-13. [in Turkish].
- Gonzalez, R.C., Woods, R.E., 2008. *Digital image processing*. Pearson International Edition, Pearson Prentice Hall, United States of America, ISBN: 0-13-168728-x 978-0-13-168728-8.
- Gribskov, M., Robinson, N.L., 1996. Use of receiver operating characteristic (ROC) analysis to evaluate sequence matching. *Computers Chemistry*, 20 (1): 23-33.
- Husin, Z., Shakaff, A.Y.M., Aziz, A.H.A., Farook, R.S.M., Jaafar, M.N., Hashim, U., Harun, A., 2012. Embedded portable device for herb leaves recognition using image processing techniques and neural network algorithm. *Computers and Electronics in Agriculture*, 89: 18-29.
- Islam, T., Sah, M., Baral, S., Choudhury, R.R., 2018. A faster technique on rice disease detection using image processing of affected area in agro-field. In: *In: Proc. Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies*. p. 62-66.
- Jacobs, R.A., 1988. Increased Rate of Convergence Through Learning Rate Adaptation. *Neural Networks*, 1 (4): 295-307.
- Juliano, B.O., 1985. *Rice chemistry and technology*. 2 nd ed. St. Paul, MN, USA, AACCI International, pp. 774.
- Kalogirou, S.A., 2001. Artificial neural networks in there new able energy systems applications: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 5: 373-401.
- Kamal, M.M., Masazhar, A.N.I., Rahman, F.A., 2018. Classification of leaf disease from image processing technique. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 10 (1): 191-200.
- Khush, G.S., 2005. What it will take to feed 5.0 billion rice consumers in 2030. *Plant Molecular Biology*, 59: 1-6.
- Kihoro, J., Bosco, N.J., Murage, H., Ateka, E., Makihara, D., 2013. Investigating the impact of rice blast disease on the livelihood of the local farmers in greater Mwea region of Kenya. *Springer plus*. 2 (1): 308.
- Kim, D.Y., Kadam, A., Shinde, S., Saratale, R.G., Patra, J., Ghodake, G., 2018. Recent developments in nanotechnology transforming the agricultural sector: a transition replete with opportunities. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 98 (3): 849-864.
- Levenberg, K., 1944. A method for the solution of certain nonlinear problems in least squares. *Quarterly of Applied Mathematics*, 2: 164-168.
- Liu, L., Zhou, G., 2009. Extraction of the rice leaf disease image based on BP neural network. In: *International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering*, IEEE, pp. 1-3.
- Mahlein, A.K., 2016. Plant disease detection by imaging sensors-parallels and specific demands for precision agriculture and plant phenotyping. *Plant Disease*, 100 (2): 241-51.
- Marquardt, D.W., 1963. An algorithm for least-squares estimation of nonlinear parameters. *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics*. 11: 431-441.
- Minai, A.A., Williams, R.D., 1990. Back-Propagation Heuristics: a Study of The Extended Delta-bar-delta Algorithm *International Joint Conference on Neural Networks*. 1: 595-600, San Diego, CA, USA.
- Mohanty, S.P., Hughes, D.P., Salathé, M., 2016. Using deep learning for image-based plant disease detection. *Frontiers in Plant Science*, 7 (1419): 1-10.
- Öztürk, D., Akçay, Y., 2010. A General Evaluation of Rice Production in Southern Marmara Region. *Journal of Agricultural Faculty of Tokat Gaziosmanpaşa University*, 27 (2): 61-70.
- Pantazi, X.E., Moshou, D., Tamouridou, A.A., 2019. Automated leaf disease detection in different crop species through image features analysis and one class classifiers. *Computers and Electronics in Agriculture*, 156: 96-104.
- Patricio, D.I., Rieder, R., 2018. Computer vision and artificial intelligence in precision agriculture for grain crops: a systematic review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 153: 69-81.
- Phadikar, S., Sil, J., 2008. Rice disease identification using pattern recognition techniques. In: *11th International Conference on Computer and Information Technology*, IEEE, pp. 420-423.
- Pinki, F.T., Khatun, N., Islam, S.M.M., 2017. Content based paddy leaf disease recognition and remedy prediction

- using support vector machine. In: Proc. 20th International Conference of Computer and Information Technology (ICCIT), 22-24 December, p.1-5.
- Prajapati, H.B., Shah, J.P., Dabhi, V.K., 2017. Detection and classification of rice plant diseases. *Intelligent Decision Technologies*, 11 (3): 357-373.
- Purushothaman, S., Srinivasa, Y.G., 1994. A back-propagation algorithm applied to tool wear monitoring. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 34 (5): 625-631.
- Ramesh, S., Vydeki, D., 2019. Application of machine learning in detection of blast disease in South Indian rice crops. *Journal of Phytology*, 11: 31-37.
- Roy-Barman, S., Chattoo, B.B., 2005. Rice blast fungus sequenced. *Current Science*, 89: 930-931.
- Shrivastava, V.K., Pradhan, M.K., Minz, S., Thakur, M.P., 2019. Rice plant disease classification using transfer learning of deep convolution neural network. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLII-3/W6, 631-635.
- Singh, A.K., Ganapathysubramanian, B., Sarkar, S., Singh, A., 2018. Deep learning for plant stress phenotyping: trends and future perspectives. *Trends in Plant Science*, 23 (10): 883-98.
- Singh, V., Misra, A.K., 2017. Detection of plant leaf diseases using image segmentation and soft computing techniques. *Information Processing in Agriculture*, 4 (1): 41-49.
- Sladojevic, S., Arsenovic, M., Anderla, A., Culibrk, D., Stefanovic, D., 2016. Deep neural networks based recognition of plant diseases by leaf image classification. *Comput Intell Neurosci*, 1-11.
- Sürek, H., 1995. Disease of rice in Turkey. In the Proceeding of Rice Diseases in The Mediterranean Region and Breeding for Resistance, 15-17 May 1995, Montpellier, France. *Cahiers Options Mediterranennes*. 15 (3): 45-47.
- Sürek, H., 2002. *Paddy farming*. Hasad Press, Istanbul, Turkey. [in Turkish].
- Taner, A., Gültekin, S.S., Çarman, K., 2010. Prediction of the parameters radial centrifugal pumps with artificial neural networks. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 24 (1): 28-38. [in Turkish].
- Verma, D. K., Shukla, K., 2011. Nutritional Value of Rice and Their Importance. *Journal of Indian Farmers' Digest*, 44 (1): 21-35.
- Visen, N.S., Paliwal, J., Jayas, D.S., White, N.D.G., 2002. Specialist neural Networks for cerealgrain classification. *Biosystems Engineering*, 82: 151-159.
- Vogl, T.P., Mangis, J.K., Rigler, A.K., Zink, W.T., Alkon, D.L., 1988. Accelerating the convergence of the backpropagation method. *Biological Cybernetics*, 59: 257-263.
- Xionsg, Z.Y., Zhang, S.J., Ford-Lloyd, B.V., Jin, X., Wu, Y., Yan, H.X., Liu, P., Yang, X., Lu, B.R., 2011. Latitudinal distribution and differentiation of rice germplasm: its implications in breeding. *Crop Science*, 51 (3): 1050-1058.
- Yamamoto, K., Togami, T., Yamaguchi, N., 2017. Super-resolution of plant disease images for the acceleration of image-based phenotyping and vigor diagnosis in agriculture. *Sensors*, 17 (11): 2557.
- Yang, L., Shujuan, Y., Nianyin, Z., Yurong, L., Yong, Z., 2017. Identification of rice diseases using deep convolutional neural networks. *Neurocomputing*, 267: 378-384.
- Yusof, M.M., Rosli, N.F., Othman, M., Mohamed, R., Abdullah, M.H.A., 2018. M-DCocoa: M-agriculture expert system for diagnosing cocoa plant diseases. In: Ghazali R., Deris M., Nawi N., Abawajy J. (eds) *Recent Advances on Soft Computing and Data Mining*. 363-371.





# Placental Traits, and Plasma Concentration and Placental mRNA Expression of IGF-I in Bafra Sheep Breed with Different Birth Type

Farklı Doğum Tipine Sahip Bafra Irkı Koyunlarda Plasental Özellikleri ve IGF-I'in Plazma Konsantrasyonu ve Plasental mRNA Ekspresyonu

Uğur ŞEN<sup>1</sup>, Ömer KAYA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Samsun  
• [ugur.sen@omu.edu.tr](mailto:ugur.sen@omu.edu.tr) • ORCID > 0000-0001-6058-1140

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Samsun  
• [omerkayaomerkaya135@gmail.com](mailto:omerkayaomerkaya135@gmail.com) • ORCID > 0000-0003-0017-7706

## Makale Bilgisi / Article Information

**Makale Türü / Article Types:** Araştırma Makalesi / Research Article

**Geliş Tarihi / Received:** 17 Kasım / November 2021

**Kabul Tarihi / Accepted:** 17 Aralık / December 2021

**Yıl / Year:** 2022 | **Cilt – Volume:** 37 | **Sayı – Issue:** 2 | **Sayfa / Pages:** 361-372

**Atıf/Cite as:** Şen, U. ve Kaya, Ö. "Placental Traits, and Plasma Concentration and Placental mRNA Expression of IGF-I in Bafra Sheep Breed with Different Birth Type". *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 37(2), June 2022: 361-372.

**Sorumlu Yazar / Corresponding Author:** Uğur Şen



## PLACENTAL TRAITS, AND PLASMA CONCENTRATION AND PLACENTAL MRNA EXPRESSION OF IGF-I IN BAFRA SHEEP BREED WITH DIFFERENT BIRTH TYPE

### ABSTRACT:

Insulin-like growth factors (IGF) promote follicle development, ovulation, and embryonic development and affect placental and fetal growth and development in many mammalian species. Therefore, this study aims to determine the relationship between birth type, plasma concentration, and placental mRNA expression of IGF-I in Bafra ewes. A total of 30 ewes with single (n=15) or twin (n=15) gestation and at least 2 offspring were used as experimental animals. Before mating, blood samples were collected from the jugular vena of all ewes. Following lambing, birth type, live weight, and sex of lambs and placental traits have been recorded. A commercial ELISA kit was used to measure plasma IGF-I concentration levels. IGF-I gene expression level has been determined by real-time quantitative polymerase chain reaction. No difference was observed between single and twin-bearing sheep in terms of placental weight and various cotyledon characteristics in the study. In contrast, total cotyledon weights were lower in singleton gestation those in twins ( $P<0.05$ ). Similarly, the total and medium cotyledon number and cotyledon efficiency of Bafra ewes with single deliveries were lower than Bafra sheep with twin births ( $P<0.05$ ). Although the birth type had no effect on both placental gene expression level and plasma concentration of IGF-I, sheep that gave birth to twins exhibited 0.908 times more gene expression than those which gave single births. The study results showed that birth type did not affect plasma IGF-I concentration and placental IGF-I gene expression level in Bafra sheep breed but changed placental characteristics.

**Keywords:** *IGF-I, Gene Expression, Placenta, Birth Type, Fetal Development.*



## FARKLI DOĞUM TİPİNE SAHİP BAFRA IRKI KOYUNLARDA PLASENTAL ÖZELLİKLERİ VE IGF-I'İN PLAZMA KONSANTRASYONU VE PLASENTAL MRNA EKSPRESYONU

### ÖZ:

İnsülin benzeri büyüme faktörleri (IGF), birçok memeli türünde folikül gelişimini, ovülasyonu ve embriyonik gelişimi destekler ve plasental ve fetal büyüme ve gelişmeyi etkiler. Bu nedenle, bu çalışmada Bafra koyunlarında doğum tipi, plazma konsantrasyonu ve IGF-I'in plasental mRNA ekspresyonu arasındaki ilişkinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Deney hayvanı olarak tekiz (n=15) veya ikiz (n=15) gebeliği olan ve en az 2. doğumunu yapmış toplam 30

baş koyun kullanılmıştır. Çiftleşmeden önce tüm koyunların jugular vena'sından kan örnekleri alınmıştır. Kuzulamadan hemen sonra doğum tipi, canlı ağırlık, cinsiyet ve plasenta özellikleri belirlenmiştir. Plazma IGF-I konsantrasyonu, ticari bir ELISA kiti kullanılarak belirlenmiştir. IGF-I gen ekspresyon seviyesi, gerçek zamanlı kantitatif polimeraz zincir reaksiyonu ile belirlenmiştir. Çalışmada plasenta ağırlığı ve çeşitli kotiledon özellikleri açısından tekiz ve ikiz koyunlar arasında bir farklılık tespit edilmemiştir. Ancak, toplam kotiledon ağırlıkları tekiz gebelerde ikizlere göre daha düşüktü ( $P<0.05$ ). Benzer şekilde, tekiz doğum yapan Bafra koyunlarının toplam ve orta kotiledon sayısı ve kotiledon verimi, ikiz doğum yapan Bafra koyunlarından daha düşüktü ( $P<0.05$ ). Doğum tipi, hem plasental gen ekspresyon seviyesini hem de IGF-I'nin plazma konsantrasyonunu etkilemese de, ikiz doğuran koyunlar, tekizlere göre 0.908 kat daha fazla gen ekspresyonu sergiledi. Sonuç olarak, Bafra koyun ırkında doğum tipinin plazma IGF-I konsantrasyonunu ve plasental IGF-I gen ekspresyon düzeyini etkilemediğini, ancak plasenta özelliklerini değiştirdiği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** IGF-I, Gen Ekspresyonu, Plasenta, Doğum Tipi, Fötal Gelişim.



## 1. INTRODUCTION

Bafra sheep is a crossbreed of Chios (75%) and Karayaka (25%) sheep breeds (Yakan and Unal, 2010). Body-color is white and covered with fleece. Black spots are seen around the mouth, eyes, and ears. They are generally raised in the middle of the Black Sea Region and are well suited to the harsh climate, poor pasture, and severe climatic conditions. Lambs of Bafra breeds are grown for meat production (Yakan, 2008; Yakan and Unal, 2010). Average live weight is 62 kg, height at withers 68 cm, body length 71 cm (Yakan, 2008).

Except for their role in cell metabolism, proliferation, and differentiation, Insulin-Like Growth Factors I (IGF-I) has the greatest impact on reproductive processes. IGF-I is particularly important in fetal and postnatal development (Igwebuike, 2010). Previous studies have found the presence of the IGF family in the uterus and placenta of sheep (Stevenson et al., 1994; Reynolds et al., 1997). Watson et al. (1994) reported the presence of mRNAs for IGF-I in sheep embryos throughout preimplantation development from the post-fertilization zygote stage to the blastocyst stage. Similarly, Stevenson and Wathes (1996) showed that the expression of mRNA for IGF-I was maximal in the mucosal layer of the oviduct within which early embryonic development takes place.

IGF-I plays an important role in the division and proliferation of IGF-I granulosa cells and increases the capacity of FSH and LH to bind to their receptors in granulosa cells (Behl and Kaul 2002; Mazerbourg and Monget, 2018). It also

shows that IGFs have a synergistic effect on the induction of granulosa cells by providing FSH regulation (Behl and Kaul 2002; Mazerbourg and Monget, 2018). IGF- I is the most thoroughly evaluated amongst the various growth factors being investigated for their role in ovarian follicular dynamics in the mammals (Hastie and Haresign, 2006). Previous studies have shown that IGF-I regulates its effects on ovarian activity or follicular development either alone or in harmony with gonadotropins secreted from the pituitary gland (Behl and Kaul, 2002; Mazerbourg and Monget, 2018). In addition, IGF-I increases the activity of gonadotropin hormones by affecting granulosa and theca cells in the ovarian follicles (Taketani et al., 2008).

IGF-I is an important factor that promotes follicle and oocyte development, ovulation and embryonic development in many mammalian species (Behl and Kaul 2002; Mazerbourg and Monget, 2018). Additionally, the gene expression level of IGF-I, which is associated with cell proliferation in placental tissue, may affect placental and fetal growth and development (Igwebuike, 2010). Therefore, the aim of this study is to determine the relationship between birth type, placental characteristics, plasma concentration and placental mRNA expression of IGF-I in Bafra ewes.

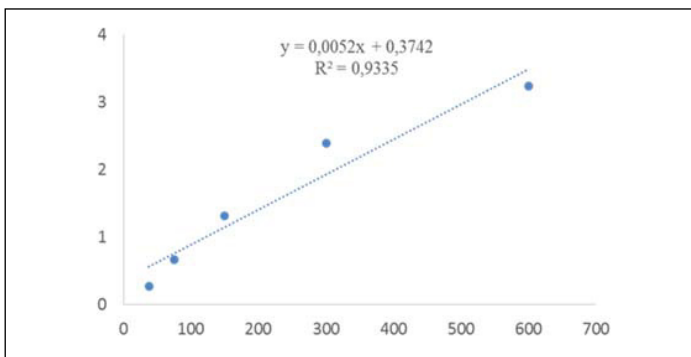
## 2. MATERIAL AND METHODS

The experimental procedures were approved by the Local Animal Care and Ethics Committee of Ondokuz Mayıs University, Samsun, Turkey, ensuring compliance with EC Directive 86/609/EEC for animal experiments (Date: July 10, 2018, Approve number: 68489742-604-E.15277). A total of 30 Bafra ewes, which have single (n=15) or twin (n=15) gestation and at least 2 offspring, have been used as experimental animals in the present study.

Approximately 10 ml of blood was taken from the jugular vein using a vacutainer in sterile heparin tubes 1 day before mating from all ewes used in the experiment. Collected blood was centrifuged at 3400 rpm for 10 minutes at 4 °C and plasma samples were stored at -20 °C until analysis of Insulin-Like Growth Factor I (IGF-I). All ewes were submitted to natural mating and housed under the same conditions. Following lambing, birth type, live weight and sex of lambs were recorded within 12 h after parturition. Each ewe was left to deliver the placenta naturally and placentas were collected from single or twin gestations immediately after delivery; care was taken to ensure that any placental weight (PW) taken were of the total placenta with any fluid being removed before weighting. The cotyledon samples to be used in RNA isolation from the collected placenta were isolated, weighed and stored at -80 °C until analysis of the placental IGF-I gene expression. Furthermore, the total cotyledon numbers (TCN) and total cotyledon weights (TCW) of placental cotyledons dissected from the chorioallantois were also counted and determined. The diameter of cotyledon were measured with a

digital compass and divided into three categories as small (<20 mm diameter), medium (20-30 mm diameter) and large (>30 mm diameter). The total cotyledon surface area (TCSA) was calculated after the measurements of all the cotyledons in each placenta as  $\text{cm}^2$  with the following formula: radius squared of cotyledon  $[\frac{((\text{CWi} + \text{CL}) / 4)^2}{4}] \times 3.14 (\pi) \times \text{TCN}$ . PE was calculated as the ratio of kid BW to PW for each doe (Sen and Onder 2016). Additionally, placental efficiency (PE; lamb BW / PW), cotyledon efficiency (CE; lamb BW / TCSA) and cotyledon density (CD; TCN / PW) were calculated for each ewe.

Pre-mating plasma IGF-I concentrations of sheep with different birth types were determined using the commercial ELISA kit (SunRed, sheep IGF-I ELISA kit) in accordance with the test procedure recommended in the kit. IGF-I concentrations in plasma samples were determined by using an ELISA reader (ThermoScientific) device adjusted to 450 nm wavelength. In the reading process, the device was zeroed according to the control (blind) wells and then the measurement process was performed. The concentration of IGF-I in plasma samples was calculated according to the concentration of the standards and their respective OD (optical density) values using the standard linear regression curve equation (Figure 1).



**Figure 1.** Standard linear regression curve for calculation of the plasma IGF-I concentration

A commercial RNA kit (NucleoSpin® RNA kit) was used for RNA isolation in cotyledon samples and the process was carried out as recommended by the manufacturer of the commercial kit. After genomic DNA was eliminated by digestion with DNase I (Thermo Scientific, Waltham, USA), the RNA quality and quantity were determined using NanoDrop 2000 (Thermo Scientific, Waltham, USA), all RNA samples showed A260/A280 values within the range of 2.01 to 2.08 and A260/ A230 values above 2. Commercial cDNA kit (BIORAD iScript cDNA, 1708890) and Thermal Cycler (BIORAD) device were used for cDNA synthesis and the analysis was done as recommended by the manufacturer of the commercial kit. Primer and reference gene base sequences in the 5' and 3'

directions used in Real-Time PCR are shown in Table 1.

SerialNo	Oligonucleotide Name	Base Sequence 5' -3'
20191003-79	Primerpair 1-F	ATGGGCATTTCCCAATGA
20191003-80	Primerpair 1-R	GCAATCTACCAACTCCAGGGT
20191003-81	Primerpair 1-exon 2-F	TCATCTTCTCTGGGTCCTT
20191003-82	Primerpair 1-exon 2-R	GTCACCTACACACCTTGTTC
20191003-83	GAPDH-F	GCAAGTTCCACGGCACAG
20191003-84	GAPDH-R	TCAGCACCAGCATCACCC

**Table 1.** Primer and reference gene base sequences in the 5 'and 3' directions used in Real-Time PCR

In detail, the PCR was carried out in a reaction system of the total volume of 50  $\mu\text{L}$  containing 25  $\mu\text{L}$  premix Taq<sup>TM</sup>, 17.5  $\mu\text{L}$  0.1% 114 DEPC water, 2.5  $\mu\text{L}$  forward primers (10  $\mu\text{mol/L}$ ), 2.5  $\mu\text{L}$  reverse primers (10  $\mu\text{mol/L}$ ) and 2.5  $\mu\text{L}$  cDNA template. PCR procedure was carried out as follows: 98 °C for 4 min, followed by 32 cycles of 98 °C for 40 s, 60 °C for 40 s, 65°C for 30 s, and then 90 °C extension for 10 min, finally 4 °C to terminate the reaction. Relative quantification of all transcripts was performed by qRT-PCR using the real-time PCR system. Real-time quantitative PCRs were run with SYBR Premix Ex Taq<sup>TM</sup> II. The reaction system was in a total volume of 10  $\mu\text{L}$  containing 5  $\mu\text{L}$  2  $\times$  SYBR Premix Ex Taq II, 0.4  $\mu\text{L}$  forward primer (10  $\mu\text{mol/L}$ ), 0.4  $\mu\text{L}$  reverse primer (10  $\mu\text{mol/L}$ ), 0.2  $\mu\text{L}$  50  $\times$  ROX Reference Dye, 3  $\mu\text{L}$  0.1% DEPC water and 1  $\mu\text{L}$  template cDNA. PCR amplification was carried out as follows: a denaturation of 98 °C for 30 s, followed by 40 cycles of 98 °C for 5 s, specific annealing temperature 60°C for 30 s. The  $2^{-\Delta\Delta\text{Ct}}$  method was used to analyze the mRNA expression levels.

The effects of birth type on placental characteristics and plasma concentration and placental mRNA expression of IGF-I were analyzed using a completely randomized design by the General Linear Model (GLM) procedure of the SPSS package program. Significant differences between means were tested using Duncan's test and results were computed as mean  $\pm$  s.e.m. Statistical significance was considered at  $P < 0.05$ .

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

The sheep placenta has multiple cotyledonal structures that consist of maternal and fetal tissues and provide the circulation between dam and offspring (Igwebuike, 2010). The cotyledons on the sheep placenta are structures randomly distributed on the placental surface and positioned separately from each other (Igwebuike, 2010; Sen, 2021). The structures formed by the fetal-induced cotyledons on the sheep placenta by settling on the carancula of the uterus endometrium are called placentomes (Redmer et al., 2004). This structure carries out all circulation activities between dam and offspring. Therefore, the determination of cotyledon numbers on the placenta after birth is an indication of the number of placenta occurring

during gestation, but also an indicator of the circulation rate between offspring and dam. The binding of fetal originated cotyledons to the uterus in sheep is 25-30 weeks of pregnancy (Redmer et al., 2004). Growth restrictions (insufficient nutrition, abnormal environmental conditions and abnormal endocrinal activity, etc.) that occur between the days may affect the final cotyledon number of the placenta (Wathes et al., 1998; Redmer et al., 2004; Sen et al., 2013). Restrictive interventions in the last period of pregnancy may affect the morphology and size of cotyledons rather than the number of cotyledons (Vatnick et al., 1991). In the current study, there were no significant differences between singleton and twin gestation ewes in terms of mating weight, but lamb birth weight of ewes giving birth to singletons is higher than those giving birth to twins (Table 2). Also, some differences were detected between the placental characteristics of Bafra sheep that gave birth to single and twins (Table 2). Total cotyledon number and medium cotyledon number were found to be statistically significant between the birth type groups, and the total and middle cotyledon number of single-birth Bafra sheep was found to be lower than that of twin-birth Bafra sheep ( $P < 0.05$ ). However, there was no statistical difference between the two experimental groups in terms of placental weight, large cotyledon number and small cotyledon number. Additionally, there was a difference in terms of various efficiency features of placenta and cotyledon of Bafra lambs with single or twin birth type (Table 3). The cotyledon efficiency of single bearing sheep was found to be lower than the cotyledon activity of twin sheep ( $P < 0.05$ ). However, no significant differences were detected in terms of placental efficiency and cotyledon activity density. The results obtained show that lambs born single and twin in Bafra sheep have different placental features, so it is thought that this difference may be due to the type of birth.

**Table 2.** The weight characteristics and placental components of Bafra lambs with single or twin birth

Traits	Birth type	
	Single	Twin
MW (kg)	48.05 ± 2.11	48.17 ± 2.15
BW (g)	4207.02 ± 324.23 <sup>a</sup>	3676.42 ± 151.14 <sup>b</sup>
PW (g)	320.53 ± 40.09	326.00 ± 55.00
TCW (g)	94.75 ± 8.61 <sup>a</sup>	135.60 ± 15.30 <sup>b</sup>
TCN	30.86 ± 3.74 <sup>b</sup>	41.78 ± 7.50 <sup>a</sup>
SCN	16.00 ± 3.54	19.00 ± 4.33
MCN	8.00 ± 0.62 <sup>b</sup>	14.56 ± 3.70 <sup>a</sup>
LCN	7.57 ± 1.02	8.33 ± 1.61

<sup>a,b</sup> Different superscript letters in the same line indicate a significant difference ( $p < 0.05$ ).

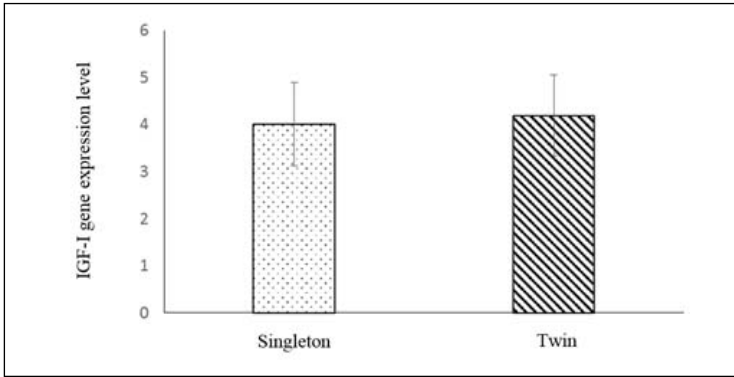
BW= birth weight, PW = plasental weight, TCW = total cotyledon weight, TCW = total average cotyledon number, SCN = small cotyledon number, MCN = medium cotyledon number, LCN = large cotyledon number.

**Table 3.** Various efficiency features of placenta and cotyledon of Bafra lambs with single or twin birth

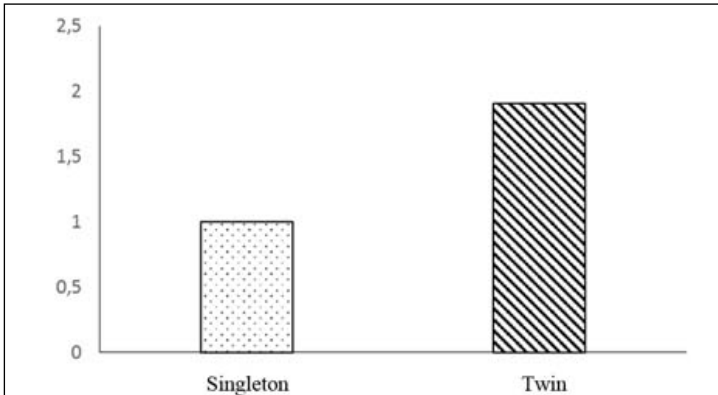
Traits	Birth type	
	Single	Twin
PE	14.03 ± 1.75	30.70 ± 7.75
CE	17.84 ± 1.35 <sup>b</sup>	30.86 ± 4.66 <sup>a</sup>
CD	0.107 ± 0.017	0.154 ± 0.029

a.b Different superscript letters in the same line indicate a significant difference ( $p < 0.05$ ). PE = placental efficiency. CE = cotyledon efficiency. CD = cotyledon density

Previous studies have shown that the nutritional level of the mother affects the placental development and lamb birth weight in the middle period of pregnancy when placental development and growth occur in sheep (Sen et al, 2013). This situation shows how important placental functions are in order to continue fetal growth in the last period of pregnancy. It has been reported to be one of the main factors regulating fetal and placental growth due to the effects of IGF-I on cell proliferation and activity in mammals (Igwebuike, 2010). Some studies have reported that the regional production centre of insulin-like growth factor family and its member IGF-I in sheep are placenta and uterus (Stevenson et al., 1994, Reynolds et al., 1997). Watson et al. (1994) reported that IGF-I gene expression level can be effective in embryonic development and placentation. Although it has been stated that IGF-I plays an important role in the regulation of fetal growth, there is not much information about the importance of this factor in many births and postnatal periods. In the current study, the relationship between the differences in the type of delivery in the Bafra breed sheep with the placental features and IGF-I gene expression level was investigated. Although the IGF-I gene expression levels in the placental tissue of Bafra breed sheep with different birth types showed similarity (single;  $4.01 \pm 0.89$  and twin  $4.19 \pm 0.87$ , Figure 2), twin-bearing sheep showed 0.908 times more gene expression than those of single-bearing sheep (Figure 3). Although the Bafra breed sheep used in the experiment were exposed to single or twin births in the previous breeding season, in the same enterprise and under similar breeding conditions (care, feeding, etc.), the differences in birth patterns are thought to be due to differences in placental characteristics.



