

8. | 2. | 2022

cilt  
volume

sayı  
issue

ağustos  
august

e-ISSN: 2149-8245

# Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (IJAWS)

International Journal of  
Agriculture and Wildlife Science



# Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi

IJAWS

Cilt:8 Sayı:2

Ağustos 2022

e-ISSN: 2149-8245

## SAHİBİ

**Prof. Dr. Mustafa ALIŞARLI**

Rektör, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu-Türkiye

## BİLİMSEL YAYIN VE DERGİLER KOORDİNATORLÜĞÜ

**Doç. Dr. Mustafa YİĞİTOĞLU** - mustafayigitoglu@ibu.edu.tr  
Koordinator, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu-Türkiye

**Doç. Dr. Fatma DEMİRAY AKBULUT** - demiray\_f@ibu.edu.tr  
Koordinator Yardımcısı, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu-Türkiye

**Dr. Öğr. Üyesi Can DOĞAN** - can.dogan@ibu.edu.tr  
Koordinator Yardımcısı, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu-Türkiye

## SORUMLU MÜDÜR

**Prof. Dr. Vahdettin ÇİFTÇİ** - vahdettinciftci@ibu.edu.tr  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye

## BAŞ EDITÖR

**Prof. Dr. Hakan KİBAR** - hakan.kibar@ibu.edu.tr  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye

## ALAN EDITÖRLERİ

<b>Prof. Dr. Todd WEHNER</b>	North Carolina State University, College of Agriculture and Life Sciences, North Carolina-USA
<b>Prof. Dr. José Eduardo Brasil Pereira PINTO</b>	Federal University of Lavras, School of Agricultural Sciences of Lavras, Lavras-Brasil
<b>Prof. Dr. Handan ESER</b>	Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye
<b>Prof. Dr. Halil KÜTÜK</b>	Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye
<b>Prof. Dr. Mustafa SÜRME</b>	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Aydın-Türkiye
<b>Doç. Dr. Yusuf ARSLAN</b>	Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye
<b>Doç. Dr. İhsan CANAN</b>	Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye
<b>Doç. Dr. Beyhan KİBAR</b>	Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye
<b>Doç. Dr. Cihangir KİRAZLI</b>	Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye
<b>Doç. Dr. Nezh OKUR</b>	Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye
<b>Doç. Dr. Göksel ÖZER</b>	Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye
<b>Doç. Dr. Ahmet ÖZTÜRK</b>	Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Samsun-Türkiye
<b>Doç. Dr. Ferit SÖNMEZ</b>	Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye
<b>Doç. Dr. Kadir Ersin TEMİZEL</b>	Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Samsun-Türkiye
<b>Doç. Dr. Gafur GÖZÜKARA</b>	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Eskişehir-Türkiye
<b>Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin SAUK</b>	Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Samsun-Türkiye
<b>Dr. Esin HAZNECİ</b>	Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Samsun-Türkiye

## YAYIN KURULU

<b>Prof. Dr. Muttalip GÜNDOĞDU</b>	Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye
<b>Prof. Dr. Mustafa İMREN</b>	Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye
<b>Prof. Dr. İlker KILIÇ</b>	Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bursa-Türkiye
<b>Dr. Öğr. Üyesi İlhan SUBAŞI</b>	Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye
<b>Dr. Mehmet Zahit YEKEN</b>	Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye

## DANIŞMA KURULU

Prof. Dr. Maria Luisa BADENES  
Prof. Dr. Shawn MEHLENBACHER  
Prof. Dr. Halil KÜTÜK  
Prof. Dr. Anita SOLAR  
Prof. Dr. Petru TOMITA  
Assoc. Prof. Dr. Iurie MELNIC  
Doç. Dr. Süleyman TEMEL  
Assoc. Prof. Dr. Sandeep Kumar VERMA  
Dr. Luiz Eduardo Santos LAZZARINI

Valencian Institute for Agricultural Research, Valencia-Spain  
Oregon State University, College of Agricultural Sciences, Oregon-USA  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye  
University of Ljubljana, Faculty of Biotechnical, Ljubljana-Slovenia  
State Agrarian University of Moldova, Chisinau-Moldova  
State Agrarian University of Moldova, Chisinau-Moldova  
İğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, İğdır-Türkiye  
SAGE University, Institute of Biological Science, Indore-India  
Federal University of Lavras, Agriculture Department, Lavras-Brasil

## İNGİLİZCE DİL EDITÖRÜ

Prof. Dr. B. Buhara YÜCESAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye

## TEKNİK EDITÖRLER

Dr. Mehmet Zahit YEKEN  
Arş. Gör. Orkun EMİRALİOĞLU  
Arş. Gör. Abdurrahman Sami KOCA  
Arş. Gör. Yusuf Talha İÇOĞLU

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye

## HAKEM KURULU

**Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi**, en az iki hakemin görev aldığı çift taraflı kör hakemlik sistemi kullanmaktadır. Hakem isimleri gizli tutulmakta ve yayımlanmamaktadır.

## ADRES

Yazışma Adresi  
Telefon  
Faks  
E-posta

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bolu-Türkiye  
+90 0374 253 43 45  
+90 374 253 43 46  
ijawseditor@ibu.edu.tr

## DİZİNLENME BİLGİLERİ

“Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi [IJAWS]” yılda üçkez (Nisan-Ağustos-Aralık) yayınlanan hakemli, akademik uluslararası bir dergidir. **IJAWS’ da** yayınlanan yazıların bilimsel ve hukuki sorumluluğu yazarlarına aittir. Yayın dili Türkçe olmakla beraber diğer dillerde de yazılar yayınlanmaktadır. Yayınlanan yazıların bütün yayın hakları **IJAWS’ a** ait olup, yayıncının izni olmadan kısmen veya tamamen basılamaz, çoğaltılamaz ve elektronik ortama taşınamaz. Yazıların yayınlanıp yayınlanmamasından yayın kurulu sorumludur.” Ayrıca Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi Dergipark üyesidir.

**Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi [IJAWS];**  
**TÜBİTAK – ULAKBİM TR Dizin** (Ziraat ve Temel Bilimler Veri Tabanı),  
**DOAJ** (Directory of Open Access Journals)  
**Cab Abstract**

# International Journal of Agricultural and Wildlife Sciences

## IJAWS

Volume:8 Issue:2

August 2022

e-ISSN: 2149-8245

### OWNER

**Prof. Dr. Mustafa ALIŞARLI**  
Rektor, Bolu Abant İzzet Baysal University, Bolu-Turkey

### SCIENTIFIC PUBLICATIONS AND JOURNALS COORDINATOR

**Assoc. Prof. Dr. Mustafa YIĞİTOĞLU** - mustafayigitoglu@ibu.edu.tr  
Coordinator, Bolu Abant İzzet Baysal University, Bolu-TURKEY

**Assoc. Prof. Dr. Fatma DEMİRAY AKBULUT** - demiray\_f@ibu.edu.tr  
Coordinator Assistant, Bolu Abant İzzet Baysal University, Bolu-TURKEY

**Assist. Prof. Dr. Can DOĞAN** - can.dogan@ibu.edu.tr  
Coordinator Assistant, Bolu Abant İzzet Baysal University, Bolu-TURKEY

### RESPONSIBLE MANAGING EDITOR

**Prof. Dr. Vahdettin ÇİFTÇİ** - vahdettinciftci@ibu.edu.tr  
Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-TURKEY