**Figure 2.** Placental tissue gene expression levels of IGF-I in Bafra ewes with singleton or twin bearing

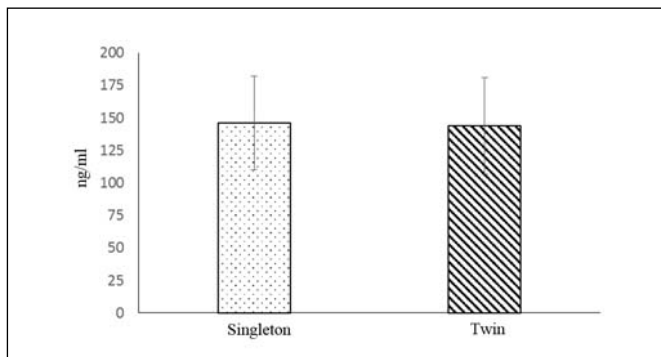


**Figure 3.** Placental mRNA expression fold change of IGF-I gene in Bafra ewes with singleton or twin bearing.

IGF-I is a potential regulator in the stimulation of protein metabolism, metabolic processes such as glucose transport, glycogen and triglyceride synthesis, and mitogenic activity, myogenesis, cell differentiation, physical injuries, muscle and bone formation (Besnard et al., 1996). Apart from its roles in cell metabolism, proliferation and differentiation, IGF-I exerts its most important effects in reproduction processes (Behl and Kaul, 2002). Although IGF-I is one of the most important growth factors affecting ovarian activity and follicular development, studies have reported that IGF-I is significantly expressed in mammalian ovaries (Hastie and Haresign, 2006). Moreover, many in vitro and in vivo studies show



that IGF-I is a stimulator of ovarian follicle development (Baker et al., 1993; Zhou et al., 1997; Mazerbourg et al., 2003). Studies reveal that there is an IGF system in ovarian development and activity (Behl and Kaul 2002; Hastie and Haresign, 2006; Mazerbourg and Monget, 2018). The role of IGF-I in the ovaries is to ensure the proliferation of granulosa cells in the ovarian follicles and to increase the effect of follicle stimulating hormone (FSH) through steroidogenesis by granulosa cells. The presence of follicular IGF-I, which controls the sensitivity of granulosa cells to gonadotropins, is regulated by the synthesis and proteolysis of IGF-I binding proteins under the control of FSH (Mazerbourg and Monget, 2018). IGF-I plays a controlling role in the actions of growth hormone as well as gonadotropin hormones (FSH and LH) in ovarian activities (Behl and Kaul 2002). In the current study, the effect of IGF-I on ovarian activity was tried to be clarified and it was hypothesized that plasma IGF-I concentration before mating could affect ovarian activity, increasing the number of ovulations and increasing the multiple birth rate. In the study, the plasma IGF-I concentration did not affect birth type in Bafra ewes and the plasma IGF-I concentrations of singleton and twin Bafra sheep were determined as  $146.1 \pm 36.1$  ng/ml and  $143.9 \pm 36.9$  ng/ml, respectively (Figure 4). The similarity in plasma IGF-I concentration in Bafra sheep with different birth types may be due to the fact that the sheep were subjected to a similar feeding regimen. Nutritional status is a key regulator of the circulating and tissue insulin-like growth factor (IGF) system. Previous studies reported that plasma IGF-I level is regulated by the nutritional state, and serum concentration of IGF-I falls in malnutrition and responds immediately to refeeding (Wathes et al., 1998; Reynolds et al., 1997).



**Figure 4.** Concentration of plasma insulin-like growth factor I (IGF-I) in Bafra ewes with singleton or twin bearing.

#### 4. CONCLUSION

Although the results of the present study showed that the gene expression level of IGF-I in the placental tissue is similar in Bafra ewes with different birth types, the gene expression fold change in gene expression of IGF-I was higher in twins than in singletons. This indicates that there may be a relationship between the changing level of IGF-I gene expression in the placental tissue and the birth type. Moreover, placental characteristics were affected by the birth type and lamb birth weight. It is the most significant indicator of how much the placental growth and development realized at the optimum level during pregnancy can affect lamb birth weight. Although the lambs used in this study were obtained from Bafra ewes that gave birth at similar parity and age and were raised on the same farm, it is thought that the differences in placental characteristics are entirely due to the differences in birth type.

#### Acknowledgment

The authors acknowledge the financial support by the Ondokuz Mayıs University Scientific Research Projects Coordination Unit (PYO.ZRT.1901.19.001) to carry out this study. A part of this study has been published in the Proceeding book of International Congress on Domestic Animal Breeding Genetics and Husbandry-Genetics and Husbandry-2020 (ICABGEH-21), 12-14 August 2020, İzmir (online), Turkey.

#### Author Contribution Rates

Design of study (Çalışmanın Tasarlanması): UŞ (% 80), ÖK (% 20)

Data acquisition (Veri Toplanması): UŞ (% 30), ÖK (% 70)

Data analysis (Veri Analizi): UŞ (% 80), ÖK (% 20)

Writing up (Makalenin Yazımı): UŞ (% 90), ÖK (% 10)

Submission and revision (Makalenin Gönderimi ve Revizyonu): UŞ (% 90), ÖK (% 10)

#### REFERENCES

- Baker, J., Liu, J. P., Robertson, E. J., Efstratiadis, A., 1993. Role of insulin-like growth factors in embryonic and postnatal growth. *Cell*, 75: b73-b82.
- Behl, R., Kaul, R., 2002. Insulin like growth factor 1 and regulation of ovarian function in mammals. *Indian Journal of Experimental Biology (IJEB)*, 40: 25- 30.
- Besnard, N., Pisselet, C., Zapf, J., Hornebeck, W., Monniaux, D., Monget, P., 1996. Proteolytic activity is involved

- in changes in intrafollicular insulin-like growth factor-binding protein levels during growth and atresia of ovine ovarian follicles. *Endocrinology*, 137:5, 1599-1607.
- Hastie, P.M., Haresign, W., 2008. Modulating peripheral gonadotrophin levels affects follicular expression of mRNAs encoding insulin-like growth factors and receptors in sheep. *Animal Reproduction Science*, 109: 110-123.
- Igwebuike, U., 2010. Impact of maternal nutrition on ovine foetoplacental development: A review of the role of insulin-like growth factors. *Animal Reproduction Science*, 121(3-4) 189-196.
- Mazerbourg, S., Monget, P. 2018. Insulin-like growth factor binding proteins and IGFBP proteases: a dynamic system regulating the ovarian folliculogenesis. *Frontiers in Endocrinology*, 9: 134.
- Redmer, D.A., Wallace, D., Reynolds, L.P., 2004. Effect of nutrient intake during gestation on fetal and placental growth and vascular development. *Domestic Animal Endocrinology*, 27: 199-217.
- Reynolds, T.S., Stevenson, K.R., Wathes, D.C., 1997. Pregnancy-specific alterations in the expression of the insulin-like growth factor system during early placental development in the ewe. *Endocrinology*, 138: 886-897.
- Sen, U., 2021. The relationship between placental characteristics and lamb birth weight in Akkaraman Turkish native sheep breed. *Large Animal Review*, 27(1): 201-207.
- Sen, U., Onder, H., 2016. Poor placental traits reduce kid birth weight in young Saanen dams at the first parity. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 40: 554-561.
- Sen, U., Sirin, E., Kuran, M., 2013. The effect of maternal nutritional status during mid-gestation on placental characteristics in ewes. *Animal Reproduction Science*, 137(1-2): 31-36.
- Stevenson, K.R., Gilmour, R.S., Wathes, D.C., 1994. Localization of insulinlike growth factor-I and -II messenger ribonucleic acid and type 1 IGF receptors in the ovine uterus during the estrous cycle and early pregnancy. *Endocrinology*, 134: 1655-1664.
- Stevenson, K.R., Wathes, D.C., 1996. Insulin-like growth factors and their binding proteins in the ovine oviduct during the oestrous cycle. *Journal of Reproduction and Fertility*, 108: 31-40.
- Taketani, T., Yamagata, Y., Takasaki, A., Matsuoka, A., Tamura, H. and Sugino, N., 2008. Effects of growth hormone and insulin-like growth factor 1 on progesterone production in human luteinized granulosa cells. *Fertility and Sterility*, 90(3): 744-748.
- Vatnick, I., Schoknecht, P., Darrigrand, R., Bell, A., 1991. Growth and metabolism of the placenta after unilateral fetectomy in twin pregnant ewes. *Journal of Development Physiology*, 15(6): 351-356.
- Wathes, D., Reynolds, T., Robinson, R., Stevenson, K., 1998. Role of the insulin- like growth factor system in uterine function and placental development in ruminants. *Journal of Dairy Science*, 81(6): 1778-1789.
- Watson, A.J., Watson, P.H., Arcellia-Paulilo, M., Warnes, D., Walker, S.K., Schultz, G.A., Armstrong, D.T, Seamark, R.F., 1994. A growth factor phenotype map for ovine preimplantation development. *Biology of Reproduction*, 50: 725-733.
- Yakan A. 2008. Bafra (Sakız x Karayaka G1) kuzularında farklı kesim ağırlıklarında besi performansı, kesim, karkas ve bazı et kalitesi özellikleri. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, ss. 97.
- Yakan, A., Unal, N., 2010. Meat production traits of a new sheep breed called Bafra in Turkey 1. Fattening, slaughter, and carcass characteristics of lambs. *Tropical Animal Health and Production*, 42: 751-759.
- Zhou, P., Baumgarten, S. C., Wu, Y., Bennett, J., Winston, N., Hirshfeld-Cytron, J. and Stocco, C., 2013. IGF-I signaling is essential for FSH stimulation of AKT and steroidogenic genes in granulosa cells. *Molecular endocrinology*, 27(3): 511-523.





## The Effect of Used Different Waste Growing Media on Soilless Lettuce Cultivation

### Kullanılmış Farklı Yetiştirme Ortamlarının Topraksız Marul Yetiştiriciliğine Etkisi

Müjdat KİLİM<sup>1</sup>, Esin YÖRÜK<sup>2</sup>, Esin HAZNECİ<sup>3</sup>, Harun ÖZER<sup>4</sup>, Gürkan Alp Kağan GÜRDİL<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun , Samsun  
• mujdatkilim29@gmail.com • ORCID > 0000-0002-3514-6515

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun  
• esin.yoruk.ey@gmail.com • ORCID > 0000-0002-0927-1902

<sup>3</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, Samsun  
• esin.hazneci@omu.edu.tr • ORCID > 0000-0002-8695-028X

<sup>4</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun  
• haruno@omu.edu.tr • ORCID > 0000-0001-9106-383X

<sup>5</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Bölümü, Samsun  
• ggurdil@omu.edu.tr • ORCID > 0000-0001-7764-3977

#### Makale Bilgisi / Article Information

**Makale Türü / Article Types:** Araştırma Makalesi / Research Article

**Geliş Tarihi / Received:** 23 Kasım / November 2021

**Kabul Tarihi / Accepted:** 18 Şubat / February 2022

**Yıl / Year:** 2022 | **Cilt – Volume:** 37 | **Sayı – Issue:** 2 | **Sayfa / Pages:** 373-386

**Atıf/Cite as:** Kilim, M., Yörük, E. Hazneci, E. Özer, H., ve Gürdil, G. A. K. "The Effect of Used Different Waste Growing Media on Soilless Lettuce Cultivation". *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 37(2), June 2022: 373-386.

**Sorumlu Yazar / Corresponding Author:** Harun ÖZER

## THE EFFECT OF USED DIFFERENT WASTE GROWING MEDIA ON SOILLESS LETTUCE CULTIVATION

### ABSTRACT:

This study investigated the effects of reusing the growing media (TSW; tomato stalk waste, PTSW; pretreated tomato stalk waste, Peat + Perlite, Cocopeat) used in soilless agriculture on soilless lettuce cultivation. Significant effects of growing media on stem diameter, root length, total dry weight, yield, titratable acidity, SSC and Vitamin C values of lettuce (*Maritima*) grown without soil were determined ( $p < 0.05$ ;  $p < 0.01$ ). As a result, the highest root length (33.63 cm), total dry weight (27.22 g) and yield (558 g plant<sup>-1</sup>) were obtained from TSW medium. The highest titratable acidity values (1.05 g 100 mL<sup>-1</sup>) and Vitamin C (391.6 mg 100 g<sup>-1</sup>) were obtained from PTSW medium. It has been determined that TSW and PTSW media can compete with growing commercial media, especially in yield and quality. The second use of the growing medium created from tomato waste significantly reduced the production costs. As a result, it has been determined that tomato waste (TSW) is a good alternative for productivity and profitability instead of a commercial growing medium.

**Keywords:** Cocopeat, Peat, Perlite, Tomato Waste, Cost, Gross Profits.



## KULLANILMIŞ FARKLI YETİŞTİRME ORTAMLARININ TOPRAKSIZ MARUL YETİŞTİRİCİLİĞİNE ETKİSİ

### ÖZ:

Bu çalışmada, topraksız tarımda kullanılan yetiştirme ortamlarının (DA; domates sap atığı, ÖDA; ön işlem görmüş domates sap atığı, Torf + Perlit, Hindiscan cevizi lifi) tekrar kullanımının topraksız marul yetiştiriciliği üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Topraksız olarak yetiştirilen marulun (*Maritima*) gövde çapı, kök uzunluğu, toplam kuru ağırlık, verim, titre edilebilir asitlik, suda çözünebilir kuru madde ve C vitamini değerleri üzerine yetiştirme ortamının önemli etkileri belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ;  $p < 0.01$ ). En yüksek kök uzunluğu (33.63 cm) toplam kuru ağırlık (27.22 g) ve verim (558 g bitki<sup>-1</sup>) DA ortamından elde edilmiştir. En yüksek titre edilebilir asitlik değerleri (1.05 g 100 mL<sup>-1</sup>) ve C vitamini (391.6 mg 100 g<sup>-1</sup>) ÖDA ortamından elde edilmiştir. DA ve ÖDA ortamları, özellikle verim ve kalite açısından ticari yetiştirme ortamları ile rekabet edebilir durumda olduğu belirlenmiştir. Domates atıklarından oluşturulan yetiştirme ortamının ikinci kez kullanılmasının üretim maliyetlerini önemli ölçüde azaltmıştır. Sonuç olarak, ticari yetiştirme ortamı yerine domates atığının (DA) verimlilik ve karlılık yönünden iyi bir alternatif olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hindistan Cevizi Lifi, Torf, Perlit, Domates Atığı, Maliyet, Brüt Kar.



## 1. INTRODUCTION

Lettuce, which is in the group of vegetables whose leaves are eaten, is one of the vegetables with the highest production (520,000 tons) and consumption (İşlek and Kuzucu; TUIK 2021). Salad and lettuce, which can be grown outdoors in all regions of our country (except for June and August), are grown throughout the year in greenhouses and low plastic tunnels to take advantage of the high prices, especially in winter. Since lettuce is a vegetable that can grow in a short time, continuity in the market can be ensured by periodically planting and harvesting it, especially under the greenhouse (Sönmez, 2010; İşlek and Kuzucu 2018).

In greenhouse vegetable cultivation, traditional techniques have caused an increase in environmental pollution and soil-based problems. This situation has led producers to soilless cultivation systems (Leonardi, 2004). Today, water scarcity is experienced globally and affects crop production significantly. The use of soilless cultivation systems in agriculture gains tremendous importance in preventing water scarcity that occurs on a global scale (Saraçoğlu et al., 2020). The soilless cultivation technique is much more controlled than the classical cultivation technique. Solid media culture is widely used in commercial plant cultivation. Many growing media are used in soilless farming. The cost of materials used in solid media culture is one of the most important reasons for preference. The material must be readily and continuously available and inexpensive. Coconut fiber and rock wool are the most commonly used materials in solid media culture in Turkey. The costs of these imported materials are pretty high (Dönmez et al., 2016). There is no commercially available, cheap and suitable environment for soilless agriculture in our country (Varış and Eminoglu, 2003). With the increase in agricultural production globally and in our country, vegetable harvest waste and agricultural industry waste increase yearly. These plant-based wastes are a severe source of organic matter; they also have significant potential in the plant nutrients they contain. At the same time, these wastes can also be used as a plant growing medium with appropriate mixtures (Çıtak et al., 2007; Özer and Uzun, 2013).

Approximately 13 million tons of tomatoes are produced in our country (TUIK 2021). According to one study, tomato greenhouses in Antalya produce 112 tons of waste as dry matter each year (Kürklü et al., 2004). Considering that soilless agricultural areas in Turkey exceed 8000 decares and the most critical species produced in these areas is tomato, it will transform tomato waste into a growing medium with a simple system. This study aims to help primarily producers create a growing environment by using their waste.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1. Experimental Site

The study was carried out at Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Horticulture. Lettuce seedlings (*Lactuca sativa* var. *crispa* 'Maritima') were planted in bags inside the growing trays (5 m long, 25 cm wide) in the glass greenhouse (4x8.8m) on October 15, 2019.

In the study, four different growing media were used. Tomatoes were grown in the same growing media before. Two different growing media (**TSW**; tomato stalk waste and **PTSW**; pretreated tomato stalk waste) obtained from tomato wastes were used. In addition, growing bags consisting of a mixture of **Cocopeat** and peat+perlite (**peat+perlite**; 65%+ 35%) were used as control commercial growing media. At the beginning of the study, all media were used precisely, except for the TSW environment. Tomato waste was added as a 10% volume reduction was detected in the previous growing period in the TSW medium. Tomato wastes were prepared from post-harvest fresh tomato waste grown in our greenhouses. First, tomato wastes were ground on an 8 mm sieve (Bilgin et al., 2016). Physical analyses such as organic matter, bulk weight, water holding capacity, and chemical analyses such as EC and pH (Table 1) were performed (Kacar and İnal 2008, Gülser and Pekşen 2003). Tomato stem waste to be used directly was disinfected with formaldehyde. It was carried out by spraying a mixture of formaldehyde (540 ml) and water (20 L) onto the waste. At the end of this process, repeated four days later, the tomato wastes (TSW; 21 L/bag) were bagged, waiting for three fertilizers. The dry weight of tomato waste was 91.3 g m<sup>-1</sup> (leaf and stem), and the dry weight of 1 growing bag was determined as 25.2 kg.

**Table 1.** Physical properties of growing media

Growing media	pH	EC (ms cm <sup>-1</sup> )	Organic matter (%)	Water hold capacity (kg)	C/N (%)	Volume weight (g/cm <sup>3</sup> )
TSW	6.6	0.9 a*	71.3 b	6.3 c	27.49 a	0.12 b
PTSW	5.7	0.6 b	63.6 b	4.6 c	16.95 b	0.27 a
Peat + Perlite	5.8	0.5 b	46.9 c	13.2 b	22.37 b	0.34 a
Cocopeat	6.2	0.5 b	99.0 a*	43 a*	32.19 a*	0.08 b

\*: p < 0.05. TSW: Tomato stalk waste, PTSW: pretreated tomato stalk waste

Pretreated tomato stem waste; tomato waste was determined by considering the C:N ratio (Table 1). Accordingly, 210 liters of tomato waste were wetted with a solution (100 L) obtained from a mixture of urea (1 kg), barnyard manure (3 kg), granulated sugar (1 kg) and forest soil (5 kg). Then a pile was formed and covered with transparent nylon. The pile was regularly temperature-controlled to



complete the semi-composting process. While the heap temperature was 12.1 °C at the beginning, it reached its highest, 62.6 °C, at the end of the process. Then the cooling process started and the temperature dropped to 11.1 °C. Next, pretreated tomato waste (PTSW) was packed into grow bags (21 L/bag).

**Table 2.** Macro and micronutrient solutions and ratios to be applied in soilless culture (Hoagland ve Arnon, 1938; Day, 1991)

	Elements	mg/l	Chemicals used	
<b>Stock (A)</b>	N	150	Ammonium nitrate	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (%33)
	K	150	Potassium nitrate	KNO <sub>3</sub> (%13 N, %46 K)
	Ca	150	Calcium nitrate	5Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> .10H <sub>2</sub> O (%15.5 N, %19 Ca)
	Fe	5	Iron chelate	Na <sub>2</sub> Fe-EDTA (%12.5 Fe)
<b>Stock (B)</b>	P	40	Phosphoric acid	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (%85)
	Mg	50	Magnesium sulfate	MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O (%10Mg)
	Zn	0.50	Zinc sulfate	ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O
	Mn	0.75	Manganese sulfate	MnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O
	B	0.4	Boric acid	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>
	Cu	0.10	Copper sulfate	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O
	Mo	0.05	Ammonium molybdate	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> .4H <sub>2</sub> O

**TWS, PTSW, Peat+Perlite and Cocopeat** were prepared by opening drainage and ventilation holes in the growing bags. Growing media bags were placed in the greenhouse in 5.5 m long, 25 cm wide, and 1.5% inclined channels. Macro and micronutrients used in fertilization were prepared as stock solutions in 2 tanks with a volume of 300 liters (Table 2). Fertilization was done five times a day and at 20-minute intervals throughout the growing period. Fertilization application with a drip irrigation system was carried out at 2 hour intervals. E.C. and pH were measured continuously in the growing environment's drained water from the seedling planting to the harvest. When the salinity was high, the environments were only washed at 10-minute intervals. In this way, the salinity of the environment is reduced. In addition, water was passed through the environments once a week for 10 minutes with the irrigation tank.

In the study, greenhouse temperature (°C), relative humidity (%) and temperature values of growing media were measured from planting to the end of harvest with a data logger (KT100, Kimo, France) during the growing period. The measurement values are given in Table 1. as mean, highest and lowest values.

**Table 3.** Indoor air temperatures, relative humidity and light intensity value

	Temperature (°C)	Humidity (%)	Light (lux)
Average	16.53	69.38	2930
Highest	23.48	97.56	7383
Smallest	7.43	36.77	181

Seedlings of the Bandita F1 tomato variety (40 cm between rows and 30 cm in rows) were planted in their growing bags on October 15, 2019. On the day of planting, only vital water (200 ml/plant) was given to the plants and nutrient solution was started to be given the following day of planting. Pruning was carried out to remove the yellowed and diseased leaves with the shoots emerging from the leaf axils, which are widely used in tomato cultivation. The old leaves under the harvested clusters were wholly removed by paying attention to leaving five fruits per cluster. 2 leaves are left under the next green fruit cluster. It has been applied in any other maintenance, spraying and cultural processes necessary during the growing period. Seed purchase was made once or twice a week.

### 2.1. Determination of Plant Characteristics

Plant height, stem diameter and the number of leaves were measured at 15-day periods. The plant height was determined in cm with a ruler and the stem diameter in mm with a caliper. Root length values were measured in cm at the end of harvest in lettuce plants. Leaves and roots separated from the plant were placed in small paper bags separately and placed in an oven at 80 °C. The drying process was carried out for at least 48 hours. It was decided whether the drying process was completed by applying the weight change method on the samples that did not complete their drying in this period. When it was understood that the samples were dehydrated, the dry weights of the leaves, root and stem were weighed with a balance sensitive to 0.01 g.

Leaf chlorophyll content (CCI) and stomatal conductance ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) were measured with a chlorophyll meter (CCM-200, Opti-Sciences, USA) and porometer (SC-1, Decagon Devices, The USA), respectively in young, middle-aged and old leaves. The fruits from the first harvest to the last harvest date were weighed using an electrical balance with 0.1 g accuracy. The yield per plant ( $\text{g plant}^{-1}$ ) was calculated by adding all weights. While calculating the yield values, the fresh weights of the harvested lettuce plants were calculated by weighing them in grams. To measure soluble dry matter, ten fruits from each replication were cut into slices, crushed with an electric mixer to prepare pulp and filtered through cheesecloth to get clean juice. Juice samples were read on a digital refractometer (PAL-1, McCormick Fruit Tech. Yakima, ABD), with soluble solid content expressed as a percentage (%). Titratable acidity was measured by taking 10 ml of juice, diluting with 10 ml of distilled water and titrating it with 0.1 N sodium hydroxide (NaOH) to an endpoint of 8.1 pH. Titratable acidity was expressed as citric acid ( $\text{g citric acid } 100 \text{ ml}^{-1}$ ) based on the NaOH volume used in the titration. A 25 g tomato sample from each replication was taken to determine vitamin C. Samples were crushed with a Waring commercial blender (Blender 8011ES, ABD) by adding 25 ml oxalic acid (0.4%), and the filtrate was filtered with filter paper. The amount of vitamin C (L-ascorbic acid) was measured with a spectrophotometer at a wavelength of

518 nm (AOAC 1995) using the titrimetric method 2,6-dichloroindophenol. The results (wet weight of vitamin) were given in mg vitamin C 100 g<sup>-1</sup> fresh weight. The lettuce skin color of the tomatoes was measured as Chroma and hue angle on equatorial sides of fruits using a colorimeter (Minolta, model CR-400, Tokyo, Japan) in 10 randomly selected fruits from each replicate plot (McGuire, 1992).

## 2.2. The Method Used to Calculate Production Costs and Profitability

The research was conducted at the Ondokuz Mayıs University Faculty of Agriculture trial area, using pre-existing equipment and environment. It is known that fixed costs will not be affected when the inputs used in production change. For this reason, depreciation, preservation costs, land rent, etc. Fixed costs are not considered, and only variable costs are taken into account. The differences in the variable costs of the change in the lettuce production environment were examined. For the same reason, the cost of the farmyard was calculated in the research, and the marketing and transportation costs were not included in the calculation. The study was carried out in a trial area of approximately 10 m<sup>2</sup>.

Depending on the production, costs that increase or decrease are called variable costs (Cinemre, 2013). Variable costs in tomato production in soilless agriculture; production environment preparation, seedling cost, agricultural control (fertilization), maintenance expenses and labor costs (planting, maintenance, etc.), irrigation and labor cost, revolving fund interest. It was the revolving fund interest of T.C. It was calculated over half of the loan interest rate opened by Ziraat Bank for crop production (Kiral et al., 1999). In the lettuce production process, drugs that are expected to be included in variable costs were not required.

While comparing the profitability of lettuce production in soilless agriculture in different environments, the gross profit calculation was used (Eq.1). For this, first of all, the Gross Production Value (GPV), which is obtained by multiplying the product price with the yield values, was calculated, and then the variable costs were subtracted from the GPV and the gross profits was reached (Açıl and Demirci, 1984; Kral et al., 1999; Tanrivermiş, 2000). Gross profits show the unit income provided to the business in the event of activity and reflect the relative advantages of the activities relative to each other (Cinemre, 2013). For this reason, the gross profit calculation method was used in the study to compare the profitability of different lettuce production environments in soilless agriculture and the profitability of production activities.

$$\text{Gross profits} = \text{GPV} - \text{Variable Costs (VC)} \dots \dots \dots \text{(Eq.1)}$$

The production environments used in the research can participate in the production activity during the two production cycles. For this reason,

while calculating the production costs, the variable costs of these production environments were accepted as semi-variable costs. The calculated costs were divided into two and the study was carried out. Prepared production environments were used in the production of two different products.

For this reason, lettuce can be included in the production period 3 times in the same production environment in the relevant period. However, in this study, the growing process of lettuce was observed during only one production period in the soilless agriculture trial area. For this reason, while calculating the costs of lettuce production, the typical costs (tomato waste grinding process and production environment preparation) were calculated by dividing them into three. Other cost elements may differ according to the production period. In addition, approximately 15% loss occurred due to tomato production in the volume weight of tomato waste (TSW) prepared at the beginning. Therefore, the same amount of waste was added before the start of lettuce production and included in the costs.

### 2.3. Statistical Analysis

The experiment data were analyzed using a split-plot design with 9 plants in each replication with three replications. Experimental results were assessed through Microsoft Excel 2010 and SPSS 15.0 software. Means were compared with Duncan's multiple range tests at  $p < 0.05$  and  $p < 0.01$ .

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

Significant effects of different growing media (TSW, PTSW, Peat+Perlite and Cocopeat) on stem diameter, root length and total dry weight were determined. The highest stem diameter (19.12 mm) values were obtained in the coconut fiber medium, while the lowest stem diameter (13.59 mm) values were determined from the PTSW medium. The maximum root length and total dry weight values were measured from TSW medium. Other environments showed similarities between root length and total dry weight values (Table 4). In the study investigating the effects of different fertilizers in organic lettuce cultivation, it was determined that the plant height values in lettuce varied between 18 and 25.3 cm. In the same study, it was reported that the leaf number values ranged from 23.7 to 59.3 (Tüzel et al., 2012). Although similar values were obtained in our study, no statistical difference was determined between the applications. Can et al. (2019) investigated the effects of different bat fertilizers on lettuce cultivation, and stem diameter values varied between 21-29 mm. In the study in which the salt tolerance of different varieties in soilless lettuce cultivation was determined, it was determined that the dry weight value increased despite the decrease in root dry fresh weights with the increase in salt concentrations (Bartha et al., 2015; Saraçoğlu et al., 2020). In our study, the highest root length value was determined in the medium (TSW) with the highest

EC (0.9 ms cm<sup>-1</sup>) value (Table 1) among the growing media. TSW environment was determined in the total dry weight values for which we obtained similar values (Table 4).

**Table 4.** Effects of different growing media on stem diameter, plant height, number of leaves, root length and total dry weight of lettuce

When the effects of growing media on leaf chlorophyll content, leaf stomatal

Growing media	Stem diameter (mm)	Plant height (cm)	Number of leaves	Root length (cm)	Total dry weight (g)
TSW	16.43 ab	22.40	36.00	33.63 a	27.22 a*
PTSW	13.59 b	22.17	37.33	28.87 ab	19.57 b
Peat + Perlite	15.52 ab	22.70	35.67	18.93 b	19.82 b
Cocopeat	19.12 a	20.97	34.67	19.80 b	20.50 b
<i>Significance</i>	**	ns	ns	*	*

\*:  $p < 0.05$ . \*\*:  $p < 0.01$ . ns: non-significant

conductivity and yield values were examined, only the yield values were statistically significant ( $p < 0.01$ ). The highest leaf chlorophyll content (7.63 CCI), leaf stomatal conductivity (138 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) and yield value (558 g plant<sup>-1</sup>) were obtained from TSW application. The lowest yield value was determined from Peat+Perlite medium with 410 g (Table 5). One of the factors affecting stomatal conductivity is salt stress. Plants exposed to salt stress tend to reduce water loss through transpiration (Munns and Tester, 2008; Bartha et al., 2015). Another important factor is irrigation irregularity. Insufficient moisture on the soil surface increases the tendency of stomata to close. Plants with high stomatal conductivity reach the highest yield (Özer, 2017a). In our study, although the EC values of the TSW medium were high and the water holding capacity of the medium was low, the stomatal conductivity values were higher. Although the stomatal conductivity was not statistically significant, its highness significantly affected the yield. While the average yield values ranged between 288-345 g in lettuce grown in soil, it was determined that it varied between 332 and 584 g in soilless lettuce cultivation (Çakmak, 2011; Tüzel et al., 2012). Similar yield values in growing media were found and the amount of organic matter (Table 1) was high.

**Table 5.** Effects of different growing media on kroma, hueo. leaf chlorophyll content, stomatal conductance and yield of lettuce

Growing media	Leaf chlorophyll content (CCI)	Stomatal conductance (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	Yield (g plant <sup>-1</sup> )
TSW	7.63	138	558 a
PTSW	6.80	127	535 ab
Peat + Perlite	7.45	120	410 b
Cocopeat	7.02	124	478 ab
<i>Significance</i>	ns	ns	**

\*:  $p < 0.05$ . \*\*:  $p < 0.01$ . ns: non-significant

The effect of different growing media on color values (Chroma and Hueo) in soilless lettuce cultivation was insignificant. However, the highest color (Chroma; 30.31 and Hueo; 134.9) values were determined from TSW (tomato stalk waste) media. The application of PTSW (pretreated tomato stalk waste) resulted in the highest statistically significant titratable acid (1.05 g 100 mL<sup>-1</sup>) and vitamin C (391.6 mg 100 g<sup>-1</sup>) contents. Peat + Perlite medium had the highest soluble solid content determined from Peat + Perlite medium with 4.17%. In addition, the lowest titratable acid (0.62 g 100 mL<sup>-1</sup>), water-soluble dry matter (3.53%) and vitamin C (281 mg 100 g<sup>-1</sup>) values were determined from the coconut fiber medium (Table 6). Tüzel et al. (2012) found similar Croma (28-35) and Hue (123-125) values to our results. A study investigating the effects of different salt concentrations on soilless lettuce cultivation stated that vitamin C values varied between 9.95-6.91 mg g<sup>-1</sup>. Although our results are similar to the findings of Saraçoğlu et al., (2020), it is thought that the increased vitamin C content is due to stress conditions. Because, while the water holding capacity, organic matter content and EC values (Table 1) of the cocopeat medium gave better results, vitamin c and titratable acidity values decreased. In his study, Özer (2017b) stated that vitamin C and titratable acid values increased in tomatoes, especially under stress conditions. Contrary to these results, soluble solid content was measured in Peat+Perlite medium, which has lower values in terms of organic matter (Table 1-6). It is stated that the titratable acidity values of organic and conventionally grown lettuce in soilless cultivation vary between 0.09 and 0.17 %. In the same study, it was determined that SSC values (2.90-3.50%) were similar to our study (Çakmak, 2011). A similar study determined that the application of waste mushroom compost to the soil decreased the vitamin C values and increased the SSC values. In the study where vitamin C values ranged from 9.10 to 12.10 mg 100 g<sup>-1</sup>, SSC values (4.40-4.60 %) were similar to our study (Polat et al., 2004).