### EDITOR IN CHIEF

**Prof. Dr. Hakan KİBAR** - hakan.kibar@ibu.edu.tr  
Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-TURKEY

### FIELD EDITORS

<b>Prof. Dr. Todd WEHNER</b>	North Carolina State University, College of Agriculture and Life Sciences, North Carolina-USA
<b>Prof. Dr. José Eduardo Brasil Pereira PINTO</b>	Federal University of Lavras, School of Agricultural Sciences of Lavras, Lavras-Brasil
<b>Prof. Dr. Handan ESER</b>	Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey
<b>Prof. Dr. Halil KÜTÜK</b>	Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey
<b>Prof. Dr. Mustafa SÜRMEK</b>	Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Aydın-Turkey
<b>Assoc. Prof. Dr. Yusuf ARSLAN</b>	Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey
<b>Assoc. Prof. Dr. İhsan CANAN</b>	Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey
<b>Assoc. Prof. Dr. Beyhan KİBAR</b>	Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey
<b>Assoc. Prof. Dr. Cihangir KİRAZLI</b>	Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey
<b>Assoc. Prof. Dr. Nezih OKUR</b>	Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey
<b>Assoc. Prof. Dr. Göksel ÖZER</b>	Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey
<b>Assoc. Prof. Dr. Ahmet ÖZTÜRK</b>	Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Samsun-Turkey
<b>Assoc. Prof. Dr. Ferit SÖNMEZ</b>	Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey
<b>Assoc. Prof. Dr. Kadir Ersin TEMİZEL</b>	Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Samsun-Turkey
<b>Assoc. Prof. Gafur GÖZÜKARA</b>	Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Agriculture, Eskişehir-Turkey
<b>Assist. Prof. Dr. Hüseyin SAUK</b>	Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Samsun-Turkey
<b>Dr. Esin HAZNECİ</b>	Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Samsun-Turkey

### EDITORIAL BOARD

<b>Prof. Dr. Muttalip GÜNDOĞDU</b>	Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey
<b>Prof. Dr. Mustafa İMREN</b>	Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey
<b>Assoc. Prof. Dr. İlker KILIÇ</b>	Bursa Uludağ University, Faculty of Agriculture, Bursa-Turkey
<b>Assist. Prof. Dr. İlhan SUBAŞI</b>	Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey
<b>Dr. Mehmet Zahit YEKEN</b>	Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey

## ADVISORY BOARD

**Prof. Dr. Maria Luisa BADENES**  
**Prof. Dr. Shawn MEHLENBACHER**  
**Prof. Dr. Halil KÜTÜK**  
**Prof. Dr. Anita SOLAR**  
**Prof. Dr. Petru TOMITA**  
**Assoc. Prof. Dr. Iurie MELNIC**  
**Assoc. Prof. Dr. Süleyman TEMEL**  
**Assoc. Prof. Dr. Sandeep Kumar VERMA**  
**Dr. Luiz Eduardo Santos LAZZARINI**

Valencian Institute for Agricultural Research, Valencia-Spain  
Oregon State University, College of Agricultural Sciences, Oregon-USA  
Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Türkiye  
University of Ljubljana, Faculty of Biotechnical, Ljubljana-Slovenia  
State Agrarian University of Moldova, Chisinau-Moldova  
State Agrarian University of Moldova, Chisinau-Moldova  
İğdır University, Faculty of Agriculture, İğdır-Turkey  
SAGE University, Institute of Biological Science, Indore-India  
Federal University of Lavras, Agriculture Department, Lavras-Brasil

## ENGLISH LANGUAGE EDITOR

**Prof. Dr. B. Buhara YÜCESAN**

Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Türkiye

## TECHNICAL EDITORS

**Dr. Mehmet Zahit YEKEN**  
**Res. Assist. Orkun EMİRALIOĞLU**  
**Res. Assist. Abdurrahman Sami KOCA**  
**Res. Assist. Yusuf Talha İÇOĞLU**

Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey  
Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey  
Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey  
Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Turkey

## REFEREE BOARD

**International Journal of Agricultural and Wildlife Sciences**, uses double-blind review fulfilled by at least two reviewers. Referee names are kept strictly confidential.

## ADDRESS

**Contact Address**  
**Telephone**  
**Fax**  
**E-Mail**

Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Bolu-Türkiye  
+90 0374 253 43 45  
+90 374 2534346  
ijawseditor@ibu.edu.tr

## ABSTRACTING AND INDEXING SERVICES

“**International Journal of Agricultural and Wildlife Sciences [IJAWS]**” is a peer-reviewed, international journal published three times a year (April-August-December). The scientific and legal responsibility of the articles published in **IJAWS** belongs to the authors. Although the language of publication is Turkish, articles are published in other languages. All publication rights of the published articles belong to **IJAWS** and cannot be printed, reproduced or transferred to the electronic media in whole or in part without the permission of the publisher. The editorial board is responsible for publishing the articles.

**International Journal of Agricultural and Wildlife Sciences [IJAWS];**  
**TUBITAK ULAKBİM TR Index** (Agriculture ve Basic Sciences Database),  
**DOAJ** (Directory of Open Access Journals)  
**Cab Abstract**

## İçindekiler/Contents

i - vii | Jenerik/Generic

### Makaleler/Articles

#### Bahçe Bitkileri / Horticultural Sciences

- 166 - 178 | Ayşegül Fat, Neriman Beyhan, Hüseyin İrfan Balık  
**Karayemişte (*Laurocerasus officinalis* Roemer) Çiçek Tozu Kalite Düzeylerinin Belirlenmesi**  
Determination of Pollen Quality Levels in Cherry Laurel (*Laurocerasus officinalis* Roemer)
- 179 -196 | Ömer Sarı, Fisun Gürsel Çelikel, Halil Yaşar  
**Current Status and the Last Locations of Turkey's Native Buxus species (*Buxus sempervirens* L. and *Buxus balearica* Lam.) Under Threats**  
Türkiye'nin Tehdit Altındaki Doğal Şimşirlerinin (*Buxus sempervirens* L. ve *Buxus balearica* Lam.) Mevcut Durumu ve Kalan Son Lokasyonlar
- 197 -207 | Erdinç Bal, Mustafa Zilci  
**Yenilebilir Kaplama Uygulamalarının Trabzon Hurması (*Diospyros kaki* L.) Muhafazasına Etkileri**  
Effects of Edible Coating Applications on the Storage of Persimmon (*Diospyros kaki* L.)
- 208 -222 | Özgül Yaman Türkkkan, Beyhan Kibar  
**Effects of Different Organic Fertilizers on Plant Growth, Yield, Quality Properties and Element Contents in Spinach**  
Farklı Organik Gübrelerin Ispanakta Bitki Gelişimi, Verim, Kalite Özellikleri ve Element İçerikleri Üzerine Etkileri
- 223 -233 | İlknur Korkutal, Elman Bahar, Serkan Candar, Fatma Betül Aktaş  
**Yaprak Alma ve Su Potansiyeli Uygulamalarının Merlot Üzüm Çeşidinde Salkım Özellikleri ve Verime Etkileri**  
Leaf Defoliation and Leaf Water Potential Effects on Cluster Properties and Yield in cv. Merlot
- 234 -244 | Yahya Nas, Hülya İbi  
**Determination of Genetic Diversity in Banana and Bell Pepper Lines Using Molecular Markers**  
Moleküler Markerlar Kullanarak Çarliston ve Dolmalık Biber Hatlarında Genetik Çeşitliliğin Belirlenmesi

## Bitki Koruma / Plant Protection

245 - 255 | Hasret Güneş, Emre Demirer Durak, Semra Demir

### **Marul (*Lactuca sativa*) Bitkisinde Sorun Olan *Verticillium dahliae*' ya Karşı Bazı Biyo Etmen ve Organik Maddelerin Etkisi**

The Effect of Some Bio-Agents and Organic Substances Against *Verticillium dahliae*, A Problem in Lettuce (*Lactuca sativa*) Plant

## Tarımsal Yapılar ve Sulama/ Agricultural Structures and Irrigation

256 - 267 | Emre Tunca, Eyüp Selim Köksal, Sakine Çetin Taner

### **METRIC Modeli ve Google Earth Engine Flux ile Hesaplanan Günlük Bitki Su Tüketimi ve Referans Bitki Su Tüketimi Fraksiyonu Değerlerinin Karşılaştırılması**

Comparison of Daily Evapotranspiration and Reference Evapotranspiration Fraction Values Calculated using METRIC Model and Google Earth Engine FLux

268 -281 | Charifa Arabi, Burak Nazmi Candoğan

### **Marmara Bölgesinde Referans Bitki Su Tüketiminin Alansal ve Zamansal Değişimi**

Spatial and Temporal Change of Reference Crop Evapotranspiration in Marmara Region

282 -301 | Kürşat Maman, Hakan Kibar

### **Buğday Deposu Tasarımı: Yapısal Tasarım-I**

The Design of Wheat Warehouse: Structural Design-I

302 -327 | Kürşat Maman, Hakan Kibar

### **Buğday Deposu Tasarımı: Havalandırma Sistem Tasarımı ve Birim Fiyat Analizi-II**

The Design of Wheat Warehouse: Ventilation System Design and Unit Price Analysis-II