**Table 6.** Effects of different growing media on pH, titratable acidity, soluble solids content (SSC), vitamin C of lettuce

Growing media	Chroma	Hue°	Titratable acidity (g 100 mL <sup>-1</sup> )	SSC (%)	Vitamin C (mg 100 g <sup>-1</sup> )
TSW	30.31	134.9	0.72 ab	3.78 ab	277.6 b
PTSW	26.76	135.4	1.05 a	3.93 ab	391.6 a
Peat + Perlite	25.15	137.1	0.44 b	4.17 a	328.3 ab
Cocopeat	26.01	136.8	0.62 b	3.53 b	281.0 b
<i>Significance</i>	ns	ns	**	*	*

\*:  $p < 0.05$ . \*\*:  $p < 0.01$ . ns: non-significant

Table 7 shows the variable costs and profitability analysis of lettuce produced in different growing environments. The mixture of Cocopeat and peat+perlite was taken ready-made. The tomato waste (TSW) and pretreated tomato waste (PTSW) were the subjects of the study and were prepared by the researchers. For this reason, while no grinding process was applied for Cocopeat and T+P, the cost of the grinding process was calculated as 3.35 TL for 1 production period of lettuce grown with TSW and 2.09 TL for PTSW. Agricultural control and maintenance expenses and labor costs accounted for the largest share of variable costs in all production environments. The production environment with the highest total variable cost was cocopeat (TSW) (184.05 TL), followed by pretreated tomato waste (PTSW), peat and perlite mixture and tomato waste (TSW) production environments, respectively. The environments with the highest average yield per plant in the production area were tomato waste (TSW) (558 g/plant) and pretreated tomato waste (PTSW) (535 g/plant) prepared by the researchers (Table 5). The yield values of lettuce produced in ready-made production environments (peat+perlite, cocopeat) were low (Table 4). Since lettuce is a product sold by the market, this situation is not expected to affect the gross production value. However, it is expected that the lettuce obtained from TSW and PTSW production environments with higher yield and leaf number will be larger, more attractive and therefore have a high market value and demand. During the production period, the selling price of lettuce per kg was determined as 3 TL. As a result, the highest profit (48.19 TL) was obtained from tomato waste (TSW) among lettuce production environments in soilless agriculture. The main reason for the higher profitability of this production environment is that the production environment preparation costs are lower than other methods (11.98 TL) (Table 7). It should be noted that the values calculated here are valid for a production period. The producers' incomes who can produce during the three production periods will also be higher, although they may vary depending on the applications and costs in the production period.

VARIABLE COSTS (VC) (TL)	TSW	PTSW	Peat + Perlite	Cocopeat
Lettuce waste grinding process	3.35	2.09	0.00	0.00
Production environment preparation	8.63	20.28	20.10	44.59
Seedling cost	13.20	13.20	13.20	13.20
Agricultural control	52.20	52.20	52.20	52.20
Maintenance expenses and labor cost	43.70	43.70	43.70	43.70
Irrigation and labor	21.60	21.60	21.60	21.60
Revolving fund interests	7.13	7.65	7.54	8.76
<b>TOTAL VC</b>	<b>149.81</b>	<b>160.73</b>	<b>158.34</b>	<b>184.05</b>
Yield (number)	66.00	66.00	66.00	66.00
Price	3.00	3.00	3.00	3.00
<b>GROSS PRODUCTION VALUE (GPV)</b>	<b>198.00</b>	<b>198.00</b>	<b>198.00</b>	<b>198.00</b>
Variable costs	149.81	160.73	158.34	184.05
<b>GROSS PROFITS</b>	<b>48.19</b>	<b>37.27</b>	<b>39.66</b>	<b>13.95</b>

**Table 7.** Effects of different growing media (TSW, PTSW, Peat + Perlite, Cocopeat) on cost and profitability analysis.

#### 4. RESULTS

According to the results, although the volume weight of the growing media obtained from tomato waste decreased compared to Cocopeat, it came to the fore, especially in yield and quality criteria. It was determined that the TSW medium, in particular, stood out in terms of total dry weight, root length and yield values. It was determined that vitamin C and titratable acidity values were higher in pretreated tomato wastes (PTSW). It has been found that tomato waste contributes to waste management and profitability as a growing medium. In addition, it offers significant advantages that the wastes can be competitive with commercial growing media when they are used repeatedly.

As a result, considering the profitability of different production environments in lettuce production, the number of plant leaves and plant yields, both tomato waste and pretreated tomato waste production environments can be recommended to producers as an income-generating alternative to the imported cocopeat production media our country. In lettuce production, plant yield and the number of leaves may decrease in the next production period, but this situation is not expected to affect the market value of lettuce. In addition, while the planting frequency is higher in soilless agriculture under normal conditions (30 cm between rows and 40 cm between rows), this area (30 cm between rows and 50 cm between rows) was



kept less frequently in the experimental area. In real life, producers are expected to plan their production areas most rationally and thus in a way that will maximize efficiency. This situation is expected to be effective in increasing profitability.

### Author Contribution Rates

Design of Study (Çalışmanın Tasarlanması): HÖ (%30), MK (%35), EY (%10), EH (%15), GG (10)

Data Acquisition (Veri Toplanması): HÖ (%30), MK (%35), EY (%10), EH (%15), GG (%10)

Data Analysis (Veri Analizi): HÖ (%30), MK (%35), EY (%10), EH (%15), GG (%10)

Writing up (Makalenin Yazımı): HÖ (%40), MK (%35), EY (%5), EH (%15), GG (%5)

Submission and Revision (Makalenin Gönderimi ve Revizyonu): HÖ (%50), MK (%20), EY (%10), EH (%10), GG (%10)

### REFERENCES

- Açıl, A.F., Demirci, R. 1984. Tarım Ekonomisi Dersleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No. 880, Ankara.
- Bartha, C., Fodorpataki, L., Martinez-Ballesta, M.D.C., Popescu, O., Carvajal, M. 2015. Sodium accumulation contributes to salt stress tolerance in lettuce cultivars. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 88, 42-48.
- Bilgin, S., Karayel, D., Çanakçı, M., Topakçı, M. 2016. Sera bitki artıklarının peletlenmesi ve bazı teknik faktörlerin pelet kalitesi ve maliyeti üzerine etkilerinin belirlenmesi. TÜBİTAK 1001. Proje No: 2130224
- Çakmak, P. 2011. Farklı dikim zamanları ve organik gübrelerin Topraksız tarım koşullarında kıvrıkcık yapraklı Salata (*Lactuca sativa* var. *crispa*) yetiştiriciliğinde verim ve kalite özelliklerine etkisi. Yüksek Lisan Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 55s.
- Can, B.A., Ünal, M., Can, O. 2019. Farklı yarısa gübresi uygulamalarının marul yetiştiriciliğinde verim ve kalite üzerine etkileri. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5(1), 18-24.
- Cinemre, H.A. 2013. Tarım İşletmeciliği ve Planlama. OMÜ Ziraat Fakültesi Yayınları, Ders Kitabı NO:63, Samsun.
- Çitak, S., Sönmez, S., Öktüren, F. 2007. Bitkisel kökenli atıkların tarımda kullanılabilme olanakları. <http://batem.gov.tr/yayinlar/derim/2006/41-53.pdf>.
- Day, D. 1991. Growing in Perlite, *Grower Digest* No.12, Grower Pub. Ltd., London, Pp:36.
- Dönmez, İ., Özer, H., Gülser, C. 2016. Determination of the usage possible of some regional organic wastes in soilless agriculture (bag culture). *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 31(2): 171-178. Doi: 10.7161/anajas.2016.31.2.171-178.
- Yörük, E. 2021. Domates Atığının Topraksız Tarımda Kullanılan Ticari Yetiştirme Ortamlarına Alternatif Olarak Kullanılabilirliği. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 40s.
- Gülser, C., Peksen, A. 2003. Using tea waste as a new casing material in mushroom (*Agaricus bisporus* (L.) Sing.) cultivation. *Bioresource Technology*, 88:2-6. doi:10.1016/S0960-8524(02)00279-1.
- Hoagland, D. R., Arnon. D. I. 1938. The water culture method for growing plants without soil. *California Agricultural Experiment Station Circulation*, 347, 32.

- İşlek, M., Kuzucu, C.Ö. 2018. Determination of the effects of hydrogel-perlite mixtures on yield and quality of lettuce (*Lactuca saliva* var. *crispa*) production. COMU J. Agric. Fac., 6 (Özel Sayı): 1-7.
- Kacar, B., İnal, A., 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kıral, T., Kasnaoğlu, H., Tatlıdil, F.F., Fidan, H., Gündoğmuş, E. 1999. Tarımsal ürünler için maliyet hesaplama metodolojisi ve veri tabanı rehberi. Proje Raporu 1999-13, Yayın No:37, Ankara.
- Kürklü, A., Bilgin, S., Külcü, R., Yıldız, O. 2004. Bazı sera bitkisel biyokütle atıklarının miktar ve enerji içeriklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Biyoenerji Sempozyumu.
- Leonardi, C. 2004. Growing media, regional training workshop on soilless culture technologies, 3-5 March, Izmir-Turkey, 83-92.
- McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective colour measurement. Hortsci. 27: 1254-1255.
- Munns, R., Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annu. Rev. Plant Biol. 59, 651-681.
- Özer, H., Uzun, S. 2013. Açıkta organik domates (*Solanum lycopersicum* L.) yetiştiriciliğinde farklı organik gübrelerin bazı verim ve kalite parametrelerine etkisi. Türkiye V. Organik Tarım Sempozyumu, 25-27 Eylül, Bildiri Kitabı-1. 1-8. Samsun.
- Özer, H., 2017a. Organic tomato (*Solanum Lycopersicum* L.) production under different mulches in the greenhouse. The Journal of Animal & Plant Sciences, 27(5): 1565-1572.
- Özer, H. 2017b. Effects of shading and organic fertilizers on tomato yield and quality. Pakistan Journal of Botany, 49(5): 1849-1855.
- Polat, E., Onus, N., Demir, H. 2004. Atık mantar kompostunun marul yetiştiriciliğinde verim ve kaliteye etkisi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(2), 149-154.
- Saraçoğlu, Ö.A., Kılıç, C.C., Duyar, H. 2020. The Effects of Different Salinity Levels (NaCl) on Yield and Plant Growth in Soilless Culture Head Lettuce (*Lactuca Sativa* L.). Journal of the Institute of Science and Technology, 10(2): 1370-1381.
- Sonmez, İ. 2010. Marul, maydanoz, tere ve roka yetiştiriciliği. Tarım ve Koy İşleri Bakanlığı, Çiftçi Eğitim Serisi 87, Ankara.
- Tanrıvermiş, H. 2000. Orta Sakarya Havzası'nda domates üretiminde tarımsal ilaç kullanımının ekonomik analizi. Ankara Üniversitesi Araştırma Enstitüsü, Yayın No:42, Ankara.
- TÜİK 2021. Bitkisel üretim istatistikleri. Erişim Tarihi; 11.10.2021.
- Tüzel, Y., Gül, A. 2008. Seracılıkta yeni gelişmeler. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Yayınları, 133: 145-160.
- Tüzel, Y., Öztekin, G., Duyar, H., Eşiyok, D., Kiliç, Ö.G., Dilek, A.N., Kayıkçıoğlu, H. 2012. Organik Salata-Marul Yetiştiriciliğinde Agrül Örtü ve Bazı Gübrelerin Verim, Kalite, Yaprak Besin İçeriği ve Toprak Verimliliğine Etkileri. Journal of Agricultural Sciences, 17(3): 190-203.
- Uzun, S. 1996. The Quantitative Effects of Temperature and Light Environment on the Growth, Development and Yield of Tomato and Aubergine (Unpublished Ph.D. Thesis). The Univ. of Reading, England 1996.
- Varış, S., Eminoğlu, F.S. 2003. Örtüaltı tarımında kullanılan ve kullanılabilecek olan ortamların fiziksel ve kimyasal özellikleri. Hasad, Eylül, 220: 46-57.





# Samsun'un Ondokuz Mayıs İlçesi Aşağı Engiz Havzasının Bazı Topraklarının Isısal Özelliklerinin İncelenmesi

Investigation of Thermal Characteristics of Some Soils of the Engiz Basin in the Ondokuz Mayıs District of Samsun

İmanverdi EKBERLİ<sup>1</sup>, Orhan DENGİZ<sup>2</sup>, Coşkun GÜLSER<sup>3</sup>, İsmail Fatih ORMANCI<sup>4</sup>, Arif AYDIN<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun  
• iman@omu.edu.tr • ORCID > 0000-0002-7245-2458

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun  
• odengiz@omu.edu.tr • ORCID > 0000-0002-0458-6016

<sup>3</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun  
• cgulser@omu.edu.tr • ORCID > 0000-0002-6332-4876

<sup>4</sup>Tarım ve Orman Bakanlığı Samsun İl Müdürlüğü  
• ismailformanci@gmail.com • ORCID > 0000-0002-4426-6498

<sup>5</sup>Tarım ve Orman Bakanlığı Samsun İl Müdürlüğü  
• arifayaydin@gmail.com • ORCID > 0000-0002-1083-5170

## Makale Bilgisi / Article Information

**Makale Türü / Article Types:** Araştırma Makalesi / Research Article

**Geliş Tarihi / Received:** 23 Şubat / February 2022

**Kabul Tarihi / Accepted:** 20 Mart / March 2022

**Yıl / Year:** 2022 | **Cilt - Volume:** 37 | **Sayı - Issue:** 2 | **Sayfa / Pages:** 387-404

**Atıf/Cite as:** Ekberli, İ., Dengiz, O., Gülsel, C., Ormanci, İ. F. ve Aydın, A. "Samsun'un Ondokuz Mayıs İlçesi Aşağı Engiz Havzasının Bazı Topraklarının Isısal Özelliklerinin İncelenmesi". *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 37(2), Haziran 2022: 387-404.

**Sorumlu Yazar / Corresponding Author:** İmanverdi EKBERLİ

## SAMSUN'UN ONDOKUZ MAYIS İLÇESİ AŞAĞI ENGİZ HAVZASININ BAZI TOPRAKLARININ ISISAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

### ÖZ:

Küresel ısınma toprak sıcaklığının ve toprakların ısısal özelliklerinin değişimini sürekli olarak etkilemektedir. Bu nedenle, farklı toprak ve iklim koşullarında toprakların sıcaklık rejiminin düzenlenmesi ve tahmin edilmesi yöntemlerinde ısısal özelliklerin belirlenmesi gereklidir. Bu çalışmada, arazide belirlenen sıcaklık ölçümlerine göre, Cambisol, Leptosol, Fluvisol ve Vertisol toprakların ısısal özellikleri bulunmuştur. Araştırma topraklarında ısısal yayılım fazla olup, ağırlıklı ortalamaya göre  $1.53 \cdot 10^{-6}$ - $3.22 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ sn}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Maksimum ısısal yayım değeri Lithic Leptosol toprakta  $3.22 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ sn}^{-1}$  olarak saptanmıştır. Hacimsel ısı kapasitesi ise ağırlıklı ortalamaya göre  $2.390 \cdot 10^6$ - $2.755 \cdot 10^6 \text{ J m}^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  aralığında değişmekte olup, Calcic Vertisol toprakta maksimum, Lithic Leptosol toprakta ise minimum değere sahip olmaktadır. Elde edilen verilere göre, hacimsel nem içeriğinin hacimsel ısı kapasitesini etkileyen temel faktör olduğu gözükmemektedir. Toprakların ısı iletkenliğinin, ısısal yayıma ve hacimsel ısı kapasitesine bağlı olarak  $3.989$ - $7.852 \text{ watt m}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  aralığında değiştiği belirlenmiştir. Maksimum ısı iletkenliği değeri Calcic Vertisol, minimum değer ise Dystric Cambisol toprakta saptanmıştır. Araştırma topraklarının yüzey horizonlarında ısı akışı tipik günlük değişim göstermiş ve ısı akışı değerleri 08:00-18:00 ve 20:00-06:00 saatlerinde sırasıyla  $25.536$ - $240.807 \text{ watt m}^{-2}$  ve  $-241.557 \text{ watt m}^{-2}$  ile  $-24.350 \text{ watt m}^{-2}$  aralıklarında belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Isısal Yayılım, Hacimsel Isı Kapasitesi, Isı İletkenliği, Yüzey Isı Akışı.*



## INVESTIGATION OF THERMAL CHARACTERISTICS OF SOME SOILS OF THE ENGİZ BASIN IN THE ONDOKUZ MAYIS DISTRICT OF SAMSUN

### ABSTRACT:

Global warming is constantly affecting the change of soil temperature and thermal properties of soils. Therefore, it is necessary to determine the thermal characteristics in the methods of improving and predicting the temperature regime of soils in different soil and climatic conditions. In the present study, according to the temperature measurements determined in the field, the thermal properties of Cambisol, Leptosol, Fluvisol and Vertisol soils were found. The thermal diffusivity is more in the research soil and varies between  $1.53 \cdot 10^{-6}$ - $3.22 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ sn}^{-1}$  according to the weighted average. The maximum thermal diffusivity value was determined

as  $3.22 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ sn}^{-1}$  in Lithic Leptosol soil. In addition, the volumetric heat capacity varies according to the weighted average in between  $2.390 \cdot 10^6$ - $2.755 \cdot 10^6 \text{ J m}^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , and Calcic Vertisol has a maximum value in the soil whereas Lithic Leptosol has a minimum value in the soil. According to the obtained results, it seems that the volumetric moisture content is the main factor affecting the volumetric heat capacity. It has been determined that the thermal conductivity of soils varies from 3.989 to 7.852  $\text{watt m}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , depending on the thermal diffusivity and volumetric heat capacity. The maximum thermal conductivity value was determined in Calcic Vertisol whereas the minimum value was determined in Dystric Cambisol soil. The heat flow showed typical daily variation of in the surface horizons of soils and values of heat flow at 08:00-18:00 and 20:00-06:00 were determined 25.536-240.807  $\text{watt m}^{-2}$  and -241.557  $\text{watt m}^{-2}$  -24.350  $\text{watt m}^{-2}$ , respectively.

**Keywords:** *Thermal Diffusivity, Volumetric Heat Capacity, Thermal Conductivity, Surface Heat Flow.*

## 1. GİRİŞ

Toprağın termal özellikleri, ısı iletkenliğini, hacimsel ısı kapasitesini ve ısıl yayılımı gibi faktörleri içermektedir. Bu özellikler toprakta ısı taşınımını ve depolanmasını iyileştirmek için gerekli yöntemlerin belirlenmesinde önemli faktörler olmaktadır. Isı iletkenliği, bir toprağın ısı iletiminin hızını ifade ederken, hacimsel ısı kapasitesi birim toprak hacminin sıcaklığını bir derece artırmak için gereken ısı miktarıdır. Isıl yayılım, toprağın ısı iletkenliğinin toprağın hacimsel ısı kapasitesine oranı olup, ısının toprakta ne kadar hızlı hareket ettiğini ifade eder (Hillel, 2004). Bu özellikler, toprak sıcaklığının dağılımını, toprakta su depolanmasını, tohum çimlenmesini, mikrobiyal aktiviteleri, yüzey enerji dengesini ve toprağın potansiyel iklim dalgalanmalarına karşı direnci dahil olmak üzere toprak oluşum süreçlerini etkilemektedir (Richard ve Cellier, 1998; Hillel, 2004; Adhikari ve ark., 2014). Bitki örtüsü ve kalıntıları, toprağın su içeriği, bünye vb. gibi faktörler toprağın termal özelliklerini farklı düzeylerde etkilemektedir. Sindelar ve ark. (2019) tarafından, mısır (*Zea mays* L.) ürünü kalıntılarının uzaklaştırılmasının ve ürün kalıntılarının uzaklaştırılması sonrası ekilen kışlık çavdar (*Secale tahl* L.) bitkisi örtüsünün toprağın termal özelliklerine etkisinin belirlenmesine ait bir çalışmada, kontrol toprağın 0-5 cm derinliğinde ısı iletkenliği ve hacimsel ısı kapasitesi, sırasıyla  $1.11 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$  ve  $2.875 \text{ MJ m}^{-3} \text{ K}^{-3}$  olduğunu saptanmıştırlar. Ürün kalıntıları uzaklaştırılmayan ve uzaklaştırılan durumlarda oluşan bitki örtüsünde, toprağın ortalama ısıl yayılımının ise sırasıyla  $0.40 \pm 0.09 \text{ mm}^2 \text{ sn}^{-1}$  ve  $0.39 \pm 0.04 \text{ mm}^2 \text{ sn}^{-1}$  olduğunu belirlemişlerdir.

Toprağın ısıl yayılımı, toprağın ısıl iletkenliğine ve hacimsel ısı kapasitesine bağlı olarak değişmektedir. Artan ısı iletkenliği (toprağın ısı transferi özelliği) ile ısıl yayılım da artmakta ve derin toprak horizonlarının sıcaklığı,

yüzey sıcaklık değişimlerine daha duyarlı hale gelmektedir. Tersine, termal kapasitedeki (toprak sıcaklığını yükseltmek için gereken ısı miktarındaki) bir artış, ısısal yayınımda bir azalmaya yol açmakta ve dolayısıyla değişen dış koşullara karşı toprak profilinin derinliklerindeki sıcaklık değişimini azaltmaktadır. Bu nedenle, toprağın sıcaklık duyarlılığının bir göstergesi olan ısısal yayınım, toprağın ısı transferi (ısı iletkenliği) veya ısı ataletindeki (ısı kapasite) değişimlerin bir sonucu olarak farklı değerlere sahip olabilir. Ayrıca, toprağın hem ısı iletkenliği hem de ısı kapasitesi toprak nem içeriğine göre önemli düzeyde değiştiği için, toprakların ısısal yayınımları büyük ölçüde nem içeriğine de bağlıdır. Herhangi bir toprağın farklı nem içeriğine sahip olması durumunda, ısısal yayınımların değişim aralığı, toprak bünyesine, hacim ağırlığına ve organik madde içeriğine bağlı olarak değişmektedir (Parikh ve ark., 1979; Abu-Hamdeh, 2003; Roxy ve ark., 2010; Arkhangel'skaya ve ark., 2015; Arkhangel'skaya ve Lukyashchenko, 2018; Arkhangel'skaya, 2020). Toprağın ısısal özelliklerinden biri olan hacimsel ısı kapasitesi, toprağın hacimsel su içeriği, hacim ağırlığı ve organik karbon konsantrasyonuyla pozitif bir ilişkiye sahip olabilir (Abu-Hamdeh, 2003; Adhikari ve ark., 2014; Lu ve ark., 2014). Bitki gelişiminde ve modellenmesinde ısısal özelliklerin önemli olduğunu göz önüne alarak, Fu ve ark. (2020) tarafından yapılan bir modelleme araştırmasında, bitki kök bölgesinde toprağın ısı kapasitesi, ısı iletkenliği ve dielektrik sabitesi irdelenmiş; üç toprakta yapılan deneysel değerlendirmeler sonucunda, yapılan modellerin genel olarak kök bölgesinin bu özelliklerinin mekansal ve zamansal değişimlerini tanımlayabildiğini göstermişlerdir.

Toprağın ısı iletkenliği, toprak enerji dengesini, ısı rejimini ve topraktaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçleri tahmin etmek için önemli bir parametre olup, deneysel ve teorik yöntemlerle belirlenmektedir (Peters-Lidard ve ark., 1998; Wilson ve ark., 2002; Christensen ve ark., 2013; Ju ve Hu, 2018; Zhou ve ark., 2020; Wang ve ark., 2021; Zhang ve ark., 2021; Wang ve ark., 2022). Schjøning (2021), bozulmamış toprağın ısı iletkenliğinin ölçümleri ve tahminine ait yaptığı bir çalışmada, kuru ve su ile doymuş toprağın 5-85 cm derinliğinde ısı iletkenliği değerlerini belirlemiştir. Toprağın su ile doymuşluk derecesinin 0.01 ile 0.98 arasındaki değişiminde, ısı iletkenliğinin 0.18-0.298 Watt m<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> arasında değiştiğini ve elde edilen değerlerin literatür verileriyle tam olarak örtüşmediğini göstermiştir. Ayrıca, ısı iletkenliğiyle toprağın su ile doyma derecesi, hacim ağırlığı, organik madde ve kil miktarı arasında ikinci dereceden polinom ilişkisi oluşturulmuş; hacim ağırlığı, organik madde ve kil miktarının önemli, silt ve kum miktarının ise önemli olmayan ( $P > 0,05$ ) etkisi vurgulanmıştır. Toprakta organik maddenin ayrışması, denitrifikasyon ve sera gazı emisyonu ile ilişkili olan biyotik ve abiyotik süreçler sıcaklık değişimine bağlı olduğundan, ısı iletkenliğinin bu süreçler üzerindeki etkileri toprak-bitki-atmosfer sistemi modellerinde birleştirilmektedir (Hansen ve ark., 1991; 2012; Nkongolo ve ark., 2010; Dutta ve ark., 2018; Taghizadeh-Toosi ve ark., 2019). Gününüzde yerkürenin önemli bir

sorunlarından olan sera gazı emisyonlarının ve küresel ısınma olaylarının tahmin edilmesine yönelik modelleme çalışmalarında, ısı iletkenliğinin gerekli ve önemli bir parametre olduğu bir çok araştırmacı tarafından belirtilmiştir (Dutta ve ark., 2018; Nkongolo ve ark., 2010). Fu ve ark.(2021), toprağın su tutma eğrilerini tahmin etmek için deneysel “ısı iletkenliği-su tutma (TCWR)” yaklaşımı ile toprakların ısı iletkenliği ve toprak özellikleri (hacim ağırlığı, bünye, organik karbon) verilerini kullanmışlardır. Toprağın ısı iletkenliği üzerine, toprakların buldukları ekolojik değişkenlere bağlı olarak gelişim süreçleri sonrasında karakter kazanmasıyla oluşan farklı toprak çeşitleri de etkili olmaktadır. Kodešová ve ark. (2013), Çek Cumhuriyetini temsil eden toprak çeşitlerinin termal özellikleri üzerine yaptıkları çalışmada, diğer toprak çeşitlerine nazaran en düşük ısı iletkenliğini Stagnic Chernozem ve Dystric Cambisol topraklarda belirlemişlerdir.

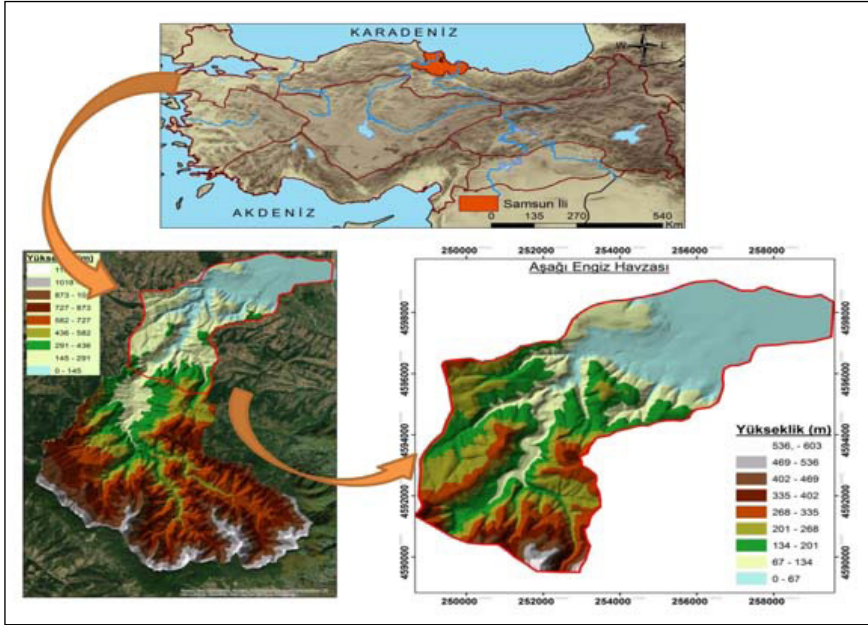
Bu araştırmada, Samsun'un Ondokuz Mayıs ilçesi sınırları içerisinde yer alan Aşağı Engiz havzasında dağılım gösteren Cambisol, Leptosol, Fluvisol ve Vertisol toprakların ısısal özelliklerinin (özellik ve hacimsel ısı kapasitesi, ısısal yayılım, ısı iletkenliği, yüzey horizonlarda ısı akışı) belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL

Çalışma Samsun-Engiz havzasının Aşağı alt havzasında gerçekleştirilmiş olup, 4590000-4598000K ve 250000-258000D (WGS84, Zone 37, UTM m) koordinatlarında yer almaktadır (Şekil 1). Yükseklik deniz seviyesinden 0 m ile 603 m arasında değişmektedir.

Su temini için önemli bir rezerv olan Samsun-Engiz Havzası, tarım, orman, mera ve yerleşim gibi farklı arazi kullanım ve arazi türlerine sahiptir. Bölgenin coğrafi alanı yaklaşık 4758 ha 'dır. Çalışma alanı çeşitli topografik özelliklerden oluşmaktadır. Özellikle, arazi şekli dağ, tepeler ve ovalar ile karakterize edilir ve Güneybatı ve Güneydoğu bölgeleri dik yamaçlarla karakterize edilir. Çalışma alanına ait uzun yıllar meteorolojik verilerine göre (1986-2020) yıllık ortalama sıcaklık 13.8 °C; yıllık ortalama yağış 717.5 mm ve yıllık ortalama buharlaşma değeri ise 752.31 mm'dir. Newhall modeline göre toprak ve sıcaklık rejimi hesaplandığında toprak nem rejimi ustic ve sıcaklık rejimi ise mesic olarak belirlenmiştir (Turan ve ark., 2018). Havzanın ana çok yıllık Nehri Engiz Çayı'dır ve diğer düzensiz akan nehirlerle (Erikli, Elmacukuru ve Kösedik) sahiptir (İmamoğlu ve ark., 2014). Alanda yaygın büyük toprak grupları olarak kahverengi orman ve gri kahverengi podzolik topraklar dağılım gösterirken, alüvyon toprakları ise havzadaki küçük parçaları kapsar (Dengiz ve Sarioğlu, 2011). Bu topraklar IUSS Working Group WRB (2015) sınıflamasına göre ise Cambisol, Leptosol, Vertisol ve Fulvisol topraklar olarak sınıflandırılmıştır (Kapur ve ark., 2018). Ekilebilir araziler çok sınırlıdır ve genellikle havzanın Kuzey kısımlarında bulunan neredeyse düz bir alanda bulunurken, havza alanının Güney ve Güneydoğu kısımlarında orman ve mera alanları yoğunur. Erozyon sorunu, kısmen kademeli topografyası ve uygun olmayan tarım-orman, tarım-mera yönetimi uygulamaları nedeniyle bölgede yaygındır.





Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası

Figure 1. Study area location map

### 3. YÖNTEM

Araştırma alanında yer alan Cambisol, Leptosol, Fluvisol ve Vertisol toprak profillerinden horizon esasına göre toprak örnekleri alınmıştır. Genel olarak A/Bw/C horizon dizilimine sahip olan Dystric ve Vertic Cambisol (Profil 1 ve Profil 2) topraklardan altı adet, açılan iki profilin (Profil 3 ve 4) toprak sınıflamadaki karşılığı olan Lithic Leptosol (A/Cr1/C2) topraklara ait altı adet, Ap/A2/AC/C horizon dizilimine sahip Clayic Fluvisol (Profil 5) topraklardan 4 adet ve Clacic Vertisol (Profil 6- Ap/A2AB/Bss/Ck) topraklardan ise 5 adet olmak üzere 21 adet toprak örnekleme yapılmıştır. Alınan toprak örneklerinde bünye, hidrometre yöntemiyle (Bouyoucos, 1951); hacim ağırlığı, alınmış bozulmamış toprak örneklerinde (Blake ve Hartge, 1986); elektriksel iletkenlik, saturasyon çamurunda kondaktivi metre aleti kullanılarak belirlenmiştir (Soil Survey Staff, 1992). Organik madde Walkley-Black yönteminin Jackson tarafından modifiye edilmiş şekli ile yapılmıştır (Jackson, 1958). Hacimsel su içeriği, gravimetrik nem değerlerinden hesaplanmıştır.

Toprağın temel ısı iletkenliği denklemini  $\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$  ( $0 \leq x < \infty, t \geq 0$ ) (1) [burada,

$T(x, t)$  -  $x$  mesafesinde belirli bir  $t$  anındaki toprak sıcaklığı, °C;  $\alpha$  - sıcaklık iletkenlik katsayısı (difüzyon) veya ısısal yayındır,  $m^2/sn$ .] biçiminde ifade edilmektedir. Toprak yüzeyinde sıcaklığın harmonik değişimini ifade eden  $T(0, t) = T_0 + A \sin \omega t$  [burada,  $T_0$  - toprak yüzeyinin ortalama sıcaklığı, °C;  $A$  - toprak yüzeyindeki maksimum veya minimum sıcaklık değeri ile ortalama yüzey sıcaklığı arasındaki farkı ifade eden amplitüt,  $\omega = 2\pi / P$  - sıcaklık dalgalarının açısal frekansı (döngüdeki değişimin sıklığı) ve  $P$  - periyot, yani dalganın bir döngüsünü tamamlaması için gerekli olan zamandır] sınır koşuluna bağlı olarak, (1) denkleminin çözümü aşağıdaki biçimde olur:

$$T(x, t) = T_0 + A e^{-x \sqrt{\frac{\omega}{2\alpha}}} \sin \left( -x \sqrt{\frac{\omega}{2\alpha}} + \omega t \right) \text{ veya } T(x, t) = T_0 + \frac{A}{e^{x \sqrt{\frac{\omega}{2\alpha}}}} \sin \left( -x \sqrt{\frac{\omega}{2\alpha}} + \omega t \right) \quad (2)$$

(2) ifadesinden görüldüğü gibi, toprağın alt katmanlarında sıcaklık amplitudunun değeri  $A(x) = \frac{A}{e^{x \sqrt{\frac{\omega}{2\alpha}}}}$  (3)

gibi olup, toprak derinliği boyunca eksponansiyon olarak azalır. Eğer derinlik aritmetik olarak artarsa, amplitüt geometrik olarak azalmaktadır. (3) ifadesinden,  $\ln \frac{A(x)}{A} = -x \sqrt{\frac{\omega}{2\alpha}}$  olarak, ısısal yayının katsayısı:

$$\alpha = \frac{\omega x^2}{2 \ln^2 \frac{A(x)}{A}} \text{ veya } \alpha = \frac{P}{\pi} \left( \frac{\Delta x}{\ln(A_i / A_{i+1})} \right)^2 \quad (4) \text{ [burada, } \Delta x = x_i - x_{i+1} \text{ (} i = \overline{1, n}) \text{ - katmanlar}$$

arasındaki mesafe;  $A_i$  ve  $A_{i+1}$  sırasıyla toprağın  $x_i$  ve  $x_{i+1}$  katmanlarına ait sıcaklık amplitüdü değerleridir] biçiminde elde edilir (Trombotta ve Borzotta, 2009; Correia ve ark., 2012; Ekberli ve Gülser, 2014; Arias-Penas ve ark., 2015; Ekberli ve Dengiz, 2016; Dengiz ve Ekberli, 2017; Gülser ve ark., 2018; Gülser ve Ekberli, 2019). Araziye her toprak profiline ait horozonlarda termometre ile (Sterling ve Jackson, 1986) ölçülen sıcaklık değerlerinden kullanılarak, toprakların  $\Delta x = x_i - x_{i+1}$  ( $i = \overline{1, n}$ ) katmanlardaki ısısal yayını katsayıları,  $P = 604800$  sn olduğunu göz önüne alarak, (4) ifadesine göre belirlenmiştir. Toprağın katı kısmının özgül ısı kapasitesi ( $C_{s,t}$ ,  $cal\ gr^{-1}\ ^\circ C^{-1}$  veya  $J\ kg^{-1}\ ^\circ C^{-1}$ )

$$C_{s,t} = C_{s,org} \frac{m_{org}}{m} + C_{s,min} \left( 1 - \frac{m_{org}}{m} \right) \quad (5)$$

[burada,  $C_{s,org}$  ve  $C_{s,min}$ - sırasıyla toprağın katı kısmındaki organik ve mineral maddenin özgül ısı kapasitesi

( $cal\ gr^{-1}\ ^\circ C^{-1}$  veya  $J\ kg^{-1}\ ^\circ C^{-1}$ );  $\frac{m_{org}}{m}$  - topraktaki organik madde miktarı ( $gr\ gr^{-1}$  veya %)

olmaktadır] ifadesinden; hacimsel ısı kapasitesi ( $C_{ht}$ ,  $cal\ cm^{-3}\ ^\circ C^{-1}$  veya  $J\ m^{-3}\ ^\circ C^{-1}$ ) ise

$$C_{ht} = C_{\delta,t} p + C_{h,s} W_\theta \quad (6)$$

[burada,  $p$  - toprağın hacim ağırlığı ( $gr\ cm^{-3}$ );  $C_{h,s} = 1.00\ cal\ cm^{-3}\ ^\circ C^{-1}$  - suyun hacimsel ısı kapasitesi;  $W_\theta$  - toprağın hacimsel nem ( $cm^3\ cm^{-3}$ ) içeriği olmaktadır] formülünden faydalanarak belirlenmiştir (Hanks ve Ashcroft 1980; Hilel 2004). Toprakların ısı iletkenliği katsayısı  $\lambda = \alpha C_{h,s}$  (7) ifadesine göre hesaplanmıştır.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Toprakların Sınıflaması, Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de gösterilmiştir. Toprakların pedolojik süreçleri sonrasında kazanmış oldukları genetik horizonların varlı veya yokluğuna göre genç veya olgun olarak nitelendirilebilir (Dengiz, 2010). Bu bağlamda, Profil 3, 4 ve 5 nolu topraklar toprak oluşum sürecinin başlangıç everelrinde olmaları ve yüzey altı tanı horizonları içermemeleri nedeniyle IUSS Working Group WRB (2015) göre Lithic Leptosol ve Clayic Fulvisol olarak sınıflandırılmışlardır. 1 ve 2 nolu profiller ise genç topraklara göre özellikle profil içerisinde strüktürel bir gelişim göstermeleri (cambic horizon oluşumu-Bw) daha ileri seviyede oldukları toprak reksiyonlarında ve kil içeriklerindeki farklılıklardan dolayı IUSS Working Group WRB (2015) göre sırasıyla Dystric Cambisol ve Vertic Cambisol olarak tanımlanmışlardır. 6 nolu profil ise tüm profilin %40 ve üzeri kil içermesi ve kayma yüzeyleri oluşumu (Bss) ve profil içerisinde sekonder kireç birikim özellikleri olan kireç miselleri ve kireç nodülleri nedeniyle de Calcic Vertisol olarak sınıflandırılmıştır. Araştırma topraklarında tuzluluk problemi bulunmamakta ve EC değerleri  $0.11 \text{ dS m}^{-1}$  ile  $0.62 \text{ dS m}^{-1}$  arasında değişmektedir. Toprakların organik madde içerikleri yönünden en yüksek %5.79 ile Clayic Fulvisol topraklarda belirlenirken en düşük %2.28 ile Lithic Leptosol (Profil 3) de belirlenmiştir. Fakat tüm toprakların organik madde oranları profil içinde derine doğru azaldığı görülmektedir. Toprakların profil içerisinde en fazla kil içerikleri Calcic Vertisol topraklarda belirlenirken, kum içerikleri yönünden en fazla Lithic Leptosol (Profil 3) de olduğu belirlenmiştir. Toprakların gerek organik madde gerekse de kil içerikleri hacim ağırlıklarını ve su tutma kapasitelerini doğrudan etkileyen faktörlerdir. Toprakların hacim ağırlıkları genellikle derine doğru bir artış olduğu görülmektedir. En yüksek hacim ağırlıkları  $1.42 - 1.67 \text{ gr cm}^{-3}$  ile Lithic Leptosol (Profil 4) topraklarda belirlenmiştir. Ayrıca hacimsel su içeriği yönünden ise yine Lithic Leptosol (Profil 4) en düşük değerlere sahip olup  $0.29 - 0.31 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  arasında değiştiği belirlenmiştir.

**Çizelge 1.** Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri**Table 1.** Some physical and chemical properties of soils

Horizon	Derinlik (cm)	EC (dSm <sup>-1</sup> )	OM (%)	Bünye			HA (gr cm <sup>-3</sup> )	Θ (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )
				Kil (%)	Kum (%)	Silt (%)		
<b>Profil 1</b> Dystric Cambisol								
Ap	0-16	0.40	5.12	47.49	18.92	33.59	1.30	0.31
Ad2	18-40	0.24	2.40	49.41	19.49	31.10	1.48	0.37
Bw	40-81	0.19	0.94	63.70	10.73	25.57	1.21	0.44
C	81+	0.13	0.11	24.98	60.87	14.15	1.32	0.43
<b>Profil 2</b> Vertic Cambisol								
A	0-22	0.42	4.08	43.50	23.68	32.82	1.26	0.32
Bw	22-50	0.36	1.27	43.59	23.45	32.96	1.46	0.31
C1	50-81	0.15	0.37	41.74	25.46	32.80	1.48	0.36
C2	81+	0.38	0.17	48.00	19.33	32.67	1.33	0.39
<b>Profil 3</b> Lithic Leptosol								
A	0-29	0.36	2.28	33.86	47.89	18.25	1.47	0.31
Cr1	29-72	0.15	1.14	12.54	68.91	18.55	1.54	0.28
C2	72+	0.11	0.42	10.57	81.61	7.82	1.55	0.44
<b>Profil 4</b> Lithic Leptosol								
A	0-20	0.36	3.70	36.12	34.81	29.07	1.43	0.29
Cr	20-40	0.13	1.70	18.96	68.55	12.49	1.67	0.29
Cr2	40+	0.16	1.46	20.69	67.05	12.26	1.42	0.31
<b>Profil 5</b> Clayic Fulvisol								
Ap	0-16	0.58	5.79	47.91	18.55	33.54	1.41	0.35
A2	16-57	0.62	2.45	47.67	22.12	30.21	1.42	0.38
AC	57-77	0.50	1.88	39.68	24.40	35.92	1.30	0.36
C	77+	0.49	1.73	39.56	22.13	38.31	1.19	0.38
<b>Profil 6</b> Calcic Vertisol								
Ap	0-16	0.56	4.95	57.42	11.25	31.33	1.36	0.37
A2	16-46	0.51	2.84	61.54	9.30	29.16	1.33	0.45
AB	46-88	0.48	1.28	63.77	8.51	27.72	1.33	0.38
Bss	88-124	0.59	1.15	63.43	9.15	27.42	1.40	0.41
Ck	124+	0.53	0.49	60.48	12.31	27.21	1.51	0.36

EC-elektriksel iletkenlik; OM-organik madde; HA-hacim ağırlığı, Θ-hacimsel nem içeriği

**4.2. Araştırma Alanı Topraklarının Isısal Yayınım Değerleri**

Araştırma alanı topraklarının horizonlarında ölçülen sıcaklık değerlerine dayanarak, (4) ifadesiyle hesaplanan ısısal yayınım katsayısı değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Toprakların sıcaklık (°C), amplitüt (°C) ve ısısal yayılım katsayısı ( $m^2 sn^{-1}$ ) değerleri

**Table 2.** Temperature (°C), amplitude (°C) and thermal diffusion coefficient ( $m^2 sec^{-1}$ ) values of soils

Horizon	Derinlik, cm	Sıcaklık			A	$a \cdot 10^{-6}$
		Minimum	Maksimum	Ortalama		
<b>Profil 1 Dystric Cambisol</b>						
	0	22.5	34.7	29.2	5.5	-
Ap	0-16	21.3	31.7	27.6	4.1	1.54
Ad2	16-40	20.6	27.7	24.9	2.8	2.06
Bw	40-81	19.8	23.4	22.2	1.2	1.22
C	81+	17.2	20.4	19.3	1.1	-
<b>Profil 2 Vertic Cambisol</b>						
	0	21.2	30.1	23.8	6.3	-
A	0-22	19.3	27.5	22.7	4.8	3.40
Bw	22-50	18.4	24.2	21.6	2.6	1.09
C1	50-81	16.2	21.3	19.7	1.6	2.12
C2	81+	15.1	18.5	17.1	1.4	-
<b>Profil 3 Lithic Leptosol</b>						
	0	23.8	34.4	28.5	5.9	-
A	0-29	22.7	28.3	25.2	3.1	1.06
Cr1	29-72	19.4	21.1	19.3	1.8	3.25
C2	72+	13.5	15.6	14.0	1.6	-
<b>Profil 4 Lithic Leptosol</b>						
	0	23.1	35.8	30.3	5.5	-
A	0-20	20.4	30.2	26.0	4.2	2.86
Cr	20-40	21.3	28.4	25.1	3.3	3.58
Cr2	40+	19.4	25.3	22.2	3.1	-
<b>Profil 5 Clayic Fulvisol</b>						
	0	23.1	33.8	29.8	4.0	-
Ap	0-16	22.3	30.5	27.6	2.9	1.29
A2	16-57	20.8	28.2	26.6	1.6	2.47
AC	57-77	19.8	24.3	23.1	1.2	2.51
C	77+	16.4	23.3	22.3	1.0	-
<b>Profil 6 Calcic Vertisol</b>						
	0	22.8	34.6	29.4	5.2	-
Ap	0-16	21.7	29.2	25.3	3.9	1.61
A2	16-46	20.3	27.4	24.8	2.6	2.85
AB	46-88	19.8	23.7	22.2	1.5	3.03
Bss	88-124	18.7	21.0	20.2	0.9	2.58
Ck	124+	16.5	19.0	18.2	0.8	-

$$A = T_{maksimum} - T_{ortalama} \text{ - toprak horizonlarına ait sıcaklık amplitütü, } a \text{ - ısısal yayılım katsayısı}$$

Çizelge 2'den görüldüğü gibi, toprak özelliklerine, iklim ve dolayısıyla sıcaklık değişimine, toprak horizonlarının ortalama ve maksimum sıcaklığına önemli düzeyde bağlı olan sıcaklık dalgalarının amplitütü; tüm toprak profillerinin horizonlarında 0.8-6.3°C aralığında değişmektedir. Aşağı katmanlara doğru ortalama sıcaklığın ve maksimum sıcaklığın azalması, amplitütün değerlerinin düşük olmasına neden olmaktadır. Toprak profillerinin tüm horizonlarında ısısal yayılım katsayısı ise  $1.06 \cdot 10^{-6} m^2 sn^{-1}$  ile  $3.58 \cdot 10^{-6} m^2 sn^{-1}$  arasında değişmektedir. Tüm toprak horizonlarındaki ısısal yayılım katsayılarının karşılaştırılmasından görüldüğü gibi, ısısal yayılımın maksimum değeri  $3.58 \cdot 10^{-6} m^2 sn^{-1}$ ; minimum

değeri ise  $1.06 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ sn}^{-1}$  olarak, Lithic Leptosol (4. profil) toprağın sırasıyla Cr (20-40 cm) ve A (0-29 cm) horizonlarında (3. profil) saptanmıştır. Horizon derinliği ve horizon yüzeylerindeki sıcaklık değerlerinin değişimi, ısısal yayınıma önemli düzeyde etkilemektedir. Araştırma topraklarında; derinliği fazla, yüzey sıcaklık dalgalanmaları düşük olan horizonlarda, ısısal yayınıma genellikle yüksek olmaktadır. Toprak özelliklerine, araştırma bölgesinin iklim koşullarına, ısısal yayınıma belirleme yöntemine bağlı olarak, ısısal yayınıma katsayısı farklı düzeyde değişiklik göstermektedir. Passerat de Silans ve ark.(1996) tarafından, ısısal yayınıma katsayısı farklı yöntemlerle (harmonik, Laplace dönüşümü, düzeltilmiş Laplace dönüşümü, homojen olmayan toprak sisteminde Lettau yöntemi) belirlenmiş ve toprağın 0-28 cm katmanında ısısal yayınıma  $0.27 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ sn}^{-1}$  -  $1.40 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ sn}^{-1}$  aralığında değiştiği saptanmıştır. Correia ve ark. (2012), ısısal yayınıma jeolojik oluşum süreçlerinde önemli faktör olduğunu, 26 m toprak derinliğinde ısısal yayınıma  $1.1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ sn}^{-1}$  ile  $1.6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ sn}^{-1}$  (veya  $0.011$ - $0.016 \text{ cm}^2 \text{ sn}^{-1}$ ) arasında değiştiğini göstermişlerdir. Bazı literatür kaynaklarında ise ısısal yayınıma  $0.77 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ sn}^{-1}$  ile  $10.09 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ sn}^{-1}$  aralığında değiştiği belirlenmiştir (Arkhangelskaya ve Lukyashchenko, 2018; Arkhangelskaya, 2020).

Genel olarak, ısısal yayınıma katsayısı iklim faktörleriyle beraber, nem, hacim ağırlığı, organik madde miktarı, toprak bünyesi (kil, silt, kum), tuz miktarı gibi toprak özelliklerine önemli düzeyde bağlı olup; nem, kil, tuz miktarı, hacim ağırlığı, tuz miktarıyla pozitif, organik madde miktarıyla ise negatif ilişki göstermektedir. Fakat toprak özelliklerinin düzensiz değişimi ve bir birine olan karşılıklı etkisi; ayrıca her bir özelliğin ısısal yayınıma etkisinin belirlenmesini zorlaştırmakta ve bazı durumlarda imkansız yapmaktadır (Tikhonravova, 2007; Arkhangelskaya ve Umarova, 2008; Arkhangelskaya ve Lukyashchenko, 2018; Arkhangelskaya, 2020). Bu ise, kil, kumlu killi tın, kumlu tın, killi tın bünyeye sahip araştırma profillerinde ısısal yayınıma katsayılarının farklı değerlere sahip olmasına neden olmaktadır.

### 4.3. Toprakların Özgül ve Hacimsel Isı Kapasitesi ve Isı İletkenliği

Araştırma topraklarının katı kısmındaki organik ve mineral maddenin özgül ısı kapasitesinin sırasıyla  $C_{ö,org} = 0.46 \text{ cal gr}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} = 1925.928 \text{ J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  ve  $C_{ö,min} = 0.18 \text{ cal gr}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} = 753.624 \text{ J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  ( $1 \text{ cal} = 4.1868 \text{ J}$ ) olduğu göz önüne alınarak, her horizonun  $\frac{m_{org}}{m}$  değerlerine bağlı olarak (5) ifadesine göre özgül ısı kapasitesi belirlenmektedir. Örneğin, Dystric Cambisol toprağın Ap (0-16 cm) horizonu için, özgül ısı kapasitesi  $C_{ö,t} = 0.46 \text{ cal gr}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 0.0512 + 0.18 \text{ cal gr}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} (1 - 0.0512) = 0.194336 \text{ cal gr}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \approx 813.646 \text{ J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  olarak bulunur. (6) ifadesine göre, Dystric Cambisol toprağın Ap (0-16 cm) horizonu için hacimsel ısı kapasitesi ise  $C_{h,t} = 0.194336 \text{ cal gr}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 1.50 \text{ gr cm}^{-3} + 1.00 \text{ cal cm}^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \cdot 0.31 = 0.601504 \text{ cal cm}^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} = 2.518 \cdot 10^6 \text{ J m}^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  olur. Tüm toprak horizonlarına ait belirlenen özgül ve hacimsel ısı kapasitesi; toprağın ısısal yayınıma ve hacimsel ısı kapasitesine bağlı olarak (7) ifadesine göre hesaplanan ısı iletkenliği katsayısı



değerleri Çizelge 3'de verilmiştir.

**Çizelge 3.** Toprakların özgül ve hacimsel ısı kapasitesi ve ısı iletkenliği katsayısı değerleri

**Table 3.** Specific and volumetric heat capacity and thermal conductivity coefficient values of soils

Horizon	Derinlik, cm	$C_{s,s}$ , $J kg^{-1} °C^{-1}$	$C_{h,s} \cdot 10^6$ , $J m^{-3} °C^{-1}$	$\lambda$ , $wattm^{-1} °C^{-1}$
<b>Profil 1 Dystric Cambisol</b>				
Ap	0-16	813.646	2.518	3.878
Ad2	18-40	781.759	2.706	5.574
Bw	40-81	764.644	2.767	3.376
C	81+	754.914	2.721	-
<b>Profil 2 Vertic Cambisol</b>				
A	0-22	801.454	2.510	8.534
Bw	22-50	754.445	2.475	2.698
C1	50-81	757.962	2.629	5.573
C2	81+	765.464	2.651	-
<b>Profil 3 Lithic Leptosol</b>				
A	0-29	780.353	2.445	2.592
Cr1	29-72	766.988	2.353	7.647
C2	72+	770.271	2.805	-
<b>Profil 4 Lithic Leptosol</b>				
A	0-20	796.999	2.354	6.732
Cr	20-40	773.553	2.506	8.971
Cr2	40+	770.740	2.392	-
<b>Profil 5 Clayic Fluvisol</b>				
Ap	0-16	821.500	2.624	3.385
A2	16-57	782.345	2.702	6.674
AC	57-77	775.663	2.516	6.315
C	77+	773.905	2.512	-
<b>Profil 6 Calcic Vertisol</b>				
Ap	0-16	811.653	2.653	4.271
A2	16-46	786.917	2.931	8.353
AB	46-88	780.353	2.629	7.966
B <sub>ss</sub>	88-124	775.312	2.802	7.229
Ck	124+	771.091	2.672	-

Araştırma topraklarında özgül ısı kapasitesi  $754.445 J kg^{-1} °C^{-1}$  ile  $821.500 J kg^{-1} °C^{-1}$  aralığında değişmektedir. Özgül ısı kapasitesinin maksimum değeri Clayic Fluvisol toprağın Ap, minimum değeri ise Vertic Cambisol toprağın Bw horizonunda belirlenmiştir. Özgül ısı kapasitesi, toprakların katı ve mineral kısmındaki organik maddenin fonksiyonu olup, aşağı toprak horizonlarında organik madde miktarının azalmasına uygun olarak azalma eylemi göstermektedir. Hacimsel ısı kapasitesi toprak horizonlarının özgül ısı kapasitesi, hacim ağırlığı ve hacimsel nem içeriğine bağlı olarak,  $2.353 \cdot 10^6 J m^{-3} °C^{-1}$  -  $2.931 \cdot 10^6 J m^{-3} °C^{-1}$  aralığında değişmektedir. Hacimsel nem içeriği, hacimsel ısı kapasitesini etkileyen temel faktör olup, bu iki parametre arasında doğrusal ilişki bulunmaktadır. Bazı horizonlarda

hacimsel nem içeriğinin dar aralıklarda değişimi, hacimsel ısı kapasitesinin de dar aralıkta değişimine neden olmaktadır. Örneğin, kışlık buğday tarlası topraklarının deneysel ısınmasının toprağın hidro-ısısal özelliklerine ve ısı akışına etkisinin incelenmesine ait bir araştırmada, toprak derinliği arttıkça hacimsel ısı kapasitesinin arttığını, varyasyonun ise azaldığı gösterilmiş; araştırma toprağının 5 cm ve 40 cm derinliğinde hacimsel ısı kapasitesinin sırasıyla  $1.81 \text{ J cm}^{-3} \text{ K}^{-1}$  ve  $2.13 \text{ J cm}^{-3} \text{ K}^{-1}$  olduğu belirlenmiştir (Ju ve Hu, 2018). Wang ve ark. (2021) ise, toprağın diğer ısısal özelliklerini de kapsayan bir araştırmada, genel olarak toprakların hacimsel ısı kapasitesinin  $0.5 \cdot 10^6 - 5.0 \cdot 10^6 \text{ J m}^{-3} \text{ K}^{-1}$  aralığında değiştiğini vurgulamışlardır.

Toprakta ısı iletimi hızının göstergesi olan ısı iletkenliği, araştırma topraklarında  $2.592 \text{ watt m}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  ile  $8.971 \text{ watt m}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  aralığında değişmektedir. Maksimum ısı iletkenliği değeri Lithic Leptosol (Profil 4) toprağın Cr (20-40 cm), minimum değer ise Lithic Leptosol (Profil 3) toprağın A (0-29 cm) horizonunda saptanmıştır. Toprak horizonlarına göre ısı iletkenliğinin ağırlıklı ortalaması göz önüne alındığında, ısı iletkenliği değerleri için Lithic Leptosol (Profil 4) > Vertisol (Profil 6) > Fluvisol (Profil 5) > Lithic Leptosol (Profil 3) > Vertic Cambisol (Profil 2) > Dystric Cambisol (Profil 1) sıralaması belirlenmiştir. Toprakların ısı iletkenliğinin ağırlıklı ortalamasına göre ise, bu sıralama Vertisol > Leptosol > Fluvisol > Cambisol biçiminde olur. Sıralamanın farklılık göstermesinin nedeni, profillerin farklı (topografik) konumlara, horizonların ise farklı gelişim ve karakteristiklere sahip olmasının yanı sıra farklı derinlik ve ısı iletkenliğine sahip olması olabilir. Araştırma topraklarında ısısal yayılım yüksek olduğundan ısı iletkenliği değerleri de yüksek bulunmuştur. Isı iletkenliği, ısısal yayılım ve hacimsel ısı kapasitesiyle doğrusal ilişkide olduğundan, araştırma topraklarında da bu parametrelerin artışı ısı iletkenliğinin de artmasına neden olmaktadır. He ve ark. (2017), ısı iletkenliğine ait modelleme çalışmasında, farklı bünyeye sahip 47 toprak örneğinde yapılan 368 test sonuçlarına göre, ısı iletkenliğinin  $2.16-8.03 \text{ watt m}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  aralığında değiştiğini belirlemişlerdir. Ayrıca, silt+kum bileşeninin ısı iletkenliğinin artışında etkileyici faktörlerden biri olduğunu ve ısı iletkenliğine ait veri tabanı ve deneysel metodolojileri kapsayan literatür kaynakları sunmuşlardır.

Toprakların ısısal, fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyon ilişkiler SPSS Statistics 17.0 paket programında hesaplanmış ve Çizelge 4'de verilmiştir.



**Çizelge 4.** Toprakların ısısal, fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin korelasyon değerleri matrisi

**Table 4.** Correlation values matrix for thermal, physical and chemical properties of soils

	$\lambda$	$C_{h,t}$	$C_{\theta,t}$	a	$\theta$	EC	OM	Kil	Silt	Kum	HA
$\lambda$	1	0.090	-0.084	0.982**	0.029	-0.025	-0.208	-0.163	-0.249	0.212	0.164
$C_{h,t}$	0.090	1	0.000	-0.095	0.941**	0.359	-0.078	0.786**	0.233	-0.693**	-0.361
$C_{\theta,t}$	-0.084	0.000	1	-0.083	-0.082	0.533*	0.966**	0.189	0.318	-0.255	-0.306
a	0.982**	-0.095	-0.083	1	-0.140	-0.109	-0.194	-0.311	-0.295	0.343	0.225

\*\* Korelasyon 0.01 düzeyinde anlamlı; \*Korelasyon 0.05 düzeyinde anlamlı

Araştırma topraklarının ısı iletkenliğiyle toprak özellikleri arasında çok zayıf ( $r < 0.2$ ); ısısal yayılım katsayısı arasında ise çok yüksek pozitif ilişki (0.982\*\*) belirlenmiştir. Teorik olarak, (7) ifadesinden de görüldüğü gibi, ısı iletkenliği katsayısıyla ısısal yayılım katsayısı arasında, bu parametrelerin değişim aralığında, artan fonksiyonel ilişki mevcuttur. Toprak özelliklerinin düşük ve dar aralıkta değişimi, korelasyon katsayılarının zayıf ve çok zayıf olmasına neden olabilir. Toprakların hacimsel ısı kapasitesiyle, hacimsel nem içeriği ve kil miktarı arasında anlamlı düzeyde sırasıyla çok yüksek (0.941\*\*) ve yüksek (0.786\*\*) pozitif korelasyon ilişkileri belirlenirken, kum miktarıyla anlamlı düzeyde yüksek negatif korelasyon ilişkisi (-0.693\*\*) belirlenmiştir. Ayrıca diğer toprak özellikleriyle zayıf ve çok zayıf ilişkiler bulunmuştur. Toprakların yüzey altı horizonlarında özgül ısı kapasitesinin çok düşük değişimi, hacimsel ve özgül ısı kapasiteleri arasındaki ilişkinin bulunmamasına neden olabilir. Bununla birlikte yapılan çalışmada, toprakların özgül ısı kapasitesiyle, EC ve OM değerleri arasında anlamlı düzeyde sırasıyla orta (0.533\*) ve çok yüksek (0.966\*\*); diğer ısısal ve toprak özellikleriyle ise çok zayıf ve zayıf korelasyon ilişkiler saptanmıştır. Genel olarak, toprakların ısısal özelliklerinin değişiminde, iklim faktörleri daha etkili olmaktadır.

#### 4.4. Toprakların yüzey horizonlarında ısı akışı

Toprakta ısı akışı ısı iletkenliği ve sıcaklık gradyanının (dolayısıyla sıcaklık dalgalarının amplitütünün) fonksiyonu olup, toprak özelliklerine ve sıcaklık değerlerine bağlı olarak değişim göstermektedir. Araştırma topraklarının yüzey horizonlarındaki amplitüt ve ısı iletkenliği değerlerini göz önüne alarak, yüzey horizonlardaki günlük

$$\left(\omega = \frac{2\pi}{P} = \frac{6.28}{86400 \text{ s}} = 7.3 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}\right) \text{ ısı akışı değerleri } q(t) = \lambda A \sqrt{\frac{\omega}{a}} \left[ \cos\left(\frac{\pi}{4} - \omega t\right) \right] \quad (8)$$

ifadesine göre hesaplanmış ve Çizelge 5'de verilmiştir.