## Toprak Bilgisi ve Bitki Besleme / Soil Science and Plant Nutrition

328- 339 | İsmail Emrah Tavalı

### **Monitoring the Short-Term Effect of Banana Waste Compost on the Enzymatic Activities of Soil Associated with Nitrogen and Phosphorus**

Muz Atıkları Kompostunun Toprağın Azot ve Fosfor ile İlişkili Enzimatik Aktiviteleri Üzerine Kısa Süreli Etkisinin İzlenmesi

## Yaban Hayatı Ekolojisi ve Yönetimi/ Wildlife Ecology and Management

340 - 348 | Ferhat Matur, Kamil Candan, Çetin Ilgaz, Cemal Varol Tok, Mustafa Sözen, Muhsin Çoğal, Batuhan Yaman Yakın, Elif Yıldırım Caynak, Yusuf Kumlutaş

### **Species Delimitation Analysis to Reveal the Origin of Turkish *Podarcis siculus siculus* (Rafinesque-Schmaltz, 1810) Populations**

Türkiye *Podarcis siculus siculus* (Rafinesque-Schmaltz, 1810) Populasyonlarının Kökenini Ortaya Çıkarmak için Tür Sınırlarının Belirlenmesi

## Zootekni / Animal Science

349 - 357 | Çağrı Melikşah Sakar

### **The Effects of Temperature-Humidity Index Values on Some Behaviours in Male Anatolian Black Cattle**

Sıcaklık-Nem İndeks Değerlerinin Yerli Kara Erkek Sığırlarda Bazı Davranışlar Üzerine Etkileri

358 -367 | İsa Yılmaz , Ali Can

### **Milk Yield, Fertility, Udder Characteristics, and Raw Milk Somatic Cell Count of the Damascus Goats Reared in Iğdır Conditions**




Iğdır Şartlarında Yetiştirilen Halep Keçilerinin Süt Verimi, Döl Verimi, Meme Özellikleri ve Çiğ Süt Somatik Hücre Sayısı

368 -375 | Özer Kurt

### **Effect of Maturity Stages on Potential Nutritive Value of *Rheum ribes* L.**

Olgunlaşma Döneminin *Rheum ribes* L.'nin Potansiyel Besleme Değerine Etkisi



**Karayemişte (*Laurocerasus officinalis* Roemer) Çiçek Tozu Kalite Düzeylerinin Belirlenmesi\***Determination of Pollen Quality Levels in Cherry Laurel (*Laurocerasus officinalis* Roemer)Ayşegül Fat<sup>1</sup> , Neriman Beyhan<sup>2</sup> , Hüseyin İrfan Balık<sup>3</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 25.01.2022

Kabul Tarihi (Accepted): 03.06.2022

Yayın Tarihi (Published): 22.08.2022

**Öz:** Bu çalışmada, 2015-2016 yıllarında, Giresun Fındık Araştırma Enstitüsü'nün arazisinde bulunan karayemiş genotiplerinin çiçek tozu kalitesi belirlenmiştir. Denemede Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesinden seçilmiş 10 adet karayemiş genotipi (08-02, 28-04, 52-08, 52-12, 52-17, 52-18, 52-20, 53-05, 54-03 ve 55-04) kullanılmıştır. Çiçeklenme tarihleri 2015 yılında 19 Mart ile 24 Nisan, 2016 yılında 4 Mart ile 6 Nisan arasında gözlenmiştir. Çiçeklenme tarihleri yıllara göre farklılık göstermiş, 2016 yılında çiçeklenme 15 gün daha erken başlamış ve çiçeklenme süresi daha kısa olmuştur. Karayemiş genotiplerinde çiçek tozu canlılık ve çimlenme oranları %81-90 arasında bulunmuştur. 2016 yılında elde edilen canlılık ve çimlenme oranları 2015 yılına göre daha yüksek olmuştur. Genotiplerde anormal yapılı çiçek tozu miktarı kayda değer miktarlarda bulunmamıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Çiçek tozu canlılık ve çimlenme oranı, TTC, petride agar

&amp;

**Abstract:** In this study it has been determined the pollen quality of the cherry laurel genotypes grown in Giresun Hazelnut Research Institute in 2015-2016. In the experiment, flowers of the trees belonging to the 08-02, 28-04, 52-08, 52-12, 52-17, 52-18, 52-20, 53-05, 54-03 and 55-04 genotypes selected from Central and East Black Sea Region have been used. Flowering dates have been observed between March 19 th, April 24 th, at 2016, and between March 4th and April 6th 2015. Flowering dates varied by years, started 15 days earlier in 2016 and took place in a shorter period. The flowering dates differed according to the years, in 2016 the flowering started 15 days earlier and the flowering period was shorter. The amount of pollen viability and germination rates of the cherry laurel genotypes was between 81-90%. The viability and germination rates obtained in 2016 were higher than in 2015. The amount of abnormal pollen grains was not remarkable in all genotypes.

**Keywords:** Pollen viability rate, pollen germination rate, TTC, agar in petri dish

**Atıf/Cite as:** Fat, A., Beyhan, N., & Balık, H. İ. (2022). Karayemişte (*Laurocerasus officinalis* Roemer) Çiçek Tozu Kalite Düzeylerinin Belirlenmesi. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 8(2), 166-178. DOI: 10.24180/ijaws.1062418.

**İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijaws>

**Copyright** © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Ziraat Yüksek Mühendisi, Ayşegül Fat, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, aysegul\_fat@hotmail.com

<sup>2</sup> Prof. Dr., Neriman Beyhan, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, nbeyhan@omu.edu.tr (Sorumlu Yazar / Corresponding author)

<sup>3</sup> Doç. Dr., Hüseyin İrfan Balık, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, irfanbalik@subu.edu.tr

## GİRİŞ

Karadeniz Bölgesi'ndeki meyve genetik çeşitliliğine katkı yapan türlerden biri de karayemiştir. Bölgede doğal olarak yetişen karayemiş (*Laurocerasus officinalis* Roemer), hem meyve hem de süs bitkisi özelliklerine sahiptir. Güney Doğu Avrupa, Marmara, Karadeniz' in Doğusu, Kafkas Dağları ve Kuzey İran'da karayemiş formlarına rastlanmaktadır. Karayemiş (*Laurocerasus officinalis* Roemer); Rosales takımının, Rosaceae (gülgiller) familyasının, Prunoideae alt familyası ve Prunus cinsine girmektedir. Sinonimleri Prunus *laurocerasus* (L.) Mill, *Padus laurocerasus* (L.) Mill ve *Cerasus laurocerasus* (L.) Mill olarak kaydedilmiştir.

Sıcak ılıman iklim meyvesi olan karayemiş 6 m'ye kadar boylanan çalı veya küçük ağaç formundadır. Kuvvetli kök sistemi vardır. Herdemyeşil olup, erselik çiçek yapısına sahiptir ve böceklerle tozlanır, Mart ve Nisan aylarında çiçeklenir (İslam, 2002; İslam ve Deligöz, 2012). Arılar tarafından polen kaynağı olarak yüksek düzeyde tercih edilirler (Cınbirtoğlu vd., 2016). Çiçeklerde orta durumlu bir dişi organ (perigin), beşer adet çanak ve taç yaprak ile 15-20 adet erkek organ bulunur. Taç yaprakları beyaz renktedir. Çiçek salkımı (rasemöz) bir ana eksen etrafında sıralanmış kısa saplı 28-30 adet çiçekten oluşur (Wang vd., 2019). Meyveleri şekil ve irilik olarak genellikle kiraza benzer, tatlı, acı ve buruk arasında değişen tat özelliklerine sahiptir (İslam, 2002; İslam vd., 2020).

Karayemiş fenolik maddeler, özellikle antioksidanlar ve C vitamini bakımından oldukça zengin bir meyvedir. Taze, kurutulmuş, reçel, marmelat, konserve ve turşu değerlendirme şekillerinde tüketilmektedir. Ayrıca, aroma verici katkı olarak gıda endüstrisinde, bazı hastalıkların tedavisinde, farmakolojide ve kozmetik endüstrisinde olmak üzere farklı kullanım alanlarına sahiptir (Ergüney, 2013).