**Çizelge 5.** Toprakların yüzey horizonlarında ısı akışı [ $q(0,t)$ ,  $watt\ m^{-2}$ ]**Table 5.** Heat flow in surface horizons of soils [ $q(0,t)$ ,  $watt\ m^{-2}$ ]

Saat	Topraklar					
	Dystric Cambisol (Profil 1)	Vertic Cambisol (Profil 2)	Lithic Leptosol (Profil 3)	Lithic Leptosol (Profil 4)	Clayic Fluvisol (Profil 5)	Calcic Vertisol (Profil 6)
10:00	103.880	176.240	89.780	132.321	72.055	105.793
12:00	141.937	240.807	122.671	180.797	98.453	144.551
14:00	141.678	240.367	122.447	180.466	98.273	144.287
16:00	103.172	175.039	89.168	131.418	71.564	105.072
18:00	36.814	62.458	31.817	46.893	25.536	37.492
20:00	-39.481	-66.983	-34.122	-50.291	-27.386	-40.209
22:00	-105.119	-178.342	-90.850	-133.898	-72.915	-107.055
24:00	-142.379	-241.557	-123.053	-181.360	-98.760	-145.002
02:00	-141.204	-239.562	-122.037	-179.863	-97.944	-143.805
04:00	-101.910	-172.897	-88.077	-129.811	-70.689	-103.787
06:00	-35.105	-59.558	-30.340	-44.716	-24.350	-35.751
08:00	41.177	69.859	35.588	52.450	28.562	41.935

Toprak yüzeyindeki ısı akışı, sıcaklık değişimine önemli düzeyde bağlı olduğundan, araştırma topraklarının yüzey ısı akışı değerleri farklılık göstermektedir. Isı iletkenliği, amplitüt ve ısasal yayılım değerlerine uygun olarak, yüzey ısı akışı Vertic Cambisol toprakta en yüksek; Clayic Fluvisol toprakta ise en düşük düzeyde gerçekleşmiştir. Günün 08.00-18.00 saatlarında yüzey ısı akışı alt horizonlara doğru gerçekleşmektedir. Tüm toprak profillerinde yüzey ısı akışının tipik günlük değişim gösterdiği gözükmemektedir. Günün 14.00-16.00 saatlarında alt horizonlara doğru gerçekleşen ısı akışı daha fazla olmaktadır.

Bitki örtüsü, güneş ışınlarının toprak yüzeyindeki dağılımı, gölgelenme gibi faktörler yüzey ısı akışının geniş aralıkta mekânsal değişimine neden olmaktadır (Shao ve ark. 2008; Colaizzi ve ark. 2016; Ju ve Hu, 2018). Peng ve ark. (2015), ısı akımı yoğunluğunun belirlenmesinde "levha yöntemi" kullanarak, toprağın 2 cm; 6cm ve 10 cm derinliklerinde ısı akışının sırasıyla  $\approx -75 - 150\ watt\ m^{-2}$ ;  $\approx -49 - 130\ watt\ m^{-2}$  ve  $\approx -24 - 70\ watt\ m^{-2}$  aralığında değiştiğini göstermişlerdir. Li ve ark. (2018) tarafından bitki örtüsü altında bulunan toprakta yapılan bir çalışmada, toprakta yüzey ısı akışının olduğu saptanmış; toprak enerji bilançosunun belirlenmesinde yüzey ısı akışının önemli bir faktör olduğu gösterilmiştir. Isı akışının farklı yöntemlerle belirlendiği diğer bir çalışmada (Lu ve ark. 2018) ise, 4 mm toprak katmanında ölçülen ısı akışının maksimum  $448.8\ watt\ m^{-2}$  olduğu saptanmıştır. Gülser ve ark. (2019) ise, toprak sıcaklığının yüzey ısı akışına bağlı olarak değişimine ait bir çalışmada, 0-10 cm toprak katmanında günlük ısı akışını  $-41.033-239.742\ watt\ m^{-2}$  aralığında belirlemişlerdir.

## 5. SONUÇ

Samsun'un Ondokuz Mayıs ilçesi sınırları içerisinde yer alan Aşağı Engiz havzasında dağılım gösteren Cambisol, Leptosol, Fluvisol ve Vertisol toprakların özgül ve hacimsel ısı kapasitesi, ısısal yayılım, ısı iletkenliği, yüzey horizonlarında ısı akışı belirlenmiştir. Isısal özelliklerin değerlendirilmesinde, toprakların belirlenmesi zor olmayan sıcaklık, organik madde, hacim ağırlığı, hacimsel nem içeriği verilerinden ve toprağın temel ısı taşınımı denkleminin çözümünden elde edilen sonuçlardan kullanılmıştır. Toprakların ısısal yayılımı fazla olup, sıcaklık dalgalarının amplitüdü ve horizon derinliklerine bağlı olarak değişim göstermiştir. Hacimsel nem içeriğinin artışı, hacim ağırlığının artışı ile karşılaştırıldığında, hacimsel ısı kapasitesinin artışı daha fazla etkilemektedir. Isı iletkenliğinin değişimi ise, ısısal yayılım ve hacimsel ısı kapasitesine bağlı olmaktadır. Toprakların yüzey horizonlarında ısı akışının belirlenmesinde Fourier ısı iletim yasası göz önüne alınmıştır. Isı akışı yüzeye veya aşağı katman yönünde gerçekleşmiş ve tipik günlük değişim göstermiştir. Elde edilen ısısal parametre değerlerinden, araştırma topraklarında optimum sıcaklık alanının oluşturulması ve korunması yöntemlerinin belirlenmesinde, toprakta ısı taşınımını modellenmesinde kullanılabilir.

### EK . (8) ifadesinin detaylı türetilmesi

Fourier ısı iletim yasasına (Fourier 1822) göre, topraktaki ısı akışı aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$q = -\lambda \frac{\partial T(x,t)}{\partial x} \quad (E1)$$

(2) ifadesi (E1) de yerine konursa,

$$\begin{aligned} q &= -\lambda \frac{\partial}{\partial x} \left[ T_0 + A e^{-x\sqrt{\frac{\omega}{2a}}} \sin \left( -x\sqrt{\frac{\omega}{2a}} + \omega t \right) \right] = -\lambda A \left[ -\frac{\omega}{\sqrt{2a}} e^{-x\sqrt{\frac{\omega}{2a}}} \sin \left( -x\sqrt{\frac{\omega}{2a}} + \omega t \right) - \right. \\ &\left. \sqrt{\frac{\omega}{2a}} e^{-x\sqrt{\frac{\omega}{2a}}} \cos \left( -x\sqrt{\frac{\omega}{2a}} + \omega t \right) \right] = \lambda A \frac{\omega}{\sqrt{2a}} e^{-x\sqrt{\frac{\omega}{2a}}} \left[ \sin \left( -x\sqrt{\frac{\omega}{2a}} + \omega t \right) + \cos \left( -x\sqrt{\frac{\omega}{2a}} + \omega t \right) \right] = \\ &\lambda A \frac{\omega}{\sqrt{2a}} e^{-x\sqrt{\frac{\omega}{2a}}} \left[ \sqrt{2} \cos \left( \frac{\pi}{4} + x\sqrt{\frac{\omega}{2a}} - \omega t \right) \right] = \lambda A \frac{\omega}{\sqrt{a}} e^{-x\sqrt{\frac{\omega}{2a}}} \left[ \cos \left( \frac{\pi}{4} + x\sqrt{\frac{\omega}{2a}} - \omega t \right) \right] \end{aligned} \quad (E2)$$

(E2) ifadesinden, toprakların yüzey horizonlarındaki ( $x = 0$ ) ısı akışını hesaplamak için

$$q(t) = \lambda A \frac{\omega}{\sqrt{a}} \left[ \cos \left( \frac{\pi}{4} - \omega t \right) \right] \quad (E3) \text{ elde edilir.}$$

### Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): İE (%30), OD (%30), CG (%30), İFO (%5), AA (%5)

Veri Toplanması (Data Acquisition): İE (%15), OD (%15), CG (%10), İFO (%30); AA (%30)

**Veri Analizi (Data Analyssis):** İE (%30), OD (%30), CG (%25); İFO (%10); AA (%5)

**Makalenin Yazımı (Writing up):** İE (%40), OD (%30), CG (%20), İFO (%5); AA (%5)

**Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision):** İE (%45), OD (%25), CG (%20); İFO (%5); AA (%5)

## KAYNAKLAR

- Abu-Hamdeh, N.H., 2003. Thermal properties of soils as affected by density and water content. *Biosystems Engineering*, 86(1): 97-102.
- Adhikari, P., Udawatta, R.P., Anderson, S.H., 2014. Soil thermal properties under prairies, conservation buffers, and corn-soybean land use systems. *Soil Science Society of America Journal*, 78:1977-1986.
- Arias-Penas, D., Castro-Garcia, M.P., Rey-Ronco, M.A., Alonso-Sanchez, T., 2015. Determining the thermal diffusivity of the ground based on subsoiltemperatures. Preliminary results of an experimental geothermalborehole study QTHERMIE-UNIOVI. *Geothermics*, 54: 35-42.
- Arkhangelskaya, T.A., 2020. Parameters of the thermal diffusivity vs. water content function for mineral soils of different textural classes. *Eurasian Soil Science*, 53(1): 39-49. (Russian text published in *Pochvovedenie*, 2020, No. 1, pp. 44-55).
- Arkhangelskaya, T., Lukiashchenko, K., 2018. Estimating soil thermal diffusivity at different water contents from easily available data on soil texture, bulk density, and organic carbon content. *Biosystems Engineering*, 168: 83-95.
- Arkhangel'skaya, T.A., Umarova, A.B., 2008. Thermal diffusivity and temperature regime of soils in large lysimeters of the experimental soil station of Moscow State University. *Eurasian Soil Science*, 41(3): 276-285 (Original Russian text published in *Pochvovedenie*, 2008, No. 3, pp. 311-320).
- Arkhangel'skaya, T.A., Luk'yashchenko, K.I., Tikhonravova, P.I., 2015. Thermal diffusivity of typical chernozems in the Kamennaya Steppe reserve. *Eurasian Soil Science*, 48(2): 177-182.
- Blake, G.R., Hartge, K.H., 1986. Bulk density and particle density. In: *Methods of soil analysis, Part I, Physical and mineralogical methods*. pp: 363-381. ASA and SSSA Agronomy Monograph, 9(2nd ed), Madison.
- Bouyoucous, G.J., 1951. A Recalibration of hydrometer for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*. 43: 9.
- Christensen, A. F., He, H., Dyck, M. F., Turner, E.L., Chanasyk, D. S., Naeth, M. A., Nichol, C., 2013. In situ measurement of snowmelt infiltration under various topsoil cap thicknesses on a reclaimed site. *Canadian Journal of Soil Science*, 93(4): 497-510.
- Colaizzi, P.D., Evett, S.R., Agam, N., Schwartz, R.C., Kustas, W.P., 2016. Soil heat flux calculation for sunlit and shaded surfaces under rowcrops: 1. Model development and sensitivity analysis. *Agricultural and Forest Meteorology*, 216: 115-128.
- Correia, A., Vieira, G., Ramos, M. 2012. Thermal conductivity and thermal diffusivity of cores from a 26 meter deep borehole drilled in Livingston Island, Maritime Antarctic. *Geomorphology*, 155(156): 7-11.
- Dengiz O. 2010. Morphology, Physico-Chemical Properties and Classification of Soils on Terraces of the Tigris River in the South-East Anatolia Region of Turkey. *Journal of Agricultural Sciences*, 16 (3), 205-212.
- Dengiz, O., Ekberli, İ., 2017. Bazı vertisol alt grup topraklarının fizikokimyasal ve ısasal özelliklerinin incelenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6(1): 45-52.
- Dengiz, O., Sarioglu, F.E., 2011. Samsun ilinin potansiyel tarım alanlarının genel dağılımları ve toprak etüd ve haritalama çalışmalarının önemi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 26 (3): 241-253.
- Dutta, B., Grant, B.B., Congreves, K.A., Ward, Smith, W.N., Wagner-Riddle, C., VanderZaag, A.C., Tenuta, M., Desjardins, R.L., 2018. Characterising effects of management practices, snow cover, and soil texture on soil temperature: Model development in DNDC. *Biosystems Engineering*, 168: 54-72.
- Ekberli, İ., Dengiz, O., 2016. Bazı inceptisol ve entisol alt grup topraklarının fizikokimyasal özellikleriyle ısasal

- yayınım katsayısı arasındaki regresyon ilişkilerin belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 5(2): 1-10.
- Ekberli, İ., Gülsler, C., 2014. Estimation of soil temperature by heat conductivity equation. *Vestnik Bashkir State Agrarian University (Вестник Башкирского Государственного Аграрного Университета)*, 2 (30): 12-15.
- Fourier, J.B.J., 1822. *Théorie analytique de la chaleur* (The analytical theory of heat). Paris, 676 p.
- Fu, Y., Lu, Y., Heitman, J., Ren, T., 2020. Root-induced changes in soil thermal and dielectric properties should not be ignored. *Geoderma*, 370: 114352.
- Fu, Y., Lu, S., Ren, T., Horton, R., Heitman, J.L., 2021. Estimating soil water retention curves from soil thermal conductivity measurements. *Journal of Hydrology*, 603: 127171.
- Gülsler, C., Ekberli, İ., 2019. Toprak sıcaklığının tahmininde ısı taşınım denklemi ve pedotransfer fonksiyonun karşılaştırılması. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 7(2): 158-166.
- Gülsler, C., Ekberli, İ., Mamedov, A., 2019. Toprak sıcaklığının yüzey ısı akışına bağlı olarak değişimi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(1): 1-9.
- Gülsler, C., Ekberli, İ., Mamedov, A., Özdemir, N., 2018. Faz değişimine bağlı olarak ısı iletkenliği denkleminin incelenmesi ve toprak neminin ısıl yayınıma etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 33(3): 261-269.
- Hanks, R.J., Ashcroft, G.J., 1980. *Applied soil physics. Soil water and temperature applications*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 125-144.
- Hansen, S., Abrahamsen, P., Petersen, C.T., Styczen, M., 2012. DAISY: Model use, calibration, and validation. *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE)*, 55(4): 1315-1333.
- Hansen, S., Jensen, H.E., Nielsen, N.E., Svendsen, H., 1991. Simulation of nitrogen dynamics and biomass production in winter wheat using the Danish simulation model DAISY. *Fertilizer Research*, 27: 245-259.
- He, H., Zhao, Y., Dyck, M.F., Si, B., Jin, H., Lv, J., Wang, J., 2017. A modified normalized model for predicting effective soil thermal conductivity. *Acta Geotechnica*, 12: 1281-1300.
- Hilel, D., 2004. *Introduction to environmental soil physics*. Elsevier Academic Press, USA, pp. 215-233.
- IUSS Working Group WRB., 2015. World reference base for soil resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. *World Soil Resources Reports No. 106*. FAO, Rome, 203 p.
- İmamoğlu, A., Turan Demirağ, İ., Dengiz, O., Saygın, F., 2014. Soil erosion risk evaluation: Application of corine methodology at Engiz Watershed, Samsun. *Current Advances in Environmental Science*, 2(1): 15-21.
- Jackson, M.L., 1958. *Soil chemical analysis*. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ, 498 p.
- Ju, Z., Hu, C., 2018. Experimental warming alters soil hydrothermal properties and heat flux in a winter wheat field. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(5): 718-730.
- Kapur, S., Akça, E., Günal, H., 2018. *Soils of Turkey*. Springer International Publishing AG, 369 p.
- Kodešová, R., Vlasáková, M., Fer, M., Tepla, D., Jaksík, O., Nuberger, P., Adamovsky, R., 2013. Thermal properties of representative soils of the Czech Republic. *Soil and Water Research*, 8(4): 141-150.
- Li, Y., Kustas, W.P., Huang, C., Kool, D., Haghighi, E., 2018. Evaluation of soil resistance formulations for estimates of sensible heat flux in a desert vineyard. *Agricultural and Forest Meteorology*, 260-261: 255-261.
- Lu, S., Wang, H., Meng, P., Zhang, J., Zhang, X., 2018. Determination of soil ground heat flux through heat pulse and plate methods: Effects of subsurface latent heat on surface energy balance closure. *Agricultural and Forest Meteorology*, 260-261: 176-182.
- Lu, Y., Lu, S., Horton, R., Ren, T., 2014. An empirical model for estimating soil thermal conductivity from texture, water content, and bulk density. *Soil Science Society of America Journal*, 78: 1859-1868.
- Nkongolo, N.V., Johnson, S., Schmidt, K., Eivazi, F., 2010. Greenhouse gases fluxes and soil thermal properties in a pasture in central Missouri. *Journal of Environmental Sciences*, 22(7): 1029-1039.
- Parikh, R.J., Havens, J.A., Scott, H.D., 1979. Thermal diffusivity and conductivity of moist porous media. *Soil Science Society of America Journal*, 43: 1050-1052.
- Passerat de Silans, A.M., Monteny, B.A., Lhomme, J.P. 1996. Apparent soil thermal diffusivity, a case study: HAPEX-Sahel experiment. *Agricultural and Forest Meteorology*, 81: 201-216.
- Peng, X., Heitman, J., Horton, R., Ren, T., 2015. Field evaluation and improvement of the plate method for measuring soil heat flux density. *Agricultural and Forest Meteorology*, 214-215: 341-349.
- Peters-Lidard, C.D., Blackburn, E., Liang, X., Wood, E.F., 1998. The effect of soil thermal conductivity parameterization on surface energy fluxes and temperatures. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 55(7): 1209-1224.
- Richard, G., Cellier, P., 1998. Effect of tillage on bare soil energy balance and thermal regime: an experimental

- study. *Agronomie*, 18:163-181.
- Roxy, M.S., Sumithranand, V.B., Renuka, G., 2010. Variability of soil moisture and its relationship with surface albedo and soil thermal diffusivity at Astronomical Observatory, Thiruvananthapuram, south Kerala. *Journal of Earth System Science*, 119(4): 507-517.
- Schjønning, P., 2021. Thermal conductivity of undisturbed soil - Measurements and predictions. *Geoderma*, 402: 115188.
- Shao, C., Chen, J., Li L, Xu, W., Chen, S., Gwen, T., Xu, J., Zhang, W., 2008. Spatial variability in soil heat flux at three Inner Mongolia steppe ecosystems. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148: 1433-1443.
- Sindelar, M., Blanco-Canqui, H., Jin, V.L., Ferguson, R., 2019. Do cover crops and corn residue removal affect soil thermal properties? *Soil Science Society of America Journal*, 83: 448-457.
- Soil Survey Staff, 1992. Procedures for collecting soil samples and methods of analysis for soil survey. *Soil Surv. Invest. Rep. I*. U.S. Gov. Print. Office, Washington D.C. USA.
- Sterling, A.T., Jackson, R.D., 1986. Temperature. In: Klute, A. (Ed.), *Methods of soil analysis Part 1. Physical and mineralogical methods*. Agronomy Monograph No: 9, ASA, SSSA, Madison WI.
- Taghizadeh-Toosi, A., Elsgaard, L., Clough, T.J., Labouriau, R., Ernsten, V., Petersen, S.O., 2019. Regulation of N<sub>2</sub>O emissions from acid organic soil drained for agriculture. *Biogeosciences*, 16: 4555-4575.
- Tikhonravova, P.I., 2007. Effect of the water content on the thermal diffusivity of clay loams with different degrees of salinization in the Transvolga region. *Eurasian Soil Science*, 40(1): 47-50 (Original Russian text published in *Pochvovedenie*, 2007, No. 1, pp. 55-59).
- Trombotto, D, Borzotta, E., 2009. Indicators of present global warming through changes in active layer thickness, estimation of thermal diffusivity and geomorphological observations in the Morenas Coloradas rockglacier, Central Andes of Mendoza, Argentina. *Cold Regions Science and Technology*, 55: 321-330.
- Turan, M., Dengiz, O., Turan Demirağ, İ., 2018. Samsun ilinin Newhall modeline göre toprak sıcaklık ve nem rejimlerinin belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 5(2): 131-142.
- Wang, C., Fang, H., Lu, J., Sun, Y., Zhang, P., Wang, X., 2021. A two-step parameter estimation method for estimating soil thermal properties of coaxial ground heat exchangers. *Geothermics*, 96: 102229.
- Wang, J., He, H., Li, M., Dyck, M., Si, B., Lv, J., 2021. A review and evaluation of thermal conductivity models of saturated soils, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 67(7): 974-986.
- Wang, Z., Zhang, J., Li, Q., Zhang, N., Feng, W., 2022. A theoretical thermal conductivity model for soils treated with microbially induced calcite precipitation (MICP). *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 183: 122091.
- Wilson, K., Goldstein, A., Falge, E., Aubinet, M., Baldocchi, D., Berbigier, P., Bernhofer, C., Ceulemans, R., Dolman, H., Field, C., Grelle, A., Ibrom, A., Law, B.E., Kowalski, A., Meyers, T., Moncrieff, J., Monso, R., Oechel, W., Tenhunen, J., Valentini, R., Verma, S., 2002. Energy balance closure at FLUXNET sites. *Agricultural and Forest Meteorology*, 113: 223-243.
- Zhang, W., Bai, R., Xu, X., Liu, W., 2021. An evaluation of soil thermal conductivity models based on the porosity and degree of saturation and a proposal of a new improved model. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 129: 105738.
- Zhou, L., Zhao, W., Yang, R., Feng, H., 2020. Soil temperature modeling in topsoil with plastic film mulching and low spring temperatures. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 66(14): 1936-1947.



## Survival Rate of Young Pear Trees in Different Rootstock and Cultivar Combinations under Field Conditions: Preliminary Results

Genç Armut Ağaçlarının Arazi Koşullarındaki Farklı Anaç ve Çeşit Kombinasyonlarında Yaşama Oranı: İlk Sonuçlar

Tahsin KURT<sup>1</sup>, Ahmet ÖZTÜRK<sup>2</sup>, Zaki Ahmad FAİZİ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun  
• tahsinkurt88@gmail.com • ORCID > 0000-0002-1574-4083

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun  
• ozturka@omu.edu.tr • ORCID > 0000-0002-8800-1248

<sup>3</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun  
• 99330347176@stu.omu.edu.tr • ORCID > 0000-0002-1429-6493

### Makale Bilgisi / Article Information

**Makale Türü / Article Types:** Araştırma Makalesi / Research Article

**Geliş Tarihi / Received:** 21 Mart / March 2022

**Kabul Tarihi / Accepted:** 12 Nisan / April 2022

**Yıl / Year:** 2022 | **Cilt – Volume:** 37 | **Sayı – Issue:** 2 | **Sayfa / Pages:** 405-420

**Atıf/Cite as:** Kurt, T., Öztürk, A. ve Faizi, Z. A. "Survival Rate of Young Pear Trees in Different Rootstock and Cultivar Combinations under Field Conditions: Preliminary Results". *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 37(2), June 2022: 405-420.

**Sorumlu Yazar / Corresponding Author:** Ahmet Öztürk

## SURVIVAL RATE OF YOUNG PEAR TREES IN DIFFERENT ROOTSTOCK AND CULTIVAR COMBINATIONS UNDER FIELD CONDITIONS: PRELIMINARY RESULTS

### ABSTRACT:

This study was carried out to determine the effects of 7 different rootstocks on rootstock diameter (mm), stem diameter (mm), and plant survival ratio (%) of some pear cultivars between 2019-2021. Rootstocks, cultivars, research years, and their interactions significantly affected all examined parameters in the study, except for the interaction of year x rootstock x cultivar. The 'Deveci'/BA29 and 'Deveci'/OHxF333 had the largest rootstock and trunk diameters, while the 'Williams'/MC had the smallest. The Fox11 and OHxF333 rootstocks had the highest plant survival ratios, whereas the MC rootstocks had the lowest. In terms of cultivar, the maximum plant survival ratio was found in the 'Deveci'. At the end of the first 3 years after planting, there was a decrease in the survival ratio of the plants. 'Williams' had the lowest rootstock diameter, trunk diameter and survival ratio. The highest trunk diameter was in the OHxF333, BA29, Fox11 and Farold40 rootstocks, and the cultivar was in the 'Deveci'. Plant survival ratios in quince clonal rootstocks were slightly lower than in pear rootstocks. This is due to the graft incompatibility between quince rootstocks and some pear cultivars. Compatible inter-stock with rootstock and cultivar should be employed to overcome this incompatibility problem caused by localized graft incompatibility. According to the findings of this study on young plants, it is required to extend the research and conduct additional observations in order to give more precise recommendations.

**Keywords:** Pear, Rootstock, Cultivar, Rootstock Diameter, Trunk Diameter, Survival ratio.



## GENÇ ARMUT AĞAÇLARININ ARAZİ KOŞULLARINDAKİ FARKLI ANAÇ VE ÇEŞİT KOMBİNASYONLARINDA YAŞAMA ORANI: İLK SONUÇLAR

### ÖZ:

Bu araştırma bazı armut çeşitlerinin anaç çapı (mm) ve gövde çapı (mm) gelişimi ile bitki yaşama oranı (%) üzerine 7 farklı anaçın etkilerini belirlemek amacıyla 2019-2021 yılları arasında yürütülmüştür. Araştırmada incelenen tüm parametreler üzerinde yıl x anaç x çeşit etkisi hariç anaçların, çeşitlerin, araştırma yıllarının ve bunların etkilerinin önemli etkisi olmuştur. En yüksek anaç çapı ve gövde çapı 'Deveci'/BA29 ve 'Deveci'/OHxF333 kombinasyonunda belirlenirken en düşük ise 'Williams'/MC kombinasyonunda belirlenmiştir. Bitki yaşama



oranı en yüksek anaçların Fox11 ve OHxF333, en düşük MC anacının olduğu belirlenirken, yaşama oranı en yüksek çeşidin ise Deveci olduğu belirlenmiştir. Diğimden itibaren ilk 3. yıl sonunda fidan yaşama oranında azalma olmuştur. Araştırmada anaç çapı, gövde çapı ve yaşama oranı en düşük çeşit Williams olmuştur. Gövde çapı en yüksek olan anaçların OHxF333, BA29, Fox11 ve Farold40, çeşidin ise Deveci olduğu belirlenmiştir. Bitki yaşama oranı ayva klon anaçlarında armut anaçlarından biraz daha düşük olmuştur. Bu durum ayva anaçları ile bazı armut çeşitleri arasında görülen aşı uyumsuzluğundan kaynaklanmaktadır. Yerleşik aşı uyumsuzluğundan kaynaklanan bu uyumsuzluk problemini çözmek için anaç ve çeşit ile uyuşur ara-anaçlı fidanlar kullanılmalıdır. Genç bitkiler üzerinde yürütölen bu çalışma sonuçlarına göre daha doğru tavsiyelerde bulunulabilmesi için araştırmanın daha uzun süre devam ettirilmesi ve gözlemlerin yapılması gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Armut, Anaç, Çeşit, Anaç Çapı, Gövde Çapı, Yaşama Oranı.

## 1. INTRODUCTION

Pear fruit (*Pyrus communis* L.) is an important fruit species that can be grown in all temperate regions in the world (Jackson, 2003; Hancock and Lobos, 2008; Da Silva et al., 2018). Generally, pear trees are propagated via vegetative methods in which various kinds of grafting and budding are the most appropriate methods of propagation (Rahman et al., 2017). Rootstock use is an essential need in modern fruit production and breeding due to their ability to pursue their normal life under adverse biotic and abiotic factors (Hartmann et al., 2011; Dolkar et al., 2018). Quince rootstocks such as Quince A, Quince C, BA29, Adams, Sydo, have been used for quality fruit production of pear and facilitate cultural practices as they are dwarfed compared to the pear seedlings or pear clonal rootstocks (Sharma et al., 2009; Ozturk and Ozturk, 2014). Besides the quince rootstocks, *Pyrus* rootstocks such as Pyrodwarf, BP, OHxF, Farold, and Fox series have been widely used due to their many strong characteristics but produce larger trees than quince rootstocks (Jackson, 2003; Stern and Doron, 2009; Francescato et al., 2010).

When grafting on different genera in pear growing, graft incompatibility may occur. The early or late occurrence of graft incompatibility after grafting causes significant economic losses to growers and decreases the survival ratio of trees in the short or long term (Ermel et al., 1999; Hartmann et al., 2011). The short or long-term survival rate of grafted fruit trees is the main factor determining the validity of grafting (Reig et al., 2018). Apart from the compatibility or incompatibility between rootstock and scion, the survival rate depends on the resistance to climatic conditions of the rootstock (Lepsis et al., 2013), pest and disease (Hudina et al., 2014; Shaltiel, 2018; Habibi et al., 2022), soil conditions and salinity (Okubo and Sakuratani, 2000). Grafted fruit trees with good graft compatibility and the ability to form a vascular system will survive for many years and continue their normal

lives without any restrictions (Mauro et al., 2022). Quince rootstocks had a lower survival ratio than pear rootstocks with lower graft incompatibility, and different rootstock and cultivar combinations had significantly different survival ratios (Ozturk, 2021a). Symptoms of graft incompatibility in fruit trees include low survival ratio, poor growth, early yellowing of leaves, cracking of bark tissues, and swelling at the grafting union in the pear orchard (Jackson, 2003; Chen et al., 2016). An important way to increase the survival ratio of pear trees is to use appropriate rootstocks as well as to grow on pear-based rootstocks and their own roots (Baviera et al., 1988; Goldschmidt 2014). The survival rate of pear trees varies according to rootstocks and cultivars, and the survival ratio decreases as the orchard age progresses (Arzani, 2004; Hudina et al., 2014; Rahman et al., 2017; Ozturk, 2021a). It is still debated that grafted pear trees, like most fruit trees, do not survive for many years due to delayed graft incompatibility (Rasool et al., 2020).

Appropriate planting density and proper rootstock selection are essential strategies for optimum vegetative and generative development and fruit quality from fruit trees (Pasa et al., 2015; Hepaksoy, 2019). It affects the cultivar grafted on the rootstocks used in pear production at different levels. The resulting differences mainly depend on the growth vigor of the tree, yield (Massai et al., 2008, Iglesias and Batlle, 2011) and orchard management (Webster, 2002), differences in tree habitus, and development under certain environmental conditions (Costes et al., 2006). The performance of the rootstock used in production may vary. However, little is known about the reasons why the performance of the rootstock to be used in production changes over time (Meszaros et al., 2019). Appropriate rootstock selection is significant in increasing the fruit yield and quality of the 'Deveci', 'Santa Maria', 'Williams' and 'Abate Fetel', which have an important place in pear production in Turkey, for both the producers to obtain maximum income and the consumers to consume quality products. In addition, when appropriate cultivation techniques and rootstock selection are not used for these cultivars, yield reductions, undesirable lower quality fruits, low SSC content, insufficient coloring and weak flavor may occur.

The aim of this study is to determine the effects of rootstocks on plant growth and the survival ratio of some standard pear varieties grafted on different quince and pear rootstocks during 2019-2021.

## 2. MATERIAL AND METHODS

### 2.1. Material

This study was carried out at the Bafra Agricultural Research Center of Ondokuz Mayıs University (41°33'50" N, 35°52'23" E and 20 m altitude) in 2019-2021. Orchard was established with 1-year-old saplings at 1.5x3.5 m with dwarf rootsto-

cks and 3.0x3.5 m distances with semi-dwarf and seedling rootstocks. In the study, 'Deveci', 'Williams', 'Santa Maria' and 'Abate Fetel' pear cultivars grafted on BA29, Quince A and Quince MC quince clone rootstock, and OHxF333, Fox11, Farold40, and seedlings of pear rootstocks were used. The plants were irrigated with drip irrigation between May 15th and September 15th. Fertilization was done with 15-30-15+ME fertilizer at the beginning of summer and 20-20-20 NPK-containing fertilizer in autumn with drip irrigation. Weed control was carried out by mulching the black ground on the row and regularly breaking the weeds with a rotovator between the rows. The properties of the experimental area soil were recorded as 2.73-10% clay (low), 13.21-20% silt (moderate), 6.5-20% sand (moderate), pH 7.5 (slightly alkaline), 0.2-0.3 dS/m salt (no salt), 0.3-0.5 organic matter (low), 3-6% lime (CaCO<sub>3</sub>) (less), 0.03-0.06% N (less), 5-10 ppm P (medium) level and the soil depth was more than 1 meter.