Meyve yetiştiriciliğinde bol ve kaliteli ürün elde etmek önceliklidir. Çiçek tozu kalitesi tozlanma ve dölleme açısından önem taşımaktadır. Yeterli bir meyve tutumu ve verim için çiçek tozu kalitesi, çiçek tozu canlılık ve çimlenme oranlarının yüksek olması gerekmektedir. Karayemişin kendine uyumsuz olduğu ve meyve tutumu için yabancı tozlanma gerektiği bildirilmektedir (Sülüşoğlu ve Çavuşoğlu, 2014a). Diğer sert çekirdekli meyve türlerinde olduğu gibi karayemişte de verimi doğrudan etkileyen meyve tutumu için tozlanma ve dölleme şarttır. Bu nedenle dölleme biyolojisi kapsamında çiçek tozu kalitesi, çiçek tozlarının çimlenme ve canlılık oranlarının incelenmesi bu türde modern yetiştiriciliğe geçişte temel verilerin elde edilmesi bakımından önemlidir (Eti, 1991; Beyhan ve Karakaş, 2009).

Bu çalışma, Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesinden seçilmiş karayemiş genotiplerinin dölleme biyolojileri üzerinde yürütülmüş ilk çalışmadır. Çalışmanın amacı karayemişte çiçeklenme tarihleri, çiçek tozu canlılık, çimlenme ve çiçek tozu üretim potansiyellerinin belirlenmesidir.

## MATERYAL VE METOT

Bu çalışma, 2015-2016 yılları arasında Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesinden seçilmiş 10 adet karayemiş (*Laurocerasus officinalis* Roemer) genotipleri üzerinde Giresun Fındık Araştırma Enstitüsünde yürütmüştür. Denemede 08-02, 28-04, 52-08, 52-12, 52-17, 52-18, 52-20, 53-05, 54-03 ve 55-04 numaralı genotiplere ait 15 yaşlı ağaçların tomurcuk ve çiçekleri materyal olarak kullanılmıştır.

### Fenolojik Gözlemler

Denemeye alınan genotiplerde 2015 ve 2016 yıllarında iki yıl üst üste çiçeklenme başlangıcı, tam çiçeklenme ve çiçeklenme sonu tarihleri belirlenmiştir. Çiçeklenme dönemleri ile ilgili fenolojik gözlemler aşağıda açıklandığı şekilde yapılmıştır.

İlk çiçeklenme: Ağaç üzerindeki salkımlarda bulunan çiçeklerin %5-10' unun açıldığı tarih olarak belirlenmiştir.

Tam çiçeklenme: Ağaç üzerindeki salkımlarda bulunan çiçeklerin %70' inin açıldığı tarih olarak belirlenmiştir.

Çiçeklenme sonu: Ağaç üzerindeki salkımlarda bulunan çiçeklerin %95'inin açtığı ve taç yaprakların dökülmeye başladığı tarih olarak belirlenmiştir.

### **Çiçek Tozu Canlılık Testlerinin Yapılışı**

Karayemiş genotiplerinde 2015 ve 2016 yılında olmak üzere iki yıl üst üste canlılık testleri yapılmıştır. Çiçek tozu elde edilecek olan beyaz balon safhasında çiçekler, her genotipe ait 3 farklı ağaçtan ve ağaçların farklı yönlerinden sabah saatlerinde toplanmıştır. Çiçekler parlak siyah kağıtlar üzerine serilerek anterlerin çatlaması için oda koşullarında 24 saat bekletilmiş, 0.149 mm çapında test elekleri yardımı ile çiçek tozları elde edilmiştir (Şekil 1).

Canlılık testlerinde TTC (2,3,5, triphenyl tetrazolium chloride) metodu uygulanmıştır (Eti, 1991). Çözelti %1'lik hazırlanmış ve ozmotik basıncın korunması için %60 sakkaroz ilave edilmiştir. TTC çözeltisi koyu renkli bir cam şişede buzdolabında saklanmıştır. Temiz bir lam üzerine iki ayrı noktaya TTC damlatılmıştır. Çiçek tozu ekimi yapıldıktan sonra damlacıkların üzeri lamel ile hava kabarcığı kalmayacak şekilde kapatılmıştır. Hazırlanan preparatlar oda koşullarında doğrudan güneş ışığı almayan normal ışıklı bir ortamda 2 saat bekletilmişlerdir. Bu süresinin sonunda koyu kırmızı boyanan çiçek tozları canlı, açık kırmızı boyananlar yarı canlı olarak kaydedilmişlerdir.

Karayemiş genotiplerinin her biri için 2'şer lam kullanılmış, her lamda 2 adet lamel kapatılmış, her lamelde en az 5 farklı alanda ortalama 100'er adet olmak üzere her genotipten yaklaşık 2000 adet çiçek tozu sayılmıştır.

### **Çiçek Tozu Çimlenme Testlerinin Yapılışı**

Genotiplerin çiçek tozu çimlenme güçlerini belirlemek için petride agar yöntemi kullanılmıştır. Çimlendirme ortamları %1 agar içeren %0, %5, %10, %15 ve %20 olmak üzere 5 farklı sakkaroz (C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>) konsantrasyonunda hazırlanmıştır (Beyhan ve Serdar, 2009). Çimlendirme ortamları 8-10 cm çaplı petrilere yaklaşık 10-40 ml ve 2 mm yükseklikte olacak şekilde dökülmüştür. Ortamlar soğuduğunda çiçek tozu ekimi yapılmıştır. Homojen bir ekim için test elekleri ve yumuşak suluboya fırçalarından yararlanılmıştır (Şekil 1).

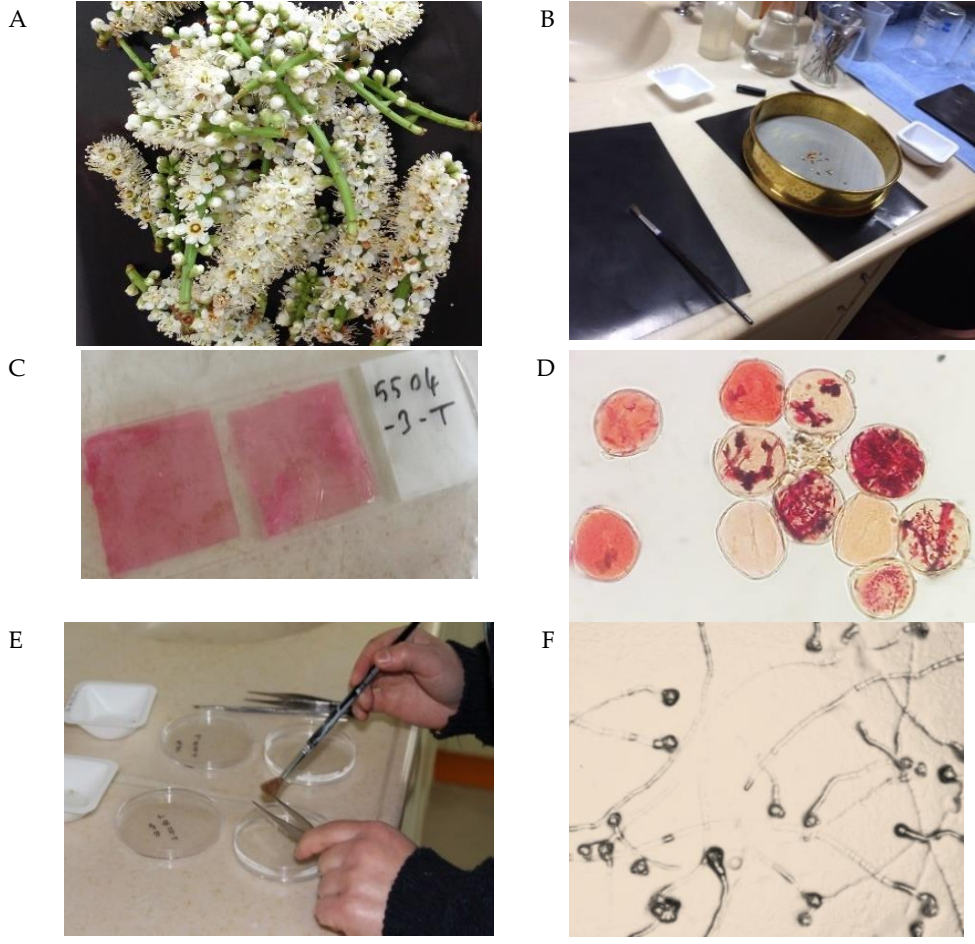
Ekimden sonra kapakları kapatılan petri kutuları 24 saat süre ile karanlık ortam ve 25°C'de etüvde inkübasyona bırakılmışlardır. Petrilere inkübasyondan sonra inceleme süresince buzdolabında saklanmışlardır. Işık mikroskopunda çimlenen ve çimlenmeyen çiçek tozları sayılmış, çimlenme oranları % olarak hesaplanmıştır. Kendi çapından daha uzun çim borusu oluşturan çiçek tozları çimlenmiş kabul edilmiştir. Her genotip için ve her sakkaroz dozunda petrideki ortam 4'e bölünerek, her bölümde 2 farklı alanda en az 100'er adet çiçek tozu olmak üzere her sakkaroz konsantrasyonunda 800 adet ve her genotipte toplam 4000 adet çiçek tozu sayılmıştır.

### **Çiçek Tozu Üretim Miktarlarının Belirlenmesi**

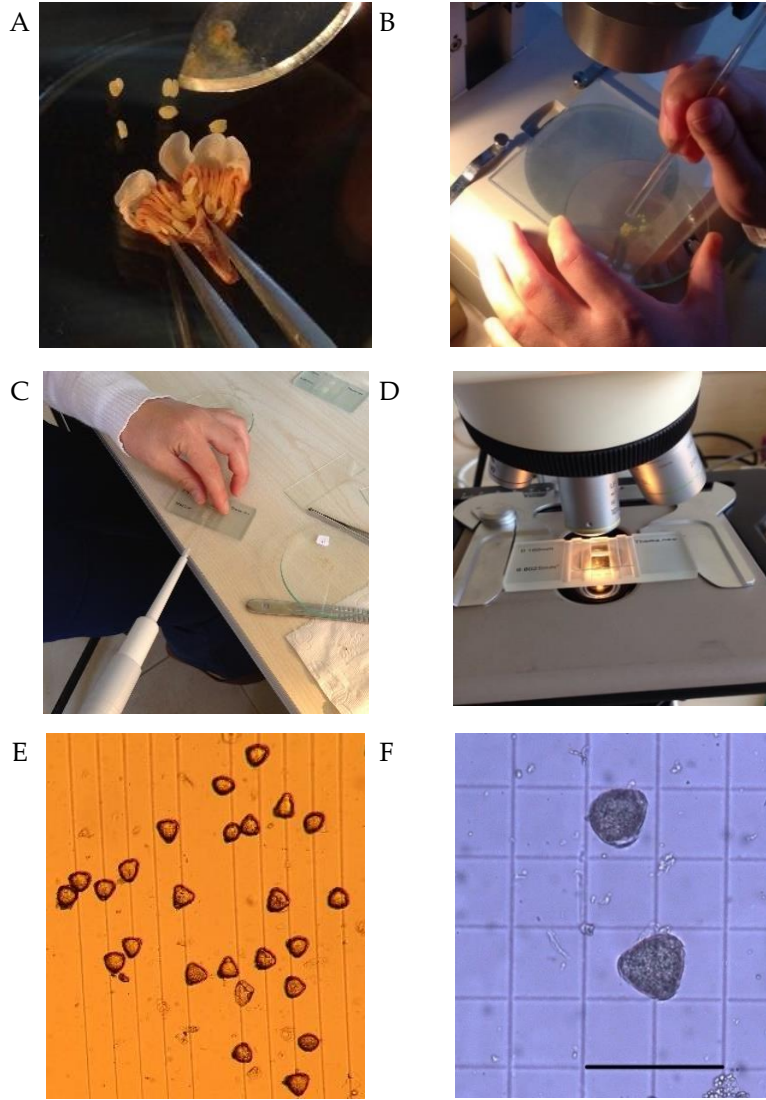
Denemedeki çeşitlere ait çiçek tozu üretim miktarlarını belirlemek amacı ile hemasitometrik lam kullanılmıştır (Eti, 1990). Çiçek ve anter başına çiçek tozu sayısını belirlemek için önceden beyaz balon safhasında alınarak FAA çözeltisinde fikse edilen çiçekler kullanılmıştır.

Çiçeklerdeki anterler stereo mikroskop altında filamentlerinden ayrılarak patlayana kadar bekletilmiştir. Daha sonra 1 ml saf su ilave edilmiş ve anterler cam baget yardımı ile ezilerek çiçek tozlarının sıvı içerisine dağılması sağlanmıştır. Çiçek tozlarının homojen bir şekilde dağılması için karışıma 1 damla sıvı deterjan damlatılmıştır (Şekil 2). Hazırlanan çiçek tozu karışımından 0.5 ml lik otomatik pipet ile çekilerek hemasitometrik lam üzerindeki 2 adet sayma odacığının her birine birer damla konulmuş, üzeri lamel ile kapatılmıştır. Sayımlar ışık mikroskopunda yapılmıştır. Hemasitometrik lam üzerinde bulunan iki adet sayma odacığının mikrometrik çizgileri arasındaki mesafe ve derinlik değerleri kullanılarak karelerin hacmi hesaplanmıştır. Bu hacim içerisinde bulunan çiçek tozu miktarı sayılarak orantı yolu ile toplam çiçek tozu adedi hesaplanmıştır.

Denemede her genotip için 4 tekerrür, her tekerrürde 6 sayım olmak üzere toplam 24 sayım gerçekleştirilmiştir. Her tekerrürde 2 adet çiçek ve ortalama 40 adet anter kullanılmıştır. Hemasitometrik lam yöntemi ile iyi gelişmeyen, anormal yapıdaki çiçek tozlarının oranı da belirlenebilmektedir. Ancak denemede anormal yapılı çiçek tozu miktarı tüm genotiplerde kayda değer miktarlarda bulunmamıştır.



**Şekil 1.** Çiçek tozu canlılık (TTC) ve çimlenme test aşamaları. (A) laboratuvara getirilen çiçek salkımları. (B) Çiçek tozlarının eldesinde kullanılan test eleği. (C) Canlılık preparat hazırlanışı. (D) Işık mikroskobunda canlı, cansız ve yarı canlı çiçek tozlarının genel görünüşleri (Büyütme 20x10). (E) Çiçek tozu çimlendirme testinde, petri kaplarına dökülen ortam üzerine çiçek tozu ekimleri. (F) Çimlenen ve çimlenmeyen çiçek tozlarının genel görünüşleri (Büyütme 10x10).  
*Figure 1. Pollen viability (TTC) and germination process steps. (A) Inflorescences brought to the laboratory. (B) Test sieve used to take out pollen. (C) Viability slide preparation . (D) General views of living, non-living and semi-living pollen under the light microscope (Magnification 20x10). (E) In the pollen germination test, pollen sowing on the medium poured into petri dishes. (F) General views of germinated and non-germinated pollen (Magnification 10x10).*



**Şekil 2.** Çiçek tozu üretim miktarlarının belirlenmesi. (A) Stereo mikroskop altında anterlerin çiçeklerden ayrılması. (B) Anterlerin saat camı üzerine alınması. (C) Çiçek tozlarını içeren çözeltiden hemasitometrik lam odacıklarına damlatılması. (D) Hemasitometrik lamın ışık mikroskopunda incelenmesi. (E, F) Çiçek tozlarının hemasitometrik lam odacıklarındaki mikroskop görüntüsü (Bar=100 µm).

*Figure 2. Determination of pollen production amounts. (A) Removing of anthers from flowers under a stereo microscope. (B) Layouting of the anthers on the watch glass. (C) Dropping of the solution containing the pollen into the hemocytometric slide chambers. (D) Examination of the hemocytometric slide under the light microscope. (E, F) Microscopic view of pollen in hemocytometric slide chambers (Bar=100 µm).*

### Verilerin Değerlendirilmesi

Çiçek tozu canlılık testlerinde, çimlendirme testlerinde ve çiçektozu üretim miktarları bakımından genotipler arasındaki farklılığın önem düzeyinin belirlenmesinde SPSS 17 istatistik paket programı kullanılarak varyans analizi yapılmıştır. Sayı olarak elde edilmiş % verilerde normal dağılım göstermeyenler açı transformasyonuna ( $\text{Arcsin } \sqrt{x}$ ) tabi tutulmuştur.