## 2.2. Methods

Rootstock diameter (mm) by measuring 10 cm below the grafting union and trunk diameter by measuring the trunk from approximately 20 cm above the soil level (mm) with a digital caliper (Mitutoyo CD-20CPX) sensitive to 0.01 mm was determined at the end of the growing season of all trees in each replication in each cultivar/rootstock combination (Ozturk and Ozturk, 2014). The number of dead plants at the end of each year was divided by the number of plants planted in the orchard establishment to determine the plant survival ratio (Ozturk et al., 2009; Hudina et al., 2014)

## 2.3. Statistical analysis

The research was established in a randomized block design with 3 replications and 10 plants with dwarf rootstocks, and 5 plants with semi-dwarf and vigorous rootstocks in each replication. The obtained data were analyzed in the IBM SPSS 21.0 statistical package program, and the differences between the averages were determined using the 'Duncan Multiple Comparison Test' at  $p < 0.05$  level.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

Rootstocks, cultivars, and research years had a significant effect on rootstock diameters of 'Deveci', 'Williams', 'Santa Maria' and 'Abate Fetel' pear cultivars grafted on different pear and quince clone rootstocks and pear seedling rootstock. In the study, except for the year x rootstock x cultivar interaction, all interactions significantly affected rootstock diameter. It has been determined that the rootstock diameter varies between 30.54 mm - 44.50 mm in terms of rootstock average, 32.71 mm - 42.88 mm in terms of cultivar average, and 30.71 mm - 47.33 mm in terms of years average. The highest rootstock diameter was observed in the OHxF333

(44.50 mm), the lowest was in the MC quince rootstock (30.54 mm) in terms of rootstock average. In terms of cultivar average, the highest rootstock diameter was determined in the 'Deveci' (42.88 mm), while the lowest was found in the 'Williams' (32.71 mm) pear cultivars. Depending on the growth and development of the plants, the highest rootstock diameter was determined in the 2021 year (47.33 mm) in terms of years averages (Table 1).

**Table 1.** Effect of different rootstocks on rootstocks diameter (mm) of pear cultivars

Rootstocks	Cultivars	Years			Mean
		2019	2020	2021	
Quince BA29	Deveci	38.65	52.52	53.27	48.15 a*
	Williams	31.77	34.71	36.60	34.36 cde
	Santa Maria	34.15	41.16	42.74	39.35 abcd
	Abate Fetel	33.21	44.39	47.02	41.54 abc
Quince A	Deveci	33.53	45.51	47.96	42.33 abc
	Williams	22.72	27.28	27.54	25.85 e
	Santa Maria	28.97	42.35	44.08	38.46 abcd
	Abate Fetel	32.56	42.60	45.05	40.07 abc
Quince MC	Deveci	38.16	41.46	42.21	40.61 abc
	Williams	16.35	14.50	16.19	15.68 f
	Santa Maria	32.26	35.95	44.17	37.46 abcd
	Abate Fetel	24.41	28.58	32.25	28.42 de
Fox11	Deveci	34.46	35.82	54.75	41.68 abc
	Williams	31.39	34.08	53.86	39.78 abc
	Santa Maria	31.88	33.69	48.13	37.90 abcd
	Abate Fetel	31.20	32.52	60.25	41.32 abc
OHxF333	Deveci	37.15	45.80	62.47	48.47 a
	Williams	36.41	43.29	47.17	42.29 abc
	Santa Maria	33.42	43.60	45.87	40.96 abc
	Abate Fetel	35.45	44.19	59.14	46.26 ab
Farold 40	Deveci	31.95	41.81	58.46	44.07 abc
	Williams	32.41	41.35	53.44	42.40 abc
	Santa Maria	30.39	43.48	46.28	40.05 abc
	Abate Fetel	28.26	37.61	55.97	40.62 abc
Seedling	Deveci	26.88	29.94	47.76	34.86 bcde
	Williams	19.96	24.05	41.93	28.65 de
	Santa Maria	28.03	29.77	49.83	35.88 bcde
	Abate Fetel	23.84	28.74	61.00	37.86 abcd
<b>Main Effects of</b>					
Rootstock	BA29	34.44 defg	43.20 c	44.90 bc	40.85 b
	QA	29.44 fgh	39.44 cde	41.16 cd	36.68 c
	MC	27.80 gh	30.12 fgh	33.70 efg	30.54 d
	Fox11	32.23 fg	34.03 efg	54.25 a	40.17 b
	OHxF333	35.61 def	44.22 bc	53.66 a	44.50 a
	Farold40	30.75 fgh	41.06 cd	53.54 a	41.78 b
	Seedling	24.68 h	28.13 gh	50.13 ab	34.31 c
Cultivar	Deveci	34.40 def	41.84 bc	52.41 a	42.88 a
	Williams	27.29 g	31.33 efg	39.53 cd	32.71 c
	Santa Maria	31.30 efg	38.57 cd	45.87 b	38.58 b
	Abate Fetel	29.85 fg	36.95 cde	51.53 a	39.44 b
<b>Year</b>		30.71 c**	37.17 b	47.33 a	
Year	0,001		Year x Cultivar	0,006	
Rootstock	0,001		Rootstock x Cultivar	0,001	
Cultivar	0,001		Year x Rootstock x Cultivar	0.887	
Year x Rootstock	0,000				

\*: Differences between means with different letters in the same column are significant.

\*\* : Differences between means with different letters in the same line are significant.

In terms of cultivar average, the highest rootstock diameter was determined in the 'Deveci' (42.88 mm), while the lowest was found in the 'Williams' (32.71 mm) pear cultivars. Depending on the growth and development of the plants, the highest rootstock diameter was determined in the 2021 year (47.33 mm) in terms of years averages (Table 1). Rootstock diameter ranged from 15.68 mm to 48.47 mm in terms of rootstock x cultivar. In terms of rootstock x cultivar interaction, the highest rootstock diameter was in the 'Deveci'/BA29 (48.15 mm) and 'Deveci'/OHxF333 (48.47 mm), while the lowest in the 'Williams'/MC (15.68 mm) combination. Rootstock diameter ranged from 24.68 mm to 54.25 mm in the year x rootstock interaction. Rootstock diameter in 2021 was highest in the Fox11, the OHxF333 and the Farold40 rootstocks (54.25 mm, 53.66 mm and 53.54 mm, respectively), and lowest in the pear seedling rootstock (24.68 mm) in 2019. The rootstock diameter ranged from 27.29 mm to 52.41 mm in year x cultivar interactions. The highest rootstock diameter was detected in the 'Deveci' (52.41 mm) and 'Abate Fetel' (51.53 mm) in the 2021 year, and the lowest was in the 'Williams' (27.29 mm) in 2019 (Table 1).

In the research, it can be said that the difference between the years in terms of rootstock diameter is due to the increase in the growth and development of the plants from year to year. Gercekcioglu et al. (2014) reported that the difference in tree growth was due to the age of the trees and the increase in growth and development. Tatari et al. (2020), who stated that rootstock diameter differs according to research years, also reported that rootstock diameter increased in the following research years. The difference in the diameter of rootstocks and cultivars can be attributed to the variations in growth characteristics as well as the genetic differences of rootstocks and cultivars. Differences in growth vigor of rootstocks also show themselves in diameter development. While the diameter values of strongly growing rootstocks were high, the diameter values of weakly growing rootstocks were low (Jackson, 2003). Francescatto et al. (2010) noted that the effect of rootstocks on trunk diameter of the 'Carrick' pear cultivar grafted on 14 different rootstocks was significant. The researcher stated that the rootstock diameter of the 'Packham's' pear cultivar grafted on 7 different rootstocks was the lowest in the EMC rootstock. In the 'Williams' pear cultivar grafted on 16 different rootstocks, the lowest rootstock diameter was in the EMC and the highest was in the Melliforme rootstock (Francescatto et al. 2010). Giacobbo et al. (2010) reported that the effect of rootstocks on trunk diameter was significant in 'Carrick' pear cultivars grafted on 13 different quince and 1 pear rootstocks. Ozturk and Ozturk (2014) stated that the effect of rootstocks on the trunk diameter of the 'Deveci' pear grafted on different rootstocks is important, and also, the highest rootstock diameter was in the BA29 and the lowest in the MC rootstocks. Machado et al. (2016) stated that the rootstock diameter varies according to the varieties and that the rootstock diameter was the lowest in the 'Williams' from 3 different pear cultivars grafted on

the EMC quince clonal rootstock. The researcher reported that rootstocks' effect on rootstock diameter is significant and the Quince C rootstock is the most dwarf growing rootstock among the quince rootstocks. Askari-Khorosgani et al. (2019) reported that rootstocks and research years had a significant effect on rootstock diameter in the 'Shahmiveh' pear cultivar, and they stated that quince rootstocks had a lower rootstock diameter than pear rootstocks. Ozturk (2021b) stated that the rootstock and research years significantly affected the rootstock diameter of the 'Deveci' pear. He reported that the rootstock diameter was the lowest in the MC rootstock. It can be stated that the rootstock diameter results obtained from this study are compatible with the other studies that partially included the rootstocks and cultivars used in this study.

The effects of rootstocks, cultivars, and research years were significant on the trunk diameter of 'Deveci', 'Williams', 'Santa Maria', and 'Abate Fetel' pear cultivars grafted on different pear and quince clonal rootstocks and pear seedling rootstocks. In the study, other interactions had a statistically significant effect on trunk diameter except for year x rootstock x cultivar interaction. In terms of rootstock average, the trunk diameter ranged from 27.59 mm to 37.72 mm, from 28.00 mm to 37.28 mm in cultivar averages, and in terms of year's average, it ranged from 25.07 mm to 43.52 mm. Among the examined rootstocks, the highest trunk diameter was detected in the OHxF333, BA29, Fox11 and Farold40 rootstocks (37.72 mm, 36.36 mm, 36.12 mm and 35.36 mm, respectively), while the lowest was in the MC quince clonal rootstock (27.98 mm) and the pear seedling rootstock (27.59 mm). While the trunk diameter was the highest (37.28 mm) in the 'Deveci', the lowest was in the 'Williams' cultivar (28.00 mm). The highest trunk diameter was found in the 2021 year (43.52 mm) depending on the growth and development of the plants between the research years (Table 2).

In terms of rootstock x cultivar interactions, the trunk diameter ranged from 14.12 mm to 43.34 mm. As regards to the rootstock x cultivar interactions, the highest stem diameter was determined in the 'Deveci'/OHxF333 (43.34 mm) and 'Deveci'/BA29 (43.11 mm), and the lowest in the 'Williams'/MC (14.12 mm). In terms of year x rootstock interactions, trunk diameter varied between 19.41 mm and 51.47 mm. The highest trunk diameter was determined on the Fox11 rootstock (51.47 mm) in 2021 and the lowest in the seedling rootstock (19.41 mm) in the 2019 year. The trunk diameter ranged from 22.11 mm to 49.47 mm concerning the year x cultivar interactions. The highest trunk diameter was detected in the 'Deveci' (49.47 mm) cultivar in 2021 (Table 2).

In studies determining the performance of cultivars' grafted on different rootstock in pear, the effect of rootstocks, cultivars, and research years on trunk diameter was found to be statistically significant. Furthermore, these studies noted that the growth vigor of quince rootstocks is generally lower than that of pear roo-

tstocks. Loreti et al. (2002) stated that the trunk diameter of the 'Conference' pear cultivar grafted on BA29 was higher than that of Quince MA and MC rootstocks. Stiroopoulos (2006) stated that the trunk diameter of the 'Williams' pear cultivar grafted on different rootstocks was higher in the pear rootstock than the quince rootstocks, and also he reported that BA29 was the weakest growing rootstock among the quince rootstocks examined in terms of trunk diameter.

**Table 2.** Effect of different rootstocks on trunk diameter of pear cultivars

Rootstocks	Cultivars	Years			Mean
		2019	2020	2021	
Quince BA29	Deveci	30.19	47.10	52.04	43.11 a*
	Williams	25.18	32.34	33.32	30.28 bcd
	Santa Maria	28.72	35.35	39.89	34.66 ab
	Abate Fetel	26.83	39.15	46.19	37.39 ab
Quince A	Deveci	23.19	37.41	49.82	36.81 ab
	Williams	17.06	24.30	26.02	22.46 de
	Santa Maria	24.01	35.20	42.33	33.85 abc
	Abate Fetel	27.57	39.12	44.73	37.14 ab
Quince MC	Deveci	29.06	34.33	40.83	34.74 ab
	Williams	12.68	14.00	15.70	14.12 e
	Santa Maria	27.88	37.62	40.69	35.39 ab
	Abate Fetel	20.56	29.98	32.50	27.68 bcd
Fox11	Deveci	30.27	30.27	51.46	37.34 ab
	Williams	26.49	27.68	48.69	34.29 abc
	Santa Maria	28.38	30.33	45.33	34.68 ab
	Abate Fetel	26.45	27.70	60.38	38.17 ab
OHxF333	Deveci	31.54	37.81	60.67	43.34 a
	Williams	29.91	33.62	45.64	36.39 ab
	Santa Maria	26.30	32.82	40.13	33.08 abcd
	Abate Fetel	29.35	36.63	48.19	38.06 ab
Farold 40	Deveci	27.74	34.13	52.26	38.04 ab
	Williams	26.35	31.58	47.64	35.19 ab
	Santa Maria	28.07	36.21	43.44	35.91 ab
	Abate Fetel	22.67	26.34	47.92	32.31 abcd
Seedling	Deveci	20.48	22.97	39.21	27.55 bcd
	Williams	17.14	19.00	33.60	23.24 cde
	Santa Maria	19.04	20.85	45.83	28.57 bcd
	Abate Fetel	18.80	20.99	44.00	27.93 bcd
<b>Main Effects of</b>					
Rootstock	BA29	27.73 def	38.49 cd	42.86 bc	36.36 a
	QA	22.96 ef	34.01 de	40.73 bc	32.56 b
	MC	22.54 ef	28.98 def	32.43 de	27.98 c
	Fox11	27.90 def	29.00 def	51.47 a	36.12 a
	OHxF333	29.28 def	35.22 de	48.66 ab	37.72 a
	Farold40	26.21 def	32.06 de	47.82 ab	35.36 a
	Seedling	19.41 f	26.71 def	36.04 cd	27.59 c
Cultivar	Deveci	27.50 de	34.86 c	49.47 a	37.28 a
	Williams	22.11 e	26.07 e	35.80 c	28.00 c
	Santa Maria	26.06 e	32.63 cd	42.52 b	33.73 b
	Abate Fetel	24.92 e	34.70 c	43.98 ab	34.53 b
Year		25.07 c**	31.24 b	43.52 a	
Year	0.001		Year x Cultivar	0.001	
Rootstock	0.001		Rootstock x Cultivar	0.001	
Cultivar	0.001		Year x Rootstock x Cultivar	0.254	
Year x Rootstock	0.001				

\*: Differences between means with different letters in the same column are significant.

\*\* : Differences between means with different letters in the same line are significant.



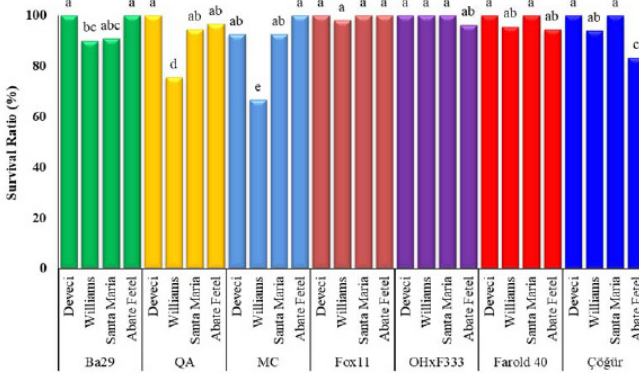
Evaluating rootstocks for 'Conference' and 'Doyenne du Comice' pear cultivars in high density planted pear orchards. Maas (2008) cited that the effect of rootstocks on the trunk diameter of cultivars was significant. Emphasizing that there are significant differences in trunk diameters of different pear cultivars grafted on Quince A. Ertürk et al. (2009) determined that the cultivar with the highest trunk diameter was 'Coscia' and the lowest was in the 'Williams'. The trunk diameter of the 'Williams' pear cultivar grafted on different rootstocks was the highest on the seedling rootstock and the lowest on the Quince C (EMC) quince clonal rootstock (Francescato et al., 2010). The trunk diameter of the 'Comice' pear cultivar was higher in the BA29 than that of the MC rootstock (Sugar and Basile, 2011). Ozturk and Ozturk (2014) who stated that the effect of rootstocks on the trunk diameter of the 'Deveci' pear grafted on different rootstocks was significant, reported that the highest trunk diameter was in the BA29 and the lowest in the pear seedling rootstocks. Machado et al. (2016) reported that the trunk diameter of 3 different pear cultivars grafted on the EMC quince clonal rootstocks varied depending on the cultivar and research years, and the 'Williams'/EMC had the lowest trunk diameter. Askari-Khorosgani et al. (2019) reported that the trunk diameter of the 'Shahmiveh' pear cultivar grafted on different rootstocks was thicker on pear rootstocks than on quince rootstocks. Ozturk (2021b), who stated that the rootstock and research years had a significant effect on the trunk diameter of the 'Deveci' pear, reported that the trunk diameter was the highest in the BA29 rootstock. It has been emphasized in similar studies that the effects of rootstocks on the trunk diameters of the cultivars grafted on them were significant and that the trunk diameters of the cultivars grafted on vigorous rootstocks were higher than those grafted on weak rootstocks (Jackson, 2003; Urbina et al., 2003; Maas, 2008; Sugar and Basile, 2011; Askari-Khorosgani et al., 2019; Ozturk, 2021a, b).

Rootstocks, cultivars, and research years statistically affected the survival ratio of 'Deveci', 'Williams', 'Santa Maria' and 'Abate Fetel' pear cultivars were grafted on different rootstocks. In the study, other interactions had a statistically significant effect on plant survival ratio except for the year x rootstock x cultivar interaction. The survival ratio varied between 87.96% - 99.54% in terms of rootstock average, 88.57% - 98.94% in terms of cultivar averages, and 91.17% - 97.60% in terms of years average. Among the examined rootstocks, the highest survival rate was detected 99.54% in the Fox11 and 99.07% in the OHxF333 rootstock, and the lowest in the MC quince clone rootstock (87.96%). The highest survival ratio in terms of cultivars was determined in the 'Deveci' (98.94%) and the lowest in the 'Williams' (88.57%). The highest survival ratio was determined in 2019 and 2020 (97.60% and 96.33%, respectively) and the lowest (91.17%) in the 2021 year, in terms of years (Table 3).

In terms of rootstock x cultivar interactions, the survival ratio ranged from 66.67% to 100.00%. The lowest survival rate in terms of rootstock x cultivar in-



teraction was found in the ‘Williams’/MC (66.67%) followed by ‘Williams’/QA (75.56%) scion/rootstock combinations (Figure 1, Table 3). In terms of year x rootstock interactions, the plant survival ratio varied between 76.39% and 100.00%. The highest plant survival ratio in 2019 was recorded in the Fox11, OHxF333, Farold40 and seedlings (100.00%, 100.00%, 100.00% and 97.92%, respectively), in 2020 it was observed in the Fox11, OHxF333 and Farold40 (100.00%, 100.00% and 97.22%) and in 2021 were in the Fox11 and OHxF333 (98.61% and 97.22%, respectively), lowest survival ratio was determined in the MC (76.39%) rootstock in the 2021 year. The plant survival ratio ranged between 80.94% and 100.00% in terms of year x cultivar interactions. In terms of year x cultivar interactions, the highest survival ratio was found in the ‘Deveci’ (100.00%) in 2019 and 2020, and the lowest was in the ‘Williams’ (80.94%) in 2021 (Table 3).



**Figure 1.** Pear trees survival ratio in various rootstocks x cultivars combinations

The plant survival ratio decreased as the research years progressed in this study. In addition, it was determined that the plant survival ratio among rootstocks was lower in quince rootstocks than in pear rootstocks. The cause for the decrease in the combinations with low plant survival ratio, which was found to reduce the growth and development of fruit trees from year to year, can be linked to the age of the trees. However, according to Mauro et al. (2022), weak connection and formation of vascular system after some years led to abnormal and restricted growth of fruit trees, and graft incompatibility may be the reason for the decrease in plant survival ratio when the pear is grafted on quince. When closely related species or cultivars are grafted onto each other, the survival rate increases, while the survival ratio in distant relatives decreases. Graft incompatibility is among the reasons for the low graft success ratio and survival ratio. In addition, when the pear is grafted on quince, the decrease in survival ratio does not occur immediately due to graft incompatibility. The reason for the decrease in survival rate, especially in

the following years, is called delayed graft incompatibility. It is stated that the incompatibility occurring in the pear/quince graft combination is the localized graft incompatibility.

**Table 3.** Effect of different rootstocks on plant survival ratio of pear cultivars

Rootstocks	Cultivars	Years			Mean
		2019	2020	2021	
Quince B.A.29	Deveci	100.00	100.00	100.00	100.00 a*
	Williams	90.00	90.00	90.00	90.00 bc
	Santa Maria	96.67	87.78	87.78	90.74 abc
	Abate Fetel	100.00	100.00	100.00	100.00 a
Quince A	Deveci	100.00	100.00	100.00	100.00 a
	Williams	85.00	78.33	63.33	75.56 d
	Santa Maria	94.44	94.44	94.44	94.44 ab
	Abate Fetel	100.00	96.67	92.96	96.54 ab
Quince MC	Deveci	100.00	100.00	77.78	92.59 ab
	Williams	75.00	75.00	50.00	66.67 e
	Santa Maria	100.00	100.00	77.78	92.59 ab
	Abate Fetel	100.00	100.00	100.00	100.00 a
Fox11	Deveci	100.00	100.00	100.00	100.00 a
	Williams	100.00	100.00	94.44	98.15 ab
	Santa Maria	100.00	100.00	100.00	100.00 a
	Abate Fetel	100.00	100.00	100.00	100.00 a
OHxF333	Deveci	100.00	100.00	100.00	100.00 a
	Williams	100.00	100.00	100.00	100.00 a
	Santa Maria	100.00	100.00	100.00	100.00 a
	Abate Fetel	100.00	100.00	88.89	96.30 ab
Farold 40	Deveci	100.00	100.00	100.00	100.00 a
	Williams	100.00	100.00	86.67	95.56 ab
	Santa Maria	100.00	100.00	100.00	100.00 a
	Abate Fetel	100.00	91.67	91.67	94.44 ab
Seedling	Deveci	100.00	100.00	100.00	100.00 a
	Williams	100.00	100.00	82.14	94.05 ab
	Santa Maria	100.00	100.00	100.00	100.00 a
	Abate Fetel	91.67	83.33	75.00	83.33 c
Main Effects of					
Rootstock	BA.29	96.67 ab	94.44 bc	94.44 bc	95.19 b
	QA	94.86 bc	92.36 cd	87.68 ef	91.64 c
	MC	93.75 cd	93.75 cd	76.39 f	87.96 d
	Fox11	100.00 a	100.00 a	98.61 a	99.54 a
	OHxF333	100.00 a	100.00 a	97.22 a	99.07 a
	Farold40	100.00 a	97.92 a	94.58 bc	97.50 ab
	Seedling	97.92 a	95.83 ab	89.29 de	94.35 bc
Cultivar	Deveci	100.00 a	100.00 a	96.83 ab	98.94 a
	Williams	92.86 b	91.90 b	80.94 c	88.57 c
	Santa Maria	98.73 ab	97.46 ab	94.29 ab	96.82 ab
	Abate Fetel	98.81 ab	95.95 ab	92.65 b	95.80 b
Year		97.60 a**	96.33 a	91.17 b	
Year	0.001	Year x Cultivar			0.038
Rootstock	0.001	Rootstock x Cultivar			0.001
Cultivar	0.001	Year x Rootstock x Cultivar			0.346
Year x Rootstock	0.002				

\*: Differences between means with different letters in the same column are significant.

\*\* : Differences between means with different letters in the same line are significant.

This incompatibility can be eliminated by using rootstock and used for inter-stem compatibility with the scion (Jackson, 2003; Hartmann et al., 2011; Boudens and Breynne, 2012). The lowest plant survival ratio was detected among the cultivars in the 'Williams' and the highest in the 'Deveci' cultivar. The 'Williams' cultivar, which had a lower plant survival ratio, showed graft incompatibility with some quince rootstocks (Dondini and Sansavini, 2012) and pear clone rootstocks such as Fox11 (Hudina et al., 2014). Similar to our findings, a significant difference of rootstocks and cultivars combinations on the survival ratio of pear saplings has been reported by Ozturk (2021a) in pear and quince rootstocks. He cited that the survival ratio was higher in the pear rootstock than the quince rootstock in the nursery conditions and also reported that the survival ratio was lowest in BA29 quince rootstock, while the highest was in the Fox11 pear rootstock. The low survival ratio of some pear clone rootstocks like Farold40, which were grafted with some pear varieties, was also related to how resistant the rootstock is to the adverse conditions of area either biotic or abiotic combination of both factors apart from compatibility. They are more compatible with the quince clonal rootstocks (Moore, 1984; Shaltiel, 2018). In addition, the low survival rate of MC in our research may be related to the cold-hardy features of rootstock as *Pyrus communis* seedling rootstocks showed a higher survival rate than quince rootstocks, especially MC in the Baltic region (Lepsis et al., 2013), or it can be due to partial incompatibility of 'Williams' with quince rootstocks according to Baviera et al. (1988) and Ciobotari et al. (2010). In a research, it was observed that the secondary metabolites like catechin, arbutin and prunasin on pear/quince combinations were increased after four years of grafting. Variations in the expression of genes encoding enzymes, polarity, the physical structure of the graft, ecological conditions, plant growth regulators, virus and fungal infections are also the factors that suppress survival of grafted pear trees especially in pear and quince combinations (Hudina et al., 2014; Habibi et al., 2022). In another study on the incompatibility of some pear and quince scion/rootstock combinations, Mosse and Herrero (1951) noticed that even growth and development of grafted trees are normal for a few years. However, due to the weakness of the union's mechanical structure, the trees will not survive as normal ones and their lives will be terminated after some years, the same idea mentioned by Rasool et al. (2020). A study carried out in Pakistan reported that the survival rate at the end of the growing season was 73.10 % in Williams and 44.55 % in Santa Maria as they were grafted on quince and local pear rootstocks (Rahman et al., 2017). The research was conducted to investigate the survival ratios of some Asian pear cultivars on European pear seedlings and some genotypes, and all Asian pear cultivars showed good performance and survival ratio on European pear seedling rootstocks (Arzani, 2004). The results regarding the plant survival ratio reported in this study are compatible with those obtained in other studies on similar subjects.

#### 4. CONCLUSION

Rootstocks, cultivars, and research years had a significant impact on the parameters examined in this study, in which the effects of some standard pear varieties grafted on different rootstocks on rootstock diameter, stem diameter development, and plant survival rate were investigated. According to the examinations made between 2019-2021 in the established orchard in 2018, the highest rootstock diameter was observed from the OHxF333, and the cultivar was in the 'Deveci'. The highest stem diameter was in the OHxF333, BA29, Fox11, and Farold40, and the cultivar was in the 'Deveci'. The lowest rootstock diameter was determined in the QA and the pear seedling, and the lowest trunk diameter was in the MC and the pear seedling. The highest plant survival ratio was observed in the Fox11 and OHxF333 rootstocks, and the lowest was in the QA rootstocks. The highest survival ratio was determined in the 'Deveci' cultivar. The 'Williams' cultivar had the study's lowest rootstock diameter, stem diameter, and plant survival ratio. In addition, the plant survival ratio was slightly lower in quince clone rootstocks than in pear rootstocks. This is due to the graft incompatibility between some quince rootstocks and pear cultivars. In such cases, to solve graft incompatibility, a compatible inter-stock with both rootstock and cultivar should be used. As a result, it is necessary to do extensive study and make detailed observations to make precise decisions based on the results.

#### Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

#### Ethics

This study does not require ethics committee approval.