Çiçek tozu çimlendirme test verileri, 4 tekerrürlü olarak tesadüf bloklarında 10x5 faktöryel deneme desenine göre (genotip x sakkaroz konsantrasyonu) analize tabi tutulmuştur. Canlılık testleri ve çiçek tozu üretim miktarı verileri ise tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü ve tek faktörlü (genotip)

olarak analiz yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıklar ( $P<0.01$ ) “Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi” ile belirlenmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### *Fenolojik Gözlemler*

Denemeye alınan karayemiş genotiplerinde 2015 ve 2016 yıllarında çiçeklenme başlangıcı, tam çiçeklenme ve çiçeklenme sonu dönemleri ile ilgili fenolojik gözlem tarihleri Çizelge 1 ve Çizelge 2’ de verilmiştir. Çiçeklenme tarihleri 2015 yılında 19 Mart ile 24 Nisan, 2016 yılında 4 Mart ile 6 Nisan arasında gözlenmiştir. 2015 yılında genotiplerin çoğu Mart ayının son haftası çiçeklenme başlangıcı döneminde iken, 2016 yılında bu dönem Mart ayının ilk haftasında gerçekleşmiştir.

Çiçeklenme tarihleri yıllara göre farklılık göstermiş, çalışmanın 2016 yılında ilk yıla göre çiçeklenme 15 gün daha erken gerçekleşmiştir. Ayrıca genotipler arasında da farklılıklar tespit edilmiş, 52-18 nolu genotip her iki yılda en erken, 08-02 nolu genotip ise en geç çiçeklenmişlerdir.

Trabzon İlinde yetiştirilen 17 adet mahalli karayemiş tipinde, tam çiçeklenme tarihleri çoğunlukla Nisan ayında kaydedilmiş, 20 Şubat ve 25 Nisan arasında olan tipler de gözlenmiştir (Bostan ve İslam, 2003). Sakarya İlinde 9 karayemiş genotipinde ilk çiçeklenme 5 Mart, tam çiçeklenme 15-20 Mart ve çiçeklenme sonu 30 Mart tarihinde gerçekleşmiş; sadece 1 tipte bunlardan farklı olarak 10-15 Nisan’da başlayan çiçeklenme dönemi 30 Nisan’da son bulmuştur (Beyhan, 2010). Samsun İlinde karayemiş genotiplerinde en erken çiçeklenme başlangıcı tarihi 19 Mart-7 Nisan, en geç 21 Nisan-3 Mayıs; çiçeklenme sonu ise en erken 21 Nisan ve en geç 3 Mayıs arasında değişmiştir (Macit ve Demirsoy, 2012). Kocaeli İlinde karayemişte iki yıl üst üste yapılan çalışmada çiçeklenme dönemleri ilk yıl Nisan ayının ortası, ikinci yıl Nisan ayının ilk haftası başlamış ve 3 hafta sürmüştür (Sülüoğlu ve Çavuşoğlu, 2014a). Çiçeklenme tarihleri ekoloji ve genotip ile yakın ilişkilidir (İslam, 2002).

### *Karayemiş Genotiplerinde Çiçek Tozu Canlılık Oranları*

#### *2015 yılı çiçek tozu canlılık oranları*

Karayemiş genotiplerinde 2015 çiçeklenme dönemine ait çiçek tozu canlılık oranları Çizelge 3’de sunulmuştur. Canlılık oranları genotiplere göre farklı olmuş, en düşük 54-03’te %67.86 ve en yüksek 28-04’de %83.13 bulunmuştur. Yarı canlı çiçek tozu oranları incelendiğinde ise, en düşük 28-04’de %13.67 ve en yüksek 54-03’te %26.89 bulunmuştur. Genel olarak canlı çiçek tozu yüksek olan tiplerde yarı canlı çiçek tozu oranının düşük olduğu söylenebilir.

2015 yılı çiçeklenme döneminde canlı+yarı canlı/2 çiçek tozu oranlarına bakıldığında, genotipler arasındaki farkların daha az olduğu görülmektedir. En düşük canlı+yarı canlı/2 çiçek tozu oranı 54-03’de %81.30, en yüksek oran ise 28-04’te %89.97 olarak bulunmuştur.

Renksiz TTC çözeltisi, canlı çiçek tozu hücrelerindeki dehidrogenaz enzimi sayesinde suda çözünmeyen kırmızı formazan kompleksine indirgenir. Kırmızı renk, çok açık kırmızıdan koyu kırmızıya kadar değişen farklı renk tonlarındadır. Bu değişik kırmızı tonları canlılığın tahmin edilmesinde nesnelliği etkileyebilmekte ve subjektiviteye sebep olmaktadır (Beyhan ve Serdar, 2008). Subjektiviteyi en aza indirmek ve mümkün olduğunca doğruya yakın sonuçlar elde edebilmek için, çiçek tozlarının boyanma koyuluklarına göre canlılık seviyeleri de derecelendirilmektedir.

Karabıyık ve Eti (2015) yenedünyada, koyu kırmızı boyanan çiçek tozlarını “mutlak canlı”, açık kırmızı boyananlar “yarı canlı”, renksiz olanları ise “cansız” olarak kabul etmişlerdir. Yarı canlı çiçek tozlarının teorik olarak %50’sinin canlı olduğu kabul edilmiş, bu değer mutlak canlı çiçek tozu miktarına eklenerek “canlı” çiçek tozu yüzdeleri hesaplanmıştır.

#### *2016 yılı çiçek tozu canlılık oranları*

Denemede 2016 çiçeklenme dönemine ait çiçek tozu canlılık oranları Çizelge 4’de sunulmuştur. Canlılık oranları genotiplere göre farklı olmuş, en düşük 52-08’de %77.99 ve en yüksek 52-20’de %86.47 bulunmuştur. Yarı canlı çiçek tozu oranları incelendiğinde ise; canlı oranın en yüksek olduğu 52-20’de en

düşük %10.89 ve yine canlı oranın en düşük olduğu en yüksek 52-08'de en yüksek %16.97 bulunmuştur. Genel olarak canlı çiçek tozu yüksek olan tiplerde yarı canlı çiçek tozu oranı düşük olmuştur.

**Çizelge 1.** Karayemiş genotiplerinin 2015 yılında çiçeklenme dönemlerine ait fenolojik gözlem tarihleri.  
*Table 1. Phenological observation dates of flowering periods of Cherry Laurel genotypes in 2015.*

Genotip	Çiçeklenme Başlangıcı	Tam Çiçeklenme	Çiçeklenme Sonu
08-02	10 Nisan 2015	17 Nisan 2015	24 Nisan 2015
28-04	23 Mart 2015	30 Mart 2015	10 Nisan 2015
52-08	23 Mart 2015	30 Mart 2015	10 Nisan 2015
52-12	23 Mart 2015	31 Mart 2015	10 Nisan 2015
52-17	23 Mart 2015	31 Mart 2015	10 Nisan 2015
52-18	19 Mart 2015	26 Mart 2015	07 Nisan 2015
52-20	23 Mart 2015	31 Mart 2015	10 Nisan 2015
53-05	23 Mart 2015	03 Nisan 2015	15 Nisan 2015
54-03	23 Mart 2015	31 Mart 2015	10 Nisan 2015
55-04	31 Mart 2015	10 Nisan 2015	17 Nisan 2015

**Çizelge 2.** Karayemiş genotiplerinin 2016 yılında çiçeklenme dönemlerine ait fenolojik gözlem tarihleri.  
*Table 2. Phenological observation dates of flowering periods of Cherry Laurel genotypes in 2016.*

Genotip	Çiçeklenme Başlangıcı	Tam Çiçeklenme	Çiçeklenme Sonu
08-02	26 Mart 2016	02 Nisan 2016	6 Nisan 2016
28-04	7 Mart 2016	14 Mart 2016	28 Mart 2016
52-08	7 Mart 2016	14 Mart 2016	28 Mart 2016
52-12	7 Mart 2016	14 Mart 2016	28 Mart 2016
52-17	7 Mart 2016	14 Mart 2016	28 Mart 2016
52-18	4 Mart 2016	12 Mart 2016	25 Mart 2016
52-20	7 Mart 2016	14 Mart 2016	28 Mart 2016
53-05	7 Mart 2016	14 Mart 2016	28 Mart 2016
54-03	7 Mart 2016	14 Mart 2016	28 Mart 2016
55-04	21 Mart 2016	28 Mart 2016	04 Nisan 2016

2016 yılı çiçeklenme döneminde canlı+yarı canlı/2 çiçek tozu oranlarına bakıldığında, 2015 yılına benzer şekilde genotipler arasındaki farkların daha az olduğu görülmektedir. En düşük canlı+yarı canlı/2 çiçek tozu oranı, canlı çiçek tozlarında olduğu gibi 52-08'de %86.47, en yüksek oran ise yine 52-20'de %91.92 olarak bulunmuştur.

Genel olarak sert çekirdekli meyvelerde olduğu gibi karayemişte de yeterli düzeyde dölleme ve meyve tutumu için çiçek tozu kalitesi, çiçek tozu canlılık ve çimlenme oranlarının yüksek olması gerekmektedir. Sülüoğlu ve Çavuşoğlu (2014b) karayemişte çiçek tozu canlılık oranlarının, TTC testinde genotiplere bağlı olarak %86.87 ile %97.69 arasında değişmiş olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, diğer Prunus türleri üzerinde yapılan bazı çalışmalar ile bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar benzerlik göstermektedir (Beyhan ve Karakaş, 2009; Paydaş vd., 1998; Sütyemez ve Eti, 1995).

Bu tez çalışmasında her iki yılın canlılık test sonuçları topluca karşılaştırıldığında, canlı çiçek tozu oranları ile canlı+yarı canlı/2 çiçek tozu oranları 2016 yılında biraz daha yüksek bulunmuştur. İklim koşullarının ve beslenme durumunun değişmesinden dolayı, meyve türlerinde çiçek tozu canlılık oranlarının da yıllara bağlı olarak farklı olabileceği bildirilmektedir (Beyhan ve Serdar, 2008, 2009; Beyhan ve Karakaş, 2009; Kocaman vd., 2012).

**Çizelge 3.** Karayemiş genotiplerinde 2015 çiçeklenme dönemi çiçek tozu canlılık oranları (%).

Table 3. Pollen viability rates (%) in 2015 flowering period in Cherry Laurel genotypes.

Genotip	Canlı	Yarı Canlı	Canlı + Yarı Canlı / 2
08-02	76.28 abc	18.65 bc	85.60 abc
28-04	83.13 a	13.67 c	89.97 a
52-08	81.43 a	15.97 c	89.42 a
52-12	80.10 ab	17.09 bc	88.65 a
52-17	79.38 abc	18.41 bc	88.59 a
52-18	79.02 abc	16.01 c	87.02 ab
52-20	72.38 cd	21.97 b	83.36 bc
53-05	73.43 bcd	18.81 bc	82.83 bc
54-03	67.86 d	26.89 a	81.30 c
55-04	76.11 abc	21.67 b	86.94 ab

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0.01)

**Çizelge 4.** Karayemiş genotiplerinde 2016 çiçeklenme dönemi çiçek tozu canlılık oranları (%).

Table 4. Pollen viability rates (%) in 2016 flowering period in Cherry Laurel genotypes.

Genotip	Canlı	Yarı Canlı	Canlı + Yarı Canlı / 2
08-02	80.55 bc	16.25 ab	88.67 bc
28-04	82.94 ab	13.24 cd	89.56 ab
52-08	77.99 c	16.97 a	86.47 c
52-12	84.63 a	12.41 cd	90.84 ab
52-17	84.15 a	11.06 d	89.68 ab
52-18	83.30 ab	14.32 bc	90.46 ab
52-20	86.47 a	10.89 d	91.92 a
53-05	83.08 ab	12.36 cd	89.26 b
54-03	82.94 ab	13.34 cd	89.61 ab
55-04	84.06 a	11.57 cd	89.84 ab

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0.01)

### Karayemiş Genotiplerinde Çiçek Tozu Çimlenme Oranları

#### 2015 yılı çiçek tozu çimlenme oranları

Denemede 2015 yılı çiçek tozu çimlenme oranları bakımından genotipler arasında istatistiksel olarak çok önemli (P<0.01) farklılıklar bulunmuştur (Çizelge 5). Çimlenme ortamı sakkaroz konsantrasyonları ve genotip x konsantrasyon etkileri de istatistiksel olarak çok önemli (P<0.01) olmuştur.

En yüksek çimlenme oranları (%88.98 ve %87.60) 52-17 ve 52-20 nolu genotiplerde, en düşük oran ise 08-02 nolu genotipte bulunmuştur. Çimlenme ortamı sakkaroz konsantrasyonlarının etkilerine bakıldığında ise, çimlenme oranları artan sakkaroz konsantrasyonlarına bağlı olarak %0'dan %15'e kadar artmış, %20'de biraz azalmıştır. En yüksek çimlenme oranları %15 sakkaroz konsantrasyonunda saptanmıştır. Denemeye alınan karayemiş genotipleri için 2015 yılında optimum çimlendirme ortamı sakkaroz konsantrasyonu %15 olarak belirlenmiş, Sülüoğlu ve Çavuşoğlu'nun (2014b) da karayemişte yaptıkları çalışma ile uyumlu olmuştur. İn vitro çiçek tozu çimlendirme denemelerinde, çim borularının büyümesi için metabolik enerji kaynağı ve besin maddelerine ihtiyaç vardır. Bu enerjiyi sağlaması bakımından sakkaroz önemli bir besin maddesidir. Sakkaroz aynı zamanda ozmotik düzenleyici olarak, polen ile çimlenme ortamı arasındaki ozmotik basınç dengesinin benzer olmasını sağlar. Bu nedenle, ortamların değişik konsantrasyonlarda şeker içermeleri çiçek tozlarının çimlenme güçleri üzerine etki etmektedir (Eti, 1991).



Genotipler arasında çiçek tozu çimlenme oranları bakımından istatistiki farklılık bulunmakla birlikte, oranlar arasındaki değer farkının çok fazla olmadığı görülmektedir. İncelenen karayemiş genotiplerinde belirlenen optimum çiçek tozu çimlenme oranları %77.95 ile %88.98 arasında değişmiştir (Çizelge 4.8). Çeşit adayı olabilecek ümitvar karayemiş genotiplerinde, çiçek tozu kalitesinin yüksek olması ıslah çalışmasına olumlu yönde katkı sağlayacaktır. Meyve tutumunun gerçekleşmesi ve yeterli bir verim için çiçek tozu canlılık ve çimlenme oranlarının yüksek olması büyük önem taşımaktadır.

Çalışmada 2015 yılı çiçek tozu çimlenme oranları ile (Çizelge 4.8) yine aynı yılda canlılık oranları (Çizelge 4.6) karşılaştırıldığında, 52-20, 53-05 ve 54-03 nolu genotipler hariç diğerlerinde canlılık oranlarının çimlenme oranlarından daha yüksek olduğu görülmektedir. Ancak 52-20, 53-05 ve 54-03 nolu genotiplerde canlılık oranları (canlı+yarı canlı/2) çimlenmeye göre biraz düşük bulunmuştur. Bu genotipler için yarı canlı olarak kabul edilen çiçek tozlarının yarıdan fazlasının çimlenme yeteneklerinin olduğu söylenebilir.

#### **2016 yılı çiçek tozu çimlenme oranları**

Denemeye alınan karayemiş genotiplerinde 2016 yılı çiçek tozu çimlenme oranları bakımından genotipler arasında istatistiksel olarak çok önemli ( $P<0.01$ ) farklılıklar bulunmuştur (Çizelge 6). Farklı sakkaroz konsantrasyonlarının ve genotip x konsantrasyon interaksiyon etkileri de çok önemli ( $P<0.01$ ) olmuştur.

En yüksek çimlenme oranları (%91.40, %91.24 ve %91.21) 52-17, 53-05 ve 52-18 nolu genotiplerde, en düşük oran ise 52-08 nolu genotipte bulunmuştur. 52-17 nolu genotip, her iki yılda da istatistik olarak en yüksek çimlenme gösteren grupta yer almıştır. Çalışmamızda elde edilen çiçek tozu çimlenme oranları Sülüoğlu ve Çavuşoğlu'nun (2014b) bildirdiklerinden yüksek olmuştur.