#### Author Contribution Rates

Design of Study (Çalışmanın Tasarlanması): AO (%50), TK (%25), ZAF (%25)

Data Acquisition (Veri Toplanması): AO (%30), TK (%40), ZAF (%30)

Data Analysis (Veri Analizi): AO (%70), TK (%15), ZAF (%15)

Writing up (Makalenin Yazımı): AO (%75), TK (%10), ZAF (%15)

Submission and Revision (Makalenin Gönderimi ve Revizyonu): AO (%85), TK (%5), ZAF (%10)

## REFERENCES

- Arzani, K., 2004. Progress in the national Asian pear project: A study on the adaptation of some Asian pear (*Pyrus serotina* Rehd) cultivars to Iranian environmental conditions. In *IX International Pear Symposium 67*: 209-212.
- Askari-Khorasgani, O., Jafarpour, M., Hadad, M. M., Pesarakli, M., 2019. Fruit yield and quality characteristics of "Shahmiveh" pear cultivar grafted on six rootstocks, *Journal of Plant Nutrition* 42(4): 323-332. doi: 10.1080/01904167.2018.1555592.
- Baviera, J. A., Garca, J. L., Ibarra, M., 1988. Commercial in vitro micro-propagation of pear cv. Conference. In *V International Symposium on Pear Growing 256*: 63-68.
- Bodens M. L., Byrne D. H., 2012. Fruit breeding. In: Handbook of plant breeding. Wien, Springer, p. 875.
- Chen, Z., Zhao, J., Qin, Y., Hu, G., 2016. Study on the graft compatibility between 'Jingganghongnuo' and other litchi cultivars. *Scientia Horticulturae*, 199: 56-62.
- Ciobotari, G., Brinza, M., Morariu, A., Gradinariu, G., 2010. Graft incompatibility influence on assimilating pigments and soluble sugars amount of some pear (*Pyrus sativa*) cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(1): 187-192.
- Costes E., Lauri P. E., Regnard, J. L., 2006. Analyzing fruit tree architecture: implications for tree management and fruit production. *Horticultural Reviews* 32: 1-61.
- Da Silva, G. J., Villa, F., Da Silva P. S., Welter, J. F., 2018. Pear (*Pyrus* spp.) breeding, *Advances in plant breeding strategies: Fruits*. Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Switzerland. 3: 131-164.
- Dolkar, T., Mansoor, A., Agleema, B., Divya, S., Lobzang, S., Stanzin, K., 2018. Mitigation of temperate fruit crop problems through use of rootstock. *International Journal of Chemical Studies*, 6(2): 880-887.
- Dondini, L., Sansavini, S., 2012. European pear, *Handbook of Plant Breeding: Fruit Breeding*. Springer, New York. 11: 369-413.
- Ermel, F. F., Kervella, J., Catesson, A. M., Poessel, J. L., 1999. Localized graft incompatibility in pear/quince (*Pyrus communis*/*Cydonia oblonga*) combinations: multivariate analysis of histological data from 5-month-old grafts. *Tree physiology*, 19(10).
- Ertürk, Y., Güleriyüz, M., Erdoğan, U. G., 2009. Quince A üzerine aşılı bazı armut çeşitlerinin İspir (Yukarı Çoruh Havzası) koşullarındaki verim ve gelişme durumlarının belirlenmesi. *BAHÇE* 38(1): 11-17.
- Francescatto, P., Pazzin, D., Gazolla Neto, A., Fachinello, J. C., Giacobbo, C. L., 2010. Evaluation of graft compatibility between quince rootstocks and pear scions. *Acta horticulturae*, 872: 253-260.
- Gerçekcioglu, R., Gencer, S., & Oz, O. (2014). Tokat ekolojisinde yetiştirilen "Eşme" ve "Limon" ayva (*Cydonia vulgaris* L.) çeşitlerinin bitkisel ve pomolojik özellikleri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* 7 (1), 01-05.
- Giacobbo, C. L., Neto, A. G., Pazzin, D., Francescatto, P., Fachinello, J. C., 2010. The assessment of different rootstocks to the pear tree cultivar 'Carrick'. *Acta Horticulture*, 872: 353-358
- Goldschmidt, E. E., 2014. Plant grafting: new mechanisms, evolutionary implications. *Frontiers in plant Science*, 5: 727.
- Habibi, F., Liu, T., Folta, K., Sarkhosh, A., 2022. Physiological, biochemical, and molecular aspects of grafting in fruit trees. *Horticulture Research*. Horticultural Sciences Department, University of Florida, Gainesville FL 32607 USA, 1-27.
- Hancock, J. F., Lobos, G. A., 2008. Pears. In *Temperate fruit crop breeding*, Springer, Dordrecht, 299-336.
- Hartmann, H. T., Kester D. E., Davies, F. T., Geneve, R. L., 2011. *Plant propagation: Principles and practices*. 8th ed. Regents/Prentice Hall International Edition. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Hepaksoy, S., 2019. Meyvecilikte Anaç Kullanımı: Armut Anaçları. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 12(2): 69-74.
- Hudina, M., Orazem, P., Jakopic, J., Stampar, F., 2014. The phenolic content and its involvement in the graft incompatibility process of various pear rootstocks (*Pyrus communis* L.). *Journal of Plant Physiology*, 171(5): 76-84.
- Iglesias, I., Battle, I., 2011. Agronomical Performance and Fruit Quality of 'Conference' on Some Cydonia and Pyrus Rootstocks. *Acta Horticulture*, 909: 195-200.
- Jackson, J. E., 2003. *Biology of apples and pears*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. doi:10.1017/CBO9780511542657.
- Lepsis, J., Lepse, L., Kviklys, D., Univer, N., 2013. Evaluation of pear rootstocks for the cultivar 'Suvenirs' in the Baltic region. In *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences*,

- 67(2): 145-150.
- Loreti, F., Massai, R., Fei, C., Cinelli, F., 2002. Performance of 'Conference' cultivar on several quince and pear rootstocks: preliminary results. *Acta Horticulturae*, 596: 311-18. doi: 10.17660/ActaHortic.2002.596.48.
- Maas, F., 2008. Evaluation of *Pyrus* and quince rootstocks for high density pear orchards. *Acta Horticulturae*, 800: 599-609.
- Machado, B. D., Magro, M., Rufato, L., Bogo, A., Kretschmar, A.A., 2016. Graft Compatibility between European Pear Cultivars and East Malling "C" Rootstock. *Rev. Bras. Frutic.*, 39(3): (e-063) DOI 10.1590/0100-29452017 063.
- Massai, R., Loreti, F., Fei, C., 2008. Growth and yield of 'Conference' pears grafted on quince and pear rootstocks. *Acta Horticulturae*, 800: 617-624.
- Mauro, R. P., Perez-Alfocea, F., Cookson, S. J., Ollat, N., Vitale, A., 2022. Physiological and Molecular Aspects of Plant Rootstock-Scion Interactions. *Frontiers Media SA*, 11: 71.
- Meszaros, M., Lanar, L., Kosina, J., Namestek, J., 2019. Aspects influencing the rootstock-scion performance during long term evaluation in pear orchard. *Horticultural Science (Prague)* 46(1): 1-8. <https://doi.org/10.17221/55/2017-HORTSCI>
- Moore, R., 1984. A model for graft compatibility-incompatibility in higher plants. *American Journal of Botany*, 71(5): 752-758.
- Mosse, B., Herrero, J., 1951. Studies on incompatibility between some pear and quince grafts. *Journal of Horticultural Science*, 26(3): 238-245.
- Okubo, M., Sakuratani, T., 2000. Effects of sodium chloride on survival and stem elongation of two Asian pear rootstock seedlings. *Scientia Horticulturae*, 85(1-2): 85-90.
- Ozturk, A., 2021a. The Effects of Different Rootstocks on the Graft Success and Scion Development of Some Pear Cultivars. *International Journal of Fruit Science*, 21(1): 932-944.
- Ozturk, A., 2021b. Farklı Anaçlar Üzerine Açılı 'Deveci' Armudunun Büyüme ve Meyve Kalite Özellikleri. *Bağbahçe Bilim Dergisi*, 8(3): 179-187. 10.35163/bagbahce.999637
- Ozturk, A., Ozturk, B., 2014. The rootstock influences growth and development of 'Deveci'pear. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 1(1): 1049-1053.
- Ozturk, A., Serdar, Ü., Balci, G., 2009. The Influence of Different Nursery Conditions on Graft Success and Plant Survival Using the Inverted Radicle Grafting Method on the Chestnut. *Acta Horticulturae*, 815: 193-198.
- Pasa, M. S., Fachinello, J. C., Rosa Júnior, H. F., Franceschi, E., Schmitz, J. D. Souza, A. L. K., 2015. Performance of 'Rocha' and 'Santa Maria' pear as affected by planting density. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 50:126-131.
- Rahman, J., Aftab, M., Rauf, M. A., Rahman, K. U., Wasim Bilal, F., Ayub, G., 2017. Comparative study on compatibility and growth response of pear varieties on different rootstocks at nursery. *Pure and Applied Biology*, 6(1): 286-292.
- Rasool, A., Mansoor, S., Bhat, K. M., Hassan, G. I., Baba, T. R., Alyemeni, M. N., Ahmad, P., 2020. Mechanisms underlying graft union formation and rootstock scion interaction in horticultural plants. *Frontiers in Plant Science*, 1778.
- Reig, G., Zarrouk, O., Forcada, C. F., Moreno, M. Á., 2018. Anatomical graft compatibility study between apricot cultivars and different plum based rootstocks. *Scientia Horticulturae*, 237: 67-73.
- Shaltiel, H. L., Gerchman, Y., Ibdah, M., Kedoshim, R., Rachmany, D., Hatib, K., Holland, D., 2018. Grafting on resistant interstocks reduces scion susceptibility to pear psylla, *Cacopsylla bidens*. *Pest management Science*, 74(3): 617-626.
- Sharma, S., Rehalia, A. S., Sharma, S. D., 2009. Vegetative growth restriction in pome and stone fruits-A review. *Agricultural Reviews*, 30(1): 13-23.
- Stern, R. A. Doron, I., 2009. Performance of 'Coscia' pear (*Pyrus communis*) on nine rootstocks in the north of Israel. *Sci Hortic.*, 119: 252-256.
- Stiropoulos, T. E., 2006. Performance of the pear (*Pyrus communis*) cultivar William's Bon Chretien grafted on seven rootstocks. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46: 701-705
- Sugar, D., Basile, S. R., 2011. Performance of 'Comice' Pear on Quince Rootstocks in Oregon, USA. *Acta Horticulturae*, 909: 215-218.
- Tatari, M., Rezaei, M., Ghasemi, A., 2020. Quince Rootstocks Affect Some Vegetative and Generative Traits, *International Journal of Fruit Science*, 20(2): 668-682, doi: 10.1080/15538362.2020.1764462.
- Urbina, V., Dalmases, J., Pascual, M., Dalmau, R., 2003. Performance of 'Williams' pear on five rootstocks. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 78(2): 193-196.
- Webster, T., 2002. Dwarfing rootstocks: past, present and future. *Compact Fruit Tree*, 35: 67-72.





## Farklı Ayçiçeği Çeşitlerine Ait Tohumların Bazı Fiziksel Ve Renk Karakteristikleri İle Mekanik Davranışlarının Belirlenmesi

### Determination of Some Physical and Color Characteristics and Mechanical Behavior of Different Sunflower Cultivars' Seeds

Esra Nur GÜL<sup>1</sup>, Ebubekir ALTUNTAŞ<sup>2</sup>, Hüsne GÖK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tokat  
• gulesranur1@gmail.com • ORCID > 0000-0002-9865-1228

<sup>2</sup>Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tokat  
• ebubekir.altuntas@gop.edu.tr • ORCID > 0000-0003-3835-1538

<sup>3</sup>Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tokat  
• husne.gok1616@gop.edu.tr • ORCID > 0000-0003-3120-8480

#### Makale Bilgisi / Article Information

**Makale Türü / Article Types:** Araştırma Makalesi / Research Article

**Geliş Tarihi / Received:** 27 Temmuz / July 2021

**Kabul Tarihi / Accepted:** 11 Ekim / October 2021

**Yıl / Year:** 2022 | **Cilt – Volume:** 37 | **Sayı – Issue:** 2 | **Sayfa / Pages:** 421-437

**Atıf/Cite as:** Gül, E. N., Altuntaş, E. ve Gök, H. "Farklı Ayçiçeği Çeşitlerine Ait Tohumların Bazı Fiziksel ve Renk Karakteristikleri ile Mekanik Davranışlarının Belirlenmesi". *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 37(2), Haziran 2022: 421-437.

**Sorumlu Yazar / Corresponding Author:** Esra Nur Gül



## FARKLI AYÇİÇEĞİ ÇEŞİTLERİNE AİT TOHURLARIN BAZI FİZİKSEL VE RENK KARAKTERİSTİKLERİ İLE MEKANİK DAVRANIŞLARININ BELİRLENMESİ

### ÖZ:

Bu çalışmada, *Tunca*, *Tarsan-1018* ve *Reyna* ayçiçeği çeşitlerine ait tohumların bazı fiziksel ve renk karakteristikleri ile mekanik davranışları incelenmiştir. Çalışmada kullanılan *Tunca*, *Tarsan-1018* ve *Reyna* ayçiçeği çeşitlerinin nem içerikleri sırasıyla %5.92, %6.58 ve %6.05 (k.b) olarak belirlenmiştir. Ayçiçeği çeşitlerinin fiziksel özellikleri içinde geometrik, hacimsel karakteristikleri ile renk karakteristikleri ile beraber farklı hızlar ve eksenlerdeki mekanik davranışları incelenmiştir.  $L^*$  parlaklık değerlerinin *Tunca* çeşidinde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayçiçeği çeşitlerine ait tohumların sıkıştırma testleri kapsamında kırılma kuvveti, deformasyon, kırılma enerjisi, sertlik ve kırılma gücü; 30, 60 ve 90 mm  $dk^{-1}$  yükleme hızları ve uzunluk ve genişlik yükleme eksenleri için incelenmiştir. *Tunca* çeşidinde 30 mm  $dk^{-1}$  hızındaki kırılma kuvveti değerleri diğer çeşitlere göre daha yüksek, *Tunca* ve *Tarsan-1018* çeşitleri için ise genişlik eksenini boyunca kırılma kuvveti değerleri daha yüksek bulunmuştur. Ayçiçeğinin işlenmesi, son ürün kalitesi ve tüketici istekleri açısından tohumların hasat sonrası teknolojileri için bazı fiziksel ve renk karakteristikleri ile mekanik davranışlarının göz önünde bulundurulması gereklidir.

**Anahtar Kelimeler:** Ayçiçeği, Küresellik, Kroma, Kırılma Enerjisi.



## DETERMINATION OF SOME PHYSICAL AND COLOR CHARACTERISTICS AND MECHANICAL BEHAVIOR OF DIFFERENT SUNFLOWER CULTIVARS' SEEDS

### ABSTRACT:

In this study, some physical and color characteristics and mechanical behaviors of the seeds of *Tunca*, *Tarsan-1018* and *Reyna* sunflower cultivars were examined. In the study, the moisture contents of *Tunca*, *Tarsan-1018* and *Reyna* sunflower cultivars used in the study was determined as 5.92%, 6.58% and 6.05%, respectively. As the physical characteristics; the geometric, volumetric and color characteristics of sunflower cultivars and also, their mechanical behavior at different loading rate and axes were investigated. It was determined that the  $L^*$  brightness values were higher in *Tunca* cultivar. For the rupture force, deformation, rupture energy, firmness and rupture power related with the compression tests of seeds of sunflower; 30, 60 and 90 mm  $min^{-1}$  loading speeds were used at the length and width loading axes. Rupture force values at 30 mm  $min^{-1}$  loading rate were found higher in *Tunca* cultivar than other cultivars, while rupture power values along

the width axis were found higher for *Tunca* and *Tarsan-1018* cultivars. In terms of processing of sunflower, end product quality and consumer demands, some physical and color characteristics and mechanical behavior of seeds of sunflower varieties for post-harvest technologies should be considered.

**Keywords:** *Sunflower, Sphericity, Chroma, Rupture Energy.*

## 1. GİRİŞ

Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.), kuraklık ve düşük sıcaklıklara karşı dayanıklı olması, birçok toprak tipine adapte olmasından dolayı ülkemiz genelinde üretilen yağlı tohumlu bitkiler arasında ilk sırada yer almaktadır (Arıoğlu ve ark., 2010). Yağlı tohumlar, içeriğindeki yüksek yağ, protein, karbonhidrat ve çeşitli mineral maddeler sayesinde gıda, yem ve enerji sektörü gibi çeşitli platformlarda hammadde olarak kullanılmaktadır (Kadakoğlu ve Karlı, 2019). Ayçiçeği, içerdiği doymamış yağ asitleri oranının yüksek (%69) olması sebebiyle beslenme değeri en yüksek olan bitkisel yağlardan bir tanesidir. %40-45 oranında elde edilen küspesi, %30-40 oranında protein içermekte olup önemli bir yem olarak hayvan beslenmesinde kullanılmaktadır. Ayçiçeği yağı, dünya bitkisel yağ üretiminin yaklaşık %9'unu oluşturmaktadır. Ayçiçeği yağ, sabun ve boya sanayisinde kullanılmaktadır (Anonim, 2019). Ayçiçeği bitkisinin hasat sonu kalan kök, sap ve diğer kısımları toprağa karıştırılarak organik gübre olarak kullanılabilir. Kuruyan tabla yaprak ve sap artıkları yakacak olarak kullanıldıktan sonra, küllerde yüksek oranda potasyum bulunduğundan toprağa serpilerek özellikle potasyum ihtiyacının büyük çapta giderilebilmektedir (Gül ve ark., 2018).

USDA verilerine göre, dünyada 2019/2020 yılında 26.3 milyon hektar alanda ayçiçeği ekimi yapılmış ve 2 ton verim elde edilmiştir (Anonim, 2020). TÜİK verilerine göre yağlık ayçiçeği, 2010 yılında ülkemiz genelinde 5 514 000 dekar ekiminden 1 170 000 ton yağlık üretim gerçekleşmiş ve verim 212 kg da<sup>-1</sup> iken. 2020 yılında ise 6 508 696 dekar alanda 1 900 000 ton üretim gerçekleşmiş ortalama verim ise 292 kg da<sup>-1</sup>a çıkmıştır (TÜİK, 2021).

Ayçiçeği tohumlarının bazı fiziksel ve renk karakteristikleri ile mekanik davranışları; hasat esnasında, hasat sonrası işleme, taşıma ve depolama işlemleri için gerekli ekipmanların tasarımı ve projelenmesi açısından büyük bir önem taşımaktadır (Baryeh, 2001).

Ayçiçeği konusunda birçok araştırmacı tarafından çalışmalar yürütülmüştür. Ashwini ve Vikas (2012), ayçiçeği tohumlarının neme bağlı olarak bazı fiziksel özelliklerinin değişimini; Babić ve ark. (2012), altı ayçiçeği hibrit çeşidine ait tohumlarının fiziksel özelliklerini; Malik ve Saini (2016), ayçiçeği tohumlarının bazı fiziksel özellikleri üzerine çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, Türkiye'ye

özgü üç farklı ayçiçeği çeşidinin daha önce çalışılmaması nedeniyle, bu çalışmada *Tunca*, *Tarsan-1018* ve *Reyna* yağlık ayçiçeği çeşitlerinin bazı fiziksel ve renk karakteristikleri ile mekanik davranışları bir arada incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada kullanılan ayçiçeği tohumları, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü tarafından 2013 yılında Tokat İli, Erbaa İlçesinde yürütülen bir araştırma sonucu elde edilen tohumlardır. Çalışmanın yürütüldüğü 2013 yılı dönemine (Ocak-Aralık) ait ortalama sıcaklık 14.5°C, ortalama bağıl nem %70.44 ve ortalama toplam yağış miktarı ise 312.9 mm'dir. Araştırmanın yürütüldüğü toprak ise; hafif alkali, orta kireçli, tuzsuz, fosfor seviyesi orta ve potasyum bakımından yeterlidir. Ayçiçeği tohumları hasattan sonra oda sıcaklığında 20-24°C depolanmıştır. Ayçiçeği çeşitlerine ait tohumlarla ilgili bazı fiziksel ve renk karakteristikleri ile mekanik davranışları ile ilgili deneyler, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü Biyolojik Malzeme Laboratuvarında yürütülmüştür. Çalışmada incelenen tüm özellikler için yapılan ölçüm ve analizler için, örneklerden kırık ve zarar görmüş olanlar ayrılmıştır. Çalışmada tescil edilmiş üç farklı yağlık ayçiçeği çeşidi olarak *Tunca*, *Tarsan-1018* ve *Reyna* kullanılmıştır (Şekil 1).

*Tunca* çeşidi, orta erkenci olgunlaşma grubunda yer almakta ve verimi çok yüksektir. Hektolitre ağırlığı ve yağ oranı yüksek olup, kurağa toleransı da yüksektir. Bu çeşidin üretici firması Limagrain Tohumculuk A.Ş.'dir. *Tarsan-1018*, erkenci olgunlaşan grupta olup, Marmara, Ege Karadeniz, Akdeniz'de kuru şartlarda, İç Anadolu Bölgesinde ise sulu şartlarda yetiştirilmesi önerilmektedir. Yağ oranı ve tane verimi yüksek olup, Biotek Tohumculuk A.Ş. tarafından üretilmiştir. *Reyna* çeşidi, erkenci ve erken hasada gelen bir çeşit olup, kuruma özelliği çok hızlıdır. Kuraklık toleransı oldukça yüksek, Aynı zamanda stres ve olumsuz koşullara karşı da yüksek toleranslıdır. Zayıf ve kumsal topraklarda rakiplerinden daha yüksek performans gösteren bu çeşidin üretici firması ise May Agro Tohumculuk A.Ş.'dir (Şahin, 2015).



**Şekil 1.** Çalışmada kullanılan ayçiçeği çeşitlerine ait örnekler

**Figure 1.** The sample for sunflower cultivars used in the study

Ayçiçeği çeşitlerine ait örneklerin nem içerikleri, tohumların etüvde  $105 \pm 1^\circ\text{C}$  sıcaklıkta 24 h kurutulmasıyla kuru baza göre belirlenmiştir (Suthar ve Das, 1996). *Tunca*, *Tarsan-1018* ve *Reyna* çeşitlerinin nem içerikleri sırasıyla %5.92, %6.58 ve %6.05 olarak belirlenmiştir. Ayçiçeği çeşitlerine ait tohumlarda fiziksel özelliklerin belirlenmesi için 100'er adet örnek alınmış; uzunluk ( $U$ ), genişlik ( $G$ ) ve kalınlık ( $K$ ) değerleri 0.01 mm hassasiyetli dijital kumpas yardımıyla belirlenmiştir (Şekil 2). Çeşitlerin tek tohum ağırlıkları 0.001 g hassasiyetli dijital hassas elektronik bir teraziyle belirlenmiştir. 1000-tane ağırlıkları için 3 tekrarlı alınan 100 adet örnek ağırlıkları ortalaması kullanılmıştır. Çeşitlere ait tohumların geometrik ortalama çap ( $GOÇ$ ) ve küresellik ( $KR$ ); yüzey alanı ( $YA$ ), tane hacmi ( $TH$ ) için aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmıştır (Mohsenin, 1980).

$$GOÇ = (UGK)^{1/3} \quad (1)$$

$$KR = (GOÇ/U)100 \quad (2)$$

$$YA = \pi (GOÇ)^2 \quad (3)$$

$$TH = \pi /6 (UGK) \quad (4)$$



**Şekil 2.** Ayçiçeği tohumlarının boyut ölçümlerine ait örnekler

**Figure 2.** Examples of size measurements of sunflower seeds

Çeşitlerin gerçek hacim ağırlığının (*GHA*) belirlenmesinde sıvı yer değiştirme metodu kullanılmıştır (Mohsenin, 1980). Bu amaçla denemede akışkan sıvı olarak suya göre daha az absorbe özelliğine sahip olan Toluen sıvısı kullanılmıştır (Saçılık ve ark., 2003). Yığın hacim ağırlığı (*YHA*) için ise hektolitre yöntemi uygulanmıştır. Porozite (boşluk oranı) değeri (%PR) Mohsenin (1980)'e göre, *YHA* ve *GHA* değerleri göz önüne alınarak belirlenmiştir.

Ayçiçeği tohumlarının renk özellikleri için *CIE L\**, *a\** ve *b\** renk skalaları belirlenmiştir. Renk ölçümlerinde, Minolta, model CR-400 (Tokyo, Japonya) renkölçer cihazı kullanılmıştır. Renk skalasına göre kırmızılık-yeşillik (*a\**) değeri, sarılık-mavilik (*b\**) değeri ölçümü yanında kroma değeri ise  $KRM=(a^2+b^2)^{1/2}$  formülü ile belirlenmiştir (McGuire, 1992). Ürünün kroma değeri (*KRM*) tohumların canlı ya da pastel tonuyla ilgili bir belirteç olup pastel tonlar, 0 değerine canlı tonlar ise 100 değerine yakındır (Günaydın, 2020).

Ayçiçeği tohumlarının mekanik özellikleri içinde, farklı sürtünme yüzeyleri olarak galvanizli sac, PVC, kontrplak, laminant ve lastik üzerindeki statik sürtünme katsayıları sürtünme ölçüm düzeni kullanılarak belirlenmiştir. Sürtünme katsayısı değeri ( $\mu$ ) bir kol ile eğilendirilen yüzeyden tohumların harekete başladığı andaki eğim açısı ( $\tan\alpha$ ) dikkate alınarak ölçülmüştür (Yılmaz ve Altuntas, 2021) (Şekil 3).



**Şekil 3.** Statik sürtünme katsayısı ölçümü.

**Figure 3.** Static friction coefficient measurement

Statik yığılma açısı (SYA) için 300 mm çap ve 500 mm yükseklik ölçülü üstten ve alttan açık boş bir silindir kullanılmıştır. Silindir tohumlar ile tepeleme doldurulup, bir düz plaka yüzey üzerinde bir koni oluşturana kadar yavaşça yükseltilmiştir. Oluşan koninin eğim açısı, statik yığılma açısı olarak belirlenmiştir (Kaleemullah ve Gunasekar, 2002).

$$SYA = \tan^{-1} (h / r) \quad (5)$$

Burada,  $h$  koni yüksekliği (cm) ve  $r$  koni taban yarıçapını (cm) göstermektedir.

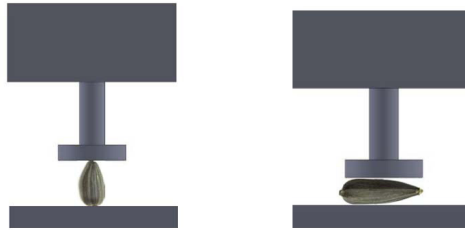
Ayçiçeği tohumlarının mekanik özellikleri içinde sıkıştırma testi ölçümleri için, biyolojik materyal test ölçüm cihazı kullanılmış olup, bu cihaz; bir bilgisayar programıyla çalıştırılmakta, bası ve çeki dinamometresi (Sundoo çeki dinamometresi (Model SH-500, 0.1 N hassasiyetli, Çin), dijital hız ünitesi, bir ölçüm cetveli standına sahip motorlu ve otomatik kontrollü bir cihazdır. Farklı ayçiçeği çeşitlerine ait tohumların iki farklı eksen (uzunluk ve genişlik eksenini) ve üç farklı hızdaki ( $30 \text{ mm min}^{-1}$ ,  $60 \text{ mm min}^{-1}$ ,  $90 \text{ mm min}^{-1}$ ) kırılma kuvveti (KK), test cihazı üzerinden grafik olarak alınabilmektedir (Şekil 4). Kalınlık eksenini ile ilgili birçok ön deneme yapılmış, ancak biyolojik materyal test cihazında hassas ölçüm alınamamış, dolayısıyla genişlik eksenini çalışma harici bırakılmıştır. Biyolojik materyal test cihazında bulunan hız ayarlama ve sabitleme paneli ile belirlenen hızlar sabit tutularak değerler okunabilmektedir. Kırılma enerjisi (KE), sertlik (SR) ve kırılma gücü (KG) değerleri ise aşağıdaki eşitlikler yardımıyla bulunabilmektedir (Braga ve ark., 1999; Khazaei ve ark., 2002; Altuntas ve ark., 2010).

$$KE = (KK \cdot DF) / 2 \quad (6)$$

$$SR = KK / DF \quad (7)$$

$$KG = \left[ \frac{KE \cdot HZ}{60000 \cdot DF} \right] \quad (8)$$

Eşitliklerde; SR: Sertlik KE: kırılma enerjisi (N mm), KK: kırılma kuvveti (N), DF: Deformasyon (mm), KG, kırılma gücü (W); HZ, yükleme hızı ( $\text{mm min}^{-1}$ ).



**Şekil 4.** Ayçiçeği tohumunun iki farklı (U, G) aksenal boyutunda uygulanan sıkıştırma testi.

**Figure 4.** Compression test applied in two different (L, W) axial dimensions of sunflower seeds

Ayçiçeği çeşitlerine ait hasat sonrası bazı fiziksel ve renk karakteristikleri ile mekanik davranışlarının belirlenmesinde temel istatistik ölçümler için, ortalama ve standart hata değerleri bulunmuştur. Çeşitlere ve mekanik testlere yönelik istatistiksel hesaplamalarda üç faktörlü faktöriyel deneme deseni kullanılmıştır. Veriler için varyans analizi öncesi normalite testi yapılarak analiz için uygunluğu belirlenmiştir. Varyans analizlerinde, çeşit karşılaştırmalarında tek yönlü varyans analizi, birden fazla faktörün kullanıldığı mekanik testlerde çok faktörlü varyans analizi yapılmıştır. Tüm varyans analizlerinde, Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılarak çeşitler ve çok faktörlü uygulamalarda her bir faktörün etkisini belirlemek için Split File (veri ayırma ve seçme testi) testi uygulanmıştır (SPSS, 2000).

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Fiziksel Özellikler

Ayçiçeği çeşitlerine ait tohumların boyut özellikleri, geometrik ortalama çap, küresellik, yüzey alanı gibi geometrik özelliklerine ait değerler ve varyans analiz sonuçları, Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Ayçiçeği çeşitlerinin geometrik özelliklerine ait istatistiksel sonuçlar.

**Table 1.** Statistical results of the geometrical characteristics of sunflower cultivars

Ayçiçeği çeşitleri	<i>U</i> (mm)	<i>G</i> (mm)	<i>K</i> (mm)	<i>GOÇ</i> (mm)	<i>KR</i> (%)	<i>YA</i> (mm <sup>2</sup> )
<b>Tunca</b>	11.40±0.05b**	5.58±0.09c**	3.32±0.04b*	5.93±0.06b**	48.98±0.77b**	110.85±2.10b**
<b>Tarsan-1018</b>	12.62±0.05a**	6.03±0.06b**	3.47±0.03a*	6.39±0.03a**	47.82±0.47b**	128.76±1.39a**
<b>Reyna</b>	11.42±0.07b**	6.46±0.08a**	3.40±0.03ab*	6.28±0.05a**	56.54±0.39a**	124.39±1.98a**
<b>F değeri</b>	142.64	32.73	4.94	26.04	70.17	25.57

*U*: Uzunluk (mm), *G*: Genişlik (mm) *K*: Kalınlık (mm), *GOÇ*: Geometrik ortalama çap (mm), *KR*: Küresellik (%), *YA*: Yüzey Alanı(mm<sup>2</sup>) \*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ . Aynı sütundaki aynı harfler arası fark önemsizdir.

Ayçiçeği çeşitlerinin uzunluk, genişlik, geometrik ortalama çap, küresellik ve yüzey alanı üzerinde çeşitler arasında  $p < 0.01$  düzeyinde, kalınlık boyutunda ise  $p < 0.05$  düzeyinde istatistiksel olarak farklılıklar gözlenmiştir. *Tarsan-1018* çeşidinde uzunluk (12.62 mm), *Reyna* çeşidinde ise genişlik (6.46 mm) değerleri, diğer çeşitlere göre daha yüksek değerler vermiştir. Küresellik değeri; %56,54 değeri ile en yüksek *Reyna* çeşidinde belirlenirken yüzey alanı (128.76 mm<sup>2</sup>) en yüksek *Tarsan-1018* çeşidinde bulunmuştur (Çizelge 1).

Jafari ve ark. (2011), nem içeriği %6.3 olan *Shamshiri* çeşidi ayçiçeği tohumlarında; uzunluk genişlik ve kalınlık değerlerini sırasıyla 22.80 mm, 7.06 mm, 3.98 mm olarak, geometrik ortalama çap, küresellik ve yüzey alanını ise sırasıyla 8.58 mm, %37.91, 235.20 mm<sup>2</sup> olarak belirlemişlerdir. Voća ve ark. (2008), % 5.29 nem içeriğindeki *Alexandra* çeşidi ayçiçeği tohumlarında; uzunluk genişlik, kalınlık ve küresellik değerlerini sırasıyla 9.61 mm, 4.82 mm, 3.20 mm ve %54.24 olarak belirlemişlerdir. Gül ve ark. (2017), Bafra, Vezirköprü, Havza, Merzifon, Çorum Merkez ve Turhal'da bulunan yetiştiricilerden 2015 yılında aldıkları ortalama nemi %7.9 olan yağlık ayçiçeği örneklerinde yaptıkları çalışmada ortalama tane uzunluğu, genişliği ve kalınlığını sırasıyla 10.8 mm, 5.1 mm, 2.9 mm olarak belirlemişlerdir. Malik ve Saini (2016), *PSH-996* çeşidi ayçiçeği tohumlarında %7.60 nem içeriğinde uzunluk genişlik, kalınlık ve yüzey alanı değerlerini sırasıyla 11.33 mm, 6.84 mm, 4.76 mm ve 161.00 mm<sup>2</sup> olarak belirlemişlerdir.

Babić ve ark. (2012), 2009 hasat sezonunda altı ayçiçeği hibrit çeşidinden (*Krajišnik*, *Perun*, *Pobednik*, *Šumadinac*, *Bačvanin* ve *NS-H-111*) uzunluk, genişlik, kalınlık, geometrik ortalama çap ve yüzey alanı değerleri *Šumadinac* hibrit çeşidi için sırasıyla; 9.80 mm, 4.72 mm, 2.95 mm, 5.14 mm, 83.92 mm<sup>2</sup>; *Krajišnik* çeşidi için 9.31 mm, 4.80 mm, 3.42 mm, 5.32 mm, 102.30 mm<sup>2</sup>; *Bačvanin* çeşidi için ise 10.67 mm, 5.92 mm, 3.98 mm, 6.29 mm, 125.50 mm<sup>2</sup> olarak bildirmişlerdir. Ashwini ve Vikas (2012), *KBSH-44* çeşidinde yaptıkları çalışmada %10 nem içeriğindeki ayçiçeği tohumlarının uzunluk, genişlik ve kalınlık değerlerini sırasıyla 12.54 mm, 5.57 mm, 3.88 mm olarak gözlemlemişlerdir.

Ayçiçeği tohumlarının fiziksel özellikleri içerisinde hacimsel özellikleri olarak tek tane ağırlığı, bin tane ağırlığı, tane hacmi, yığın hacim ağırlığı, tane hacim ağırlığı ve poroziteye ait değerler, Çizelge 2'de verilmiştir.

## Çizelge 2. Ayçiçeği çeşitlerinin hacimsel özelliklerine ait istatistiksel sonuçları.

**Table 2.** Statistical results of the volumetric properties of sunflower cultivars

Ayçiçeği çeşitleri	TDA (mg)	BDA (g)	TH (mm <sup>3</sup> )	YHA (kg m <sup>-3</sup> )	GHA (kg m <sup>-3</sup> )	PR (%)
<b>Tunca</b>	91.08±1.55a **	111.94a*	110.88±3.16b*	451.82±3.59a*	1784.00±97.34b **	73.59±1.49b**
<b>Tarsan-1018</b>	87.33±1.61a **	109.85a*	138.75±2.23a*	359.56±2.05b*	2238.63±69.78a*	83.77±0.40a**
<b>Reyna</b>	77.47±1.52b **	96.84b**	131.72±3.21a*	328.21±2.93c*	1924.23±74.16b **	82.61±0.66a**
<b>F değeri</b>	20.29	20.40	24.93	481.80	8.19	33.20

TDA: Tek tane ağırlık (mg), BDA: Bin dane ağırlığı (g), TH: Hacim (mm<sup>3</sup>), YHA: Yığın hacim ağırlığı (kg m<sup>-3</sup>), GHA: Gerçek hacim ağırlığı (kg m<sup>-3</sup>), PR: Porozite (%)  
\*\*\*: p<0.01. Aynı sütundaki aynı harfler arası fark önemsizdir.



Ayçiçeği çeşitlerinin tek dane ağırlığı, bin dane ağırlığı, tane hacmi, yığın hacim ağırlığı, tane hacim ağırlığı ve porozite üzerinde çeşitler arasında  $p < 0.01$  düzeyinde istatistiksel olarak farklılıklar gözlenmiştir. *Tunca* çeşidinde tek tane ağırlığı (91.08 mg), *Tarsan* çeşidinde ise tane hacmi ( $138.75 \text{ mm}^3$ ) değeri diğer çeşitlere göre daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 1).

Jafari ve ark. (2011), nem içeriği %6.3 olan *Shamshiri* çeşidi ayçiçeği tohumlarında; tek dane ağırlığını 0.15 g, tane hacmini ise  $347.10 \text{ mm}^3$  olarak bildirmişlerdir. Voća ve ark. (2008), 2006 sezonunda toplanan %5.29 nem içeriğindeki *Alexandra* çeşidi ayçiçeği tohumlarında; tek tane ağırlığını 0.0524 g olarak; Gül ve ark. (2017) ise nemi %7.9 olan yağlık ayçiçeği tohumlarının bin dane ağırlığını ortalama 56.6 g olarak belirlemişlerdir. Malik ve Saini (2016), *PSH-996* çeşidi ayçiçeği tohumlarında %7.60 nem içeriğinde tane hacmi, yığın hacim ağırlığı, tane hacim ağırlığı, porozite ve bin dane ağırlıklarını sırasıyla;  $192.61 \text{ mm}^3$ ,  $342.30 \text{ kg m}^{-3}$ ,  $581.33 \text{ kg m}^{-3}$ , % 41.12 ve 73.40 g olarak belirlemişlerdir.

Babić ve ark. (2012), yığın hacim ağırlığı, tane hacim ağırlığı değerlerini *Šumadinac*, *Krajišnik*, *Bačvanin* hibrit çeşitleri için sırasıyla;  $419.37 \text{ kg m}^{-3}$ ,  $649.48 \text{ kg m}^{-3}$ ;  $398.90 \text{ kg m}^{-3}$ ,  $581.13 \text{ kg m}^{-3}$ ;  $330.10 \text{ kg m}^{-3}$ ,  $502.74 \text{ kg m}^{-3}$  olarak bildirmişlerdir. *Perun*, *Pobednik*, *NS-H-111* çeşitleri için ise sırasıyla;  $424.62 \text{ kg m}^{-3}$ ,  $642.41 \text{ kg m}^{-3}$ ;  $449.86 \text{ kg m}^{-3}$ ,  $701.21 \text{ kg m}^{-3}$ ,  $435.35 \text{ kg m}^{-3}$ ,  $663.89 \text{ kg m}^{-3}$  olarak bildirilmiştir. Ashwini ve Vikas (2012), *KBSH-44* çeşidinde (%10 nem içeriği) ayçiçeği tohumlarının tane hacim ağırlığı, yığın hacim ağırlığı ve porozite değerlerini sırasıyla;  $769.2 \text{ kg m}^{-3}$ ,  $435 \text{ kg m}^{-3}$ , % 43.5 olarak gözlemlemişlerdir.

Çalışmada bulunan sonuçlara göre, *Tunca* ve *Tarsan* 1018 çeşitlerindeki yığın hacim değerleri Jafari ve ark. (2011)'in verdiği sonuçlardan daha yüksek, Babić ve ark. (2012)'in verdiği sonuçlardan ise daha düşük bulunmuştur.

### 3.2. Renk Özellikleri

Ayçiçeği çeşitlerinin renk karakteristiklerine ait değerler, Çizelge 3'te verilmiştir. *Tunca* çeşidine ait renk karakteristiklerinden  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri sırasıyla 23.44, 0.88 ve 1.50 olarak belirlenirken; *Reyna* çeşidinde bu değerler 21.82, 0.81 ve 1.24 olarak değişmiştir.  $L^*$  ve  $a^*$  renk karakteristikleri üzerine çeşitler arasında fark önemsizken  $b^*$  ve kroma renk karakteristiği üzerine çeşitler arasında  $p < 0.01$  düzeyinde farklılık gözlenmiştir.  $L^*$  parlaklık değerlerinin *Tunca* çeşidinde daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 3.** Ayçiçeği tohumlarının çeşitler bazında renk karakteristiklerine ait istatistiksel sonuçları.

**Table 3.** Statistical results of the color characteristics of sunflower seeds on the basis of cultivars

Ayçiçeği çeşitleri	$L^*$	$a^*$	$b^*$	<i>Kroma (KRM)</i>
<i>Tunca</i>	23.44±0.31 <sup>ns</sup>	0.88±0.03 <sup>ns</sup>	1.50±0.10a <sup>**</sup>	1.75±0.09a <sup>**</sup>
<i>Tarsan-1018</i>	22.43±0.82 <sup>ns</sup>	0.82±0.04 <sup>ns</sup>	0.73±0.09c <sup>**</sup>	1.12±0.08c <sup>**</sup>
<i>Reyna</i>	21.82±0.28 <sup>ns</sup>	0.81±0.03 <sup>ns</sup>	1.24±0.08b <sup>**</sup>	1.49±0.08b <sup>**</sup>
<b>F değeri</b>	2.36	1.26	20.37	14.43

\*\* $p < 0.01$ , ns: önemsiz. Aynı sütundaki aynı harfler arası fark önemsizdir.

### 3.3. Mekanik Davranışları

*Tunca*, *Tarsan-1018* ve *Reyna* çeşitlerine ait tohumların mekanik davranışları için statik sürtünme katsayısı, statik yığılma açısı, mekanik kuvvet karşısındaki kırılma kuvveti, deformasyon, kırılma enerjisi, sertlik ve kırılma gücü değerleri incelenmiştir.

Statik sürtünme katsayıları tüm çeşitlerde en yüksek kontrplak yüzeyde, en düşük değer ise tüm çeşitlerde laminant sürtünme yüzeyde elde edilmiştir. Ayçiçeği tohumlarının PVC, galvanizli sac, laminant, kontrplak ve lastik yüzeylerdeki sürtünme katsayısı değerlerinde çeşitler arasındaki farkın istatistiksel olarak  $p < 0.01$  seviyesinde önemli olduğu gözlenmiştir. Ayçiçeği çeşitlerinde statik yığılma açısı değerleri 9.42° ile 10.64° aralığında bulunmuştur. En yüksek yığılma açısı değeri, *Tunca* çeşidinde 10.64° ile bulunurken, en düşük değer ise *Tarsan-1018* çeşidinde 9.42° olarak belirlenmiştir (Çizelge 4).

**Çizelge 4.** Ayçiçeği çeşitlerinin statik sürtünme katsayısı ve statik yığılma açısı değerleri.

**Table 4.** Static friction coefficient and static angle of repose values of sunflower cultivars

Ayçiçeği çeşitleri	PVC	Galvanizli sac	Laminant	Kontrplak	Lastik	Statik Yığılma Açısı (°)
<i>Tunca</i>	0.296±0.003b <sup>**</sup>	0.329±0.003c <sup>**</sup>	0.261±0.003c <sup>**</sup>	0.380±0.005c <sup>**</sup>	0.354±0.003b <sup>**</sup>	10.64±0.34 <sup>ns</sup>
<i>Tarsan-1018</i>	0.313±0.004a <sup>**</sup>	0.388±0.005a <sup>**</sup>	0.268±0.000b <sup>**</sup>	0.514±0.005a <sup>**</sup>	0.412±0.005a <sup>**</sup>	9.42±0.31 <sup>ns</sup>
<i>Reyna</i>	0.300±0.003b <sup>**</sup>	0.370±0.003b <sup>**</sup>	0.277±0.003a <sup>**</sup>	0.420±0.003b <sup>**</sup>	0.364±0.003b <sup>**</sup>	9.98±0.40 <sup>ns</sup>
<b>F değeri</b>	6.739	67.351	11.218	227.116	73.107	3.01

PVC: Polivinil klorür, \*\* $P < 0.01$ , ns: önemsiz. Aynı sütundaki aynı harfler arası fark önemsizdir.

Khodabakhshian ve ark. (2010), %7 nem içeriğindeki *Shahroodi* çeşidi ayçiçeği tohumlarında ortalama statik sürtünme katsayısı değerlerini, galvanizli sac, lastik, kontrplak yüzeyler için sırasıyla; 0.38, 0.50 ve 0.46 olarak bildirmiştir.

Ayçiçeği çeşitlerine ait farklı yükleme hızları ve yükleme eksenlerindeki kırılma kuvveti değerleri, Çizelge 5'te verilmiştir. Çizelge 5'e göre, *Tunca* çeşidinde 30 mm min<sup>-1</sup> hızındaki kırılma kuvveti değeri diğer çeşitlere göre daha yüksek, *Tunca* ve *Tarsan-1018* çeşidi için de genişlik eksenini boyunca kırılma kuvveti değeri daha yüksek bulunmuştur. Yükleme hızlarına göre kırılma kuvveti değerleri 90 mm min<sup>-1</sup> yükleme hızında diğer yükleme hızlarına göre daha yüksek bulunmuştur. En yüksek kırılma kuvveti değeri, *Tarsan* çeşidinde 90 mm min<sup>-1</sup> yükleme hızında 49.85 N ile gözlenmiş, en düşük kırılma kuvveti değeri 17.32 N ile *Reyna* çeşidinde ve 60 mm min<sup>-1</sup> yükleme hızında gözlenmiştir.

**Çizelge 5.** Ayçiçeği çeşitlerine ait kırılma kuvveti değerlerinin farklı yükleme hızları ve yükleme eksenlerine göre değişimleri

**Table 5.** Changes of rupture force values of sunflower cultivars according to different loading speeds and loading axes

Ayçiçeği çeşitleri	Yükleme hızı (HZ) (mm min <sup>-1</sup> )	Kırılma Kuvveti (KK) (N)	Çeşit ortalaması
Tunca	30	46.30±3.81a**	40.74±1.56a**
	60	41.21±1.77ab**	
	90	34.71±1.24b**	
Tarsan-1018	30	41.55±3.58 <sup>ns</sup>	45.68±2.62a**
	60	45.64±4.73 <sup>ns</sup>	
	90	49.85±5.18 <sup>ns</sup>	
Reyna	30	21.42±1.28b**	21.35±0.75b**
	60	17.32±1.30c**	
	90	25.30±0.46a**	
Yükleme eksen ortalaması	<i>U</i>		<i>G</i>
<i>Tunca</i>		33.03±1.04b**	48.46±2.18a**
<i>Tarsan-1018</i>		26.46±0.62b**	64.90±1.42a**
<i>Reyna</i>		24.49±0.59a**	18.20±1.12b**
Yükleme hızı ortalaması			
30		36.42±2.25 <sup>ns</sup>	
60		34.72±2.35 <sup>ns</sup>	
90		36.62±2.19 <sup>ns</sup>	

\*\* :  $p < 0.01$ , ns: önemsiz.

Ayçiçeği çeşitlerinde farklı yükleme hızları ve yükleme eksenlerindeki deformasyon değerleri, Çizelge 6'da verilmiştir.

**Çizelge 6.** Ayçiçeği çeşitlerine ait deformasyon değerlerinin farklı yükleme hızları ve yükleme eksenlerine göre değişimleri

**Table 6.** Variations of deformation values of sunflower cultivars according to different loading speeds and loading axes

Ayçiçeği çeşitleri	Yükleme hızı (HZ) (mm min <sup>-1</sup> )	Deformasyon (DF) (mm)	Çeşit ortalaması
<i>Tunca</i>	30	0.89±0.03b**	0.99±0.02b**
	60	0.99±0.02ab**	
	90	1.09±0.06a**	
<i>Tarsan-101S</i>	30	1.00±0.02c**	1.14±0.02a**
	60	1.11±0.03b**	
	90	1.32±0.03a**	
<i>Reyna</i>	30	1.09±0.04b**	1.17±0.02a**
	60	1.07±0.02b**	
	90	1.33±0.04a**	
Yükleme eksenini ortalaması	<i>U</i>		<i>G</i>
<i>Tunca</i>		1.08±0.04a**	0.90±0.02b**
<i>Tarsan-101S</i>		1.18±0.04 <sup>ns</sup>	1.10±0.03 <sup>ns</sup>
<i>Reyna</i>		1.20±0.04 <sup>ns</sup>	1.14±0.03 <sup>ns</sup>
Yükleme hızı ortalaması			
30		0.99±0.02c**	
60		1.06±0.02b**	
90		1.25±0.03a**	

\*\* :  $p < 0.01$ , ns: önemsiz.

Çizelge 6'ya göre, *Reyna* çeşidinde farklı yükleme eksen ve hızlarındaki deformasyon değerleri diğer çeşitlere göre daha yüksek bulunmuştur. Yükleme hızlarına göre deformasyon değerleri 90 mm min<sup>-1</sup> yükleme hızında diğer hızlara göre daha yüksek bulunmuştur. En yüksek deformasyon değeri, *Reyna* çeşidinde 90 mm min<sup>-1</sup> yükleme hızında 1.33 mm ile gözlenmiş, en düşük deformasyon değeri 0.89 mm ile; *Tunca* çeşidinde ve 30 mm min<sup>-1</sup> yükleme hızında gözlenmiştir.

Ayçiçeği çeşitlerinde özellikle mekanik olarak ürün işlemede etkili olan kırılma enerjisinin, farklı yükleme hızları ve yükleme eksenlerindeki değişimi, Çizelge 7'de verilmiştir.

**Çizelge 7.** Ayçiçeği çeşitlerine ait kırılma enerjisi değerlerinin farklı yükleme hızları ve yükleme eksenlerine göre değişimleri

**Table 7.** Changes of rupture energy values of sunflower cultivars according to different loading speeds and loading axes

Ayçiçeği çeşitleri	Yükleme hızı (HZ) (mm min <sup>-1</sup> )	Kırılma enerjisi (KE) (N mm)	Çeşit ortalaması
<i>Tunca</i>	30	20.93±2.01 <sup>ns</sup>	20.01±0.81b**
	60	20.21±0.71 <sup>ns</sup>	
	90	18.88±1.19 <sup>ns</sup>	
<i>Tarsan-1018</i>	30	20.94±1.89b**	25.98±1.57a**
	60	24.81±2.47b**	
	90	32.17±3.14a**	
<i>Reyna</i>	30	11.38±0.50b**	12.59±0.56c**
	60	9.51±0.86b**	
	90	16.89±0.59a**	
Yükleme eksen ortalaması	<i>U</i>		<i>G</i>
<i>Tunca</i>		18.01±1.02b*	22.00±1.15a*
<i>Tarsan-1018</i>		15.77±0.70b**	36.18±1.54a**
<i>Reyna</i>		14.63±0.60a**	10.55±0.78b**
Yükleme hızı ortalaması			
30		17.75±1.09b*	
60		18.18±1.22b*	
90		22.65±1.43a*	

\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , ns: önemsiz.

Çizelge 7'ye göre, *Tarsan-1018* çeşidinde kırılma enerjisi diğer çeşitlere göre daha yüksek bulunmuştur. Yükleme hızlarına göre kırılma enerjisi değerleri 90 mm min<sup>-1</sup> yükleme hızlarında diğer yükleme hızlarına göre daha yüksek bulunmuştur. En yüksek kırılma enerjisi değeri, *Tarsan-1018* çeşidinde 90 mm min<sup>-1</sup> yükleme hızında 32.17 N mm ile gözlenmiş, en düşük kırılma enerjisi değeri ise 9.51 N mm ile *Reyna* çeşidinde ve 60 mm min<sup>-1</sup> yükleme hızında gözlenmiştir.

Ayçiçeği çeşitlerine ait mekanik testlerde, özellikle mekanik olarak ürünün işlenmesinde etkili olacak şekilde farklı yükleme hızları ve yükleme eksenlerindeki sertlik değerleri, Çizelge 8'de verilmiştir.

**Çizelge 8.** Ayçiçeği çeşitlerine ait sertlik değerlerinin farklı yükleme hızları ve yükleme eksenlerine göre değişimleri

**Table 8.** Variations of hardness values of sunflower cultivars according to different loading speeds and loading axes

Ayçiçeği çeşitleri	Yükleme hızı (HZ) (mm min <sup>-1</sup> )	Sertlik (SR) (N mm <sup>-1</sup> )	Çeşit ortalaması
<i>Tunca</i>	30	52.24±4.11a**	42.76±2.00a**
	60	42.35±2.42b**	
	90	33.70±2.31b**	
	30	41.59±3.72 <sup>ns</sup>	
<i>Tarsan-1018</i>	60	42.54±4.92 <sup>ns</sup>	41.05±2.50a**
	90	39.03±4.43 <sup>ns</sup>	
	30	20.57±1.72a*	
<i>Reyna</i>	60	15.93±1.00b*	18.57±0.73b**
	90	19.22±0.61ab*	
	30	20.57±1.72a*	
Yükleme eksen ortalaması	<i>U</i>		<i>G</i>
<i>Tunca</i>		31.64±1.35b**	53.89±2.42a**
<i>Tarsan-1018</i>		22.77±0.70b**	59.33±1.34a**
<i>Reyna</i>		21.24±0.98a**	15.90±0.83b**
Yükleme hızı ortalaması			
30		38.13±2.56 <sup>ns</sup>	
60		33.61±2.45 <sup>ns</sup>	
90		30.65±1.98 <sup>ns</sup>	

\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , ns: önemsiz.

Çizelge 8'e göre, *Reyna* çeşidinde farklı hızlarındaki sertlik değerleri diğer çeşitlere göre daha düşük bulunmuştur. En yüksek sertlik değeri, *Tunca* çeşidinde 30 mm min<sup>-1</sup> yükleme hızında 52.24 N mm<sup>-1</sup> ile gözlenmiş, en düşük sertlik değeri ise 15.93 N mm<sup>-1</sup> ile *Reyna* çeşidinde ve 60 mm min<sup>-1</sup> yükleme hızında gözlenmiştir.

Ayçiçeği çeşitlerine ait farklı yükleme hızları ve yükleme eksenleri için özellikle mekanik olarak ürünün işlenmesinde etkili olan kırılma gücü değerleri, Çizelge 9'da verilmiştir. Çizelge 9'a göre, *Tarsan-1018* çeşidinde farklı yükleme hızları kırılma gücü değerleri diğer çeşitlere göre daha yüksek bulunmuştur. Yükleme hızlarına göre kırılma gücü değerleri 90 mm min<sup>-1</sup> yükleme hızlarında diğer yükleme hızlarına göre daha yüksek bulunmuştur. En yüksek kırılma gücü değeri, *Tarsan-1018* çeşidinde 90 mm min<sup>-1</sup> yükleme hızında 0.0374 W ile gözlenmiş, en düşük kırılma gücü değeri ise 0.0054 W ile *Reyna* çeşidinde ve 30 mm min<sup>-1</sup> yükleme hızında gözlenmiştir.

**Çizelge 9.** Ayçiçeği çeşitlerine ait kırılma gücü değerlerinin farklı yükleme hızları ve yükleme eksenlerine göre değişimleri

Ayçiçeği çeşitleri	Yükleme hızı (HZ) (mm min <sup>-1</sup> )	Kırılma gücü (KG) (W)	Çeşit ortalaması
<i>Tunca</i>	30	0.0116±0.0010c**	0.0194±0.0009b**
	60	0.0206±0.0009b**	
	90	0.0260±0.0009a**	
<i>Tarsan-1018</i>	30	0.0104±0.0009c**	0.0235±0.0021a**
	60	0.0228±0.0024b**	
	90	0.0374±0.0039a**	
<i>Reyna</i>	30	0.0054±0.0003c**	0.0110±0.0008c**
	60	0.0087±0.0007b**	
	90	0.0190±0.0004a**	
Yükleme eksen ortalaması	<i>U</i>		<i>G</i>
<i>Tunca</i>	0.0168±0.0015b**		0.0220±0.0010a**
<i>Tarsan-1018</i>	0.0133±0.0011b**		0.0337±0.0031a**
<i>Reyna</i>	0.0121±0.0009 <sup>ns</sup>		0.0099±0.0013 <sup>ns</sup>
Yükleme hızı ortalaması			
30	0.0091±0.0006c**		
60	0.0174±0.0012b**		
90	0.0275±0.0016a**		

\*\* :  $p < 0.01$ , ns: önemsiz.

Altuntaş ve Erdoğan (2017), yenibahar meyvesinin sıkıştırma değerleri için 60 mm min<sup>-1</sup> hızındaki kuvvet uygulamasıyla kırılma kuvveti değerleri uzunluk (X) ekseninde 25.74 N, genişlik (Y) ekseninde 27.40 N ve kalınlık (Z) ekseninde 38.48 N olarak bildirmişlerdir. Babić ve ark. (2012), *NS H111* ayçiçeği hibrit çeşidinde %5.9 nem içeriğinde deformasyon değerini 0.988 mm olarak belirlemiştir.

## SONUÇ

Yağlı tohumlarından ayçiçeği tohumlarının hasat-harman mekanizasyonu ile hasat sonrası üretim teknolojisine yönelik olarak bazı fiziksel ve renk karakteristikleri ile mekanik davranışlarının bilinmesi, bu amaca yönelik kullanılacak makine ve ekipman ile kullanılacak sistemlerin tasarımında dikkate alınması gerekmektedir. Bu çalışmada, ayçiçeği çeşitlerinden *Tunca*, *Tarsan-1018* ve *Reyna* çeşitlerinin sırasıyla %5.92, %6.58 ve %6.05 nem içeriklerinde elde edilen bazı bulgular aşağıda özetlenmiştir.

- *Tarsan-1018* çeşidinde uzunluk (12.62 mm), *Reyna* çeşidinde ise genişlik (6.46 mm) değerleri diğer çeşitlere göre daha yüksek bulunmuştur. Küresellik değeri (%56,54) en yüksek *Reyna* çeşidinde belirlenirken yüzey alanı (128.76 mm<sup>2</sup>) en yüksek *Tarsan-1018* çeşidinde daha yüksek bulunmuştur.

- *Tunca* çeşidinde tek tane ağırlık (91.08 mg), *Tarsan-1018* çeşidinde ise tane hacmi (138.75 mm<sup>3</sup>) değerleri diğer çeşitlere göre daha yüksek bulunmuştur.

- Ayçiçeği çeşitlerinde yığılma açısı değerleri 9.42° ile 10.64° aralığında bulun-

muştur. En yüksek yığılma açısı değeri, *Tunca* çeşidinde  $10.64^{\circ}$  ile bulunurken, en düşük değer ise *Tarsan-1018* çeşidinde  $9.42^{\circ}$  olarak belirlenmiştir.

-  $L^*$  parlaklık değerlerinin *Tunca* çeşidinde daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

- Farklı yükleme eksen ve hızlarındaki deformasyon değerleri *Reyna* çeşidinde, diğer çeşitlere göre daha yüksek bulunmuştur.

- Farklı yükleme hızları kırılma gücü değerleri *Tarsan-1018* çeşidinde, diğer çeşitlere göre daha yüksek bulunmuştur

Ayçiçeği hasadında, sınıflandırmada, işleme ve paketlemede kullanılacak ekipman, makine ve sistemlerin tasarım ve projelendirme ve geliştirilmesi fiziksel ve renk özellikleri yanında mekaniksel davranışlarının belirlenmesi önem arz etmektedir. Çalışma verileri bu anlamda, ayçiçeği tohumlarının hasat, sınıflandırma, taşıma işleme ve depolama çalışmalarında mühendislik verisi olarak dikkate alınmalıdır.

### Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): ENG (%25), EA (%50), HG (%25)

Veri Toplanması (Data Acquisition): ENG (%20), EA (%10), HG (%70)

Veri Analizi (Data Analysis): ENG (%60), EA (%30), HG (%10)

Makalenin Yazımı (Writing up): ENG (%60), EA (%30), HG (%10)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): ENG (%60), EA (%30), HG (%10)

### KAYNAKLAR

- Altuntas, E., Gercekcioğlu, R., Kaya, C., 2010. Selected mechanical and geometric properties of different almond cultivars. *International Journal of Food Properties* 13 (2): 282-293.
- Altuntaş, E., Erdoğan, M., 2017. Yenibahar (*Pimenta dioica* L.) meyvesinin bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 32: 316-320.
- Altuntas, E., Yıldız, M., 2017. Some engineering properties of shelled and kernel tea (*Camellia sinensis*) seeds. *Afr J Tradit Complement Altern Med*, 14 (4): 39-45.
- Anonim, 2019. T.C. Ticaret Bakanlığı Esnaf, Sanatkarlar ve Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü 2018 Yılı Ayçiçeği Raporu. <https://ticaret.gov.tr/data/5d41e59913b87639ac9e02e8/4c17a258a718e4971bfa702f6c03fed3.pdf> Erişim: 21.06.2021
- Anonim, 2020. Tarım Ürünleri Piyasaları, Ayçiçeği. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepegel/Belgeler/PDF%20Tar%C4%B1m%20C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1/2020-Temmuz%20Tar%C4%B1m%20C3%9Cr%C3%BCnleri%20Raporu/Ay%C3%A7i%C3%A7e%C4%9Fi%20Temmuz-2020%20Tar%C4%B1m%20C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1%20Raporlar%C4%B1.pdf> Erişim: 21.06.2021.
- Arioğlu, H.H., Kolsarıcı, Ö., Göksu, A.T., Güllüoğlu, L., Arslan, M., Çalışkan, S., Söğüt, T., Kurt, C., Arslanoğlu, F., 2010.



- Yağlı bitkileri üretiminin artırılması olanakları. Türkiye Ziraat Müh. Bir. VII. Teknik Kong. Bildiri Kitabı I.: 361- 377. Ankara.
- Ashwini, T., Vikas, L., 2014. Effect of moisture content on the physical properties of sunflower seeds (*Helianthus annuus* L.) for development of power operated sunflower seed decorticator. International Journal of Science and Research, 3(7): 2298-2302.
- Babić, Lj., Radojčin, M., Pavkov, I. and Babić, M., 2012. The physical and compressive load properties of sunflower (*Helianthus annuus* L.) fruit. HELIA, 35, Nr. 57, p.p. 95-112.
- Baryeh E. A., 2001. Physical properties of bambara groundnuts. Journal of Food Engineering. 47:4. 321-326.
- Braga G.C, Couto SM, Hara T, Neto J.T.P.A., 1999. Mechanical behaviour of macadamia nut under compression loading. Journal of Agricultural Engineering Research, 72 (3): 239-245.
- Gül, V., Öztürk E., Polat, T., 2017. Yağlık ayçiçeği tanelerinin bazı karakteristik özelliklerinin belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 48 (2): 81-85.
- Gül, V., Öztürk, E., Sezek, M., 2018. Ayçiçeği bitki artıklarının organik tarım amaçlı değerlendirilmesi. Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6(6): 676-679.
- Günaydin, S., 2020. Mikrodalga, konvektif ve gölgede kurutma yöntemleri kullanılarak kurutulmuş kuşburnu meyvesinin kurutma kinetiği, renk ve besin elementi içeriği açısından incelenmesi. Yüksek lisans tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 65 sayfa, Bursa.
- Jafari, S, Khazaei J, Arabhosseini, A., Massah, J., Khoshtaghaza, M.H., 2011. Study on mechanical properties of sunflower seeds. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, 14(1); #06.
- Kadakoğlu, B., Karlı, B., 2019. Türkiye’de yağlı tohum üretimi ve dış ticareti. Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, Yıl: 7, Sayı: 96, Eylül 2019, s. 324-341.
- Kaleemullah, S., Gunasekar, J.J., 2002. Moisture-dependent physical properties of Arecanut Trues. Biosystem Engineering, 82(3), 331-338.
- Khazaei, J., Rasekh, M., Borghai, A.M., 2002. Physical and mechanical properties of almond and its kernel related to cracking and peeling. An ASAE Meeting Presentation, Paper No 026153.
- Khodabakhshian, R., Emadi B. and Abbaspour Fard, M.H., 2010. Some engineering properties of sunflower seed and its kernel. Journal of Agricultural Science and Technology, 4(4):37-46.
- Malik, M.A., Saini, C.S., 2016. Engineering properties of sunflower seed: effect of dehulling and moisture content. Cogent Food & Agriculture, 2:1, 1145783.
- McGuire, R.G., 1992. Reporting of objective colmeasurements. Hortscience, 27: 1254-1255.
- Mohsenin, N.N., 1980. physical properties of plants and animal materials. Gordon and Breach Science publishers, NW, New York.
- Özarlan, C., 2002. Physical properties of cotton seed. Biosystems Engineering 83(2), 169 -174.
- Saçılık, K., Öztürk, R., Keskin, R., 2003. Some physical properties of Hemp seed. Biosystems Engineering, 86 (2), 191-198.
- SPSS, 2000. "SPSS for Windows". Student Version. Release 10.0.9 SPSS Inc IL USA.
- Suthar, S.H., Das, S.K., 1996. Some physical properties of Karingda [*Citrus lanatus* (thumb) mansf] grains. Journal of Agricultural Engineering Research, 65: 15-22.
- Şahin, T., 2015. Tokat-Erbaa şartlarında bazı ayçiçeği (*Heliantus Annuus* L.) çeşitlerinin performanslarının belirlenmesi. Yüksek lisans tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana bilim Dalı, 65 sf.
- TUİK, 2021. Yağlı tohumlar. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> Erişim tarihi: 21.06.2021.
- Kadakoğlu, B., Karlı, B., 2019. Türkiye’de yağlı tohum üretimi ve dış ticareti. Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, Yıl: 7, Sayı: 96, Eylül 2019, s. 324-341.
- Sefaoğlu, F., Kaya, C., 2018. Bazı yağlık ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) genotiplerinin erzurum ekolojik koşullarında adaptasyon kabiliyetlerinin belirlenmesi. Alinteri Journal of Agriculture Sciences, Alinteri Zirai Bilimler Dergisi, 33(1): 37-41.
- Voća, S., Pliestic, S., Dobričević, N., Filipović, D., 2008. Physical and mechanical properties of sunflower seed (cv. Alexandra Pr). Cereal Research Communications, Vol. 36, Supplement: Proceedings of the VII. Alps-Adria Scientific Workshop, 28 April-2 May 2008, Stara Lesna, Slovakia (June 2008), pp. 471-474.
- Yılmaz, G., Altuntas, E., 2020. Some bio-technical properties of flax seeds, fennel seeds and harmal seed capsules. Turkish Journal of Agricultural Engineering Research (TURKAGER), 1(2): 222-232. <https://doi.org/10.46592/turkager.2020.v01i02.001>.