2016 yılında, %0'dan %20'ye kadar artan sakkaroz konsantrasyonlarına bağlı olarak çimlenme oranları da artış göstermiş, en yüksek çimlenme oranları %20 sakkaroz konsantrasyonunda saptanmıştır. 2015 yılında optimum sakkaroz konsantrasyonu %15 olurken, 2016 yılında %20 olarak belirlenmiştir.

2015 ve 2016 yılının çimlendirme test sonuçları karşılaştırıldığında, 2016 yılında sonuçlar daha yüksek bulunmuştur. Çiçek tozu canlılık ve çimlenme oranları tür, çeşit ve ekolojiye bağlı olarak değişmektedir. Birçok meyve türünün çiçek tozu canlılık ve çimlenme oranları üzerinde, ekolojik faktörler, çiçek gelişimi, beslenme fizyolojisi etkili olmuş ve yıllar arasında önemli farklılıklar ortaya konmuştur (Beyhan, 1993; Beyhan ve Serdar, 2008; Beyhan ve Karakaş, 2009; Horvath vd, 2000).

Beyhan (1993), Tombul, Palaz, Çakıldak, Sivri ve Kalınkara fındık çeşitlerinde optimum çimlenme oranlarını sırasıyla %75.75, %57.02, %60.38, %66.74 ve %68.37 olarak belirlemiştir. Balık (2018) ise aynı çeşitlerde sırası ile %64.07, %21.60, %19.97, %29.23 ve %52.07 çimlenme oranlarını bulmuştur. Özellikle Palaz, Sivri ve Kalınkara çeşitlerinde farklı iki ekoloji ve yılda oldukça farklı sonuçlar bildirilmiştir.

İn vitro koşullarda yapılan çiçek tozu çimlendirme testlerinde, iklim şartlarının yanı sıra çiçek tozlarının toplanma zamanı ve çiçek tozu muhafaza koşullarının etkili olabileceği bildirilmiştir (Stösser vd., 1996). Çiçek tozlarının ekim sıklığı, çimlenme yoğunluğu, çimlenme ortam sıcaklığı ve pH'nın da çiçek tozu çimlenme oranında etkili olduğu vurgulanmıştır (Beyhan ve Serdar, 2008; Mert, 2009; Nyeki ve Buban, 1996; Taylor ve Hepler, 1997). Çiçek tozu canlılık testi sonuçları ile çimlendirme sonuçları karşılaştırıldığında, canlılık testlerinde daha yüksek oranlar edildiği ortaya çıkmaktadır. Diğer yandan, çiçek tozu canlılığı ve çimlenme oranı arasında güçlü bir ilişkinin olduğu belirtilmiştir (Novara vd., 2017).

Floral biyoloji ve döllenme biyolojisi ile ilgili konularda temel bilimsel verilerin elde edilmesi başta olmak üzere, çiçek tozu kalitesi, canlılık ve çimlenme yeteneklerinin belirlenmesi ile ilgili testler farklı amaçlar için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Kendileme ve değişik kontrollü melezleme çalışmalarında, tozlayıcıların meyve tutumuna etkisi, ebeveyn olarak uygun olup olmadıkları in vivo da belirlenir. İn vivo çalışmalardan elde edilecek sonuçların tahmin edilmesinde ve değerlendirilmesinde bir karşılaştırma kriteri ve destekleyici olması bakımından in vitro çiçek tozu canlılık ve çimlendirme testleri önem kazanmıştır, birlikte değerlendirilmektedirler (Beyhan ve Karakaş, 2009).

İn vitro çimlendirme testlerinde kullanılan suni ortamlar, stigma yüzeyine benzetilmeye çalışılmıştır. Çimlendirme ortamları mümkün olduğunca optimize edilmişse de, polenin stigma ve stil ile olan

metabolik etkileşimi sağlanamayacağından, bazı araştırmacılar bu ortamların polenin gerçek performansının saptanması için yeterli olmayacağını ileri sürmüşlerdir. Bu nedenle in vitro çimlendirme testlerinde polenin gerçek çimlenme performansının bulunamayabileceği ifade edilmiştir (Nyeki ve Buban, 1996; Taylor ve Hepler, 1997).

**Çizelge 5.** Karayemiş genotiplerinde 2015 çiçeklenme dönemi çiçek tozu çimlenme oranları (%).

Table 5. Pollen germination rates (%) in 2015 flowering period in Cherry Laurel genotypes.

Genotip	Sakkaroz Konsantrasyonu (%)					Ortalama
	0	5	10	15	20	
08-02	43.21 <i>tu</i>	68.71 <i>klmn</i>	77.95 <i>efghu</i>	74.20 <i>ghijk</i>	66.64 <i>lmnop</i>	66.14 <i>c</i>
28-04	55.45 <i>s</i>	73.89 <i>ghijk</i>	80.76 <i>bcdefg</i>	77.81 <i>efghu</i>	71.90 <i>ijkl</i>	71.96 <i>b</i>
52-08	46.06 <i>t</i>	78.31 <i>efghu</i>	77.33 <i>efghuj</i>	83.28 <i>abcde</i>	71.80 <i>ijkl</i>	71.36 <i>b</i>
52-12	37.48 <i>u</i>	74.17 <i>ghijk</i>	80.08 <i>cdefgh</i>	87.36 <i>ab</i>	75.92 <i>fghij</i>	71.00 <i>b</i>
52-17	64.40 <i>mnpq</i>	67.77 <i>klmno</i>	82.19 <i>abcdef</i>	88.98 <i>a</i>	78.42 <i>efghu</i>	76.35 <i>a</i>
52-18	60.38 <i>prqs</i>	70.62 <i>jklm</i>	77.61 <i>efghu</i>	82.93 <i>abcde</i>	71.49 <i>ijkl</i>	72.61 <i>b</i>
52-20	61.80 <i>opr</i>	73.83 <i>ghijk</i>	87.60 <i>a</i>	83.62 <i>abcde</i>	73.86 <i>ghijk</i>	76.14 <i>a</i>
53-05	39.54 <i>u</i>	62.88 <i>nopr</i>	85.99 <i>abcd</i>	86.09 <i>abcd</i>	80.14 <i>cdefgh</i>	70.93 <i>b</i>
54-03	56.78 <i>rs</i>	65.47 <i>lmnop</i>	78.40 <i>efghu</i>	85.78 <i>abcd</i>	77.02 <i>efghuj</i>	72.69 <i>b</i>
55-04	37.88 <i>u</i>	73.67 <i>hijk</i>	79.82 <i>defgh</i>	86.82 <i>abc</i>	79.37 <i>defgh</i>	71.51 <i>b</i>
Ortalama	50.30 <i>e</i>	70.93 <i>d</i>	80.77 <i>b</i>	83.69 <i>a</i>	74.66 <i>c</i>	

Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0.01)

**Çizelge 6.** Karayemiş genotiplerinde 2016 çiçeklenme dönemi çiçek tozu çimlenme oranları (%).

Table 6. Pollen germination rates (%) in 2016 flowering period in Cherry Laurel genotypes.

Genotip	Sakkaroz Konsantrasyonu (%)					Ortalama
	0	5	10	15	20	
08-02	32.23 <i>n</i>	45.75 <i>klm</i>	73.60 <i>f</i>	85.81 <i>e</i>	88.56 <i>abcde</i>	65.19 <i>abc</i>
28-04	30.25 <i>n</i>	43.18 <i>lm</i>	68.54 <i>hij</i>	88.14 <i>abcde</i>	90.27 <i>abcd</i>	64.08 <i>bcd</i>
52-08	31.12 <i>n</i>	42.45 <i>m</i>	65.14 <i>j</i>	88.42 <i>abcde</i>	90.21 <i>abcd</i>	63.47 <i>d</i>
52-12	30.36 <i>n</i>	47.68 <i>k</i>	69.47 <i>ghu</i>	88.00 <i>abcde</i>	90.89 <i>ab</i>	65.28 <i>abc</i>
52-17	29.12 <i>n</i>	46.04 <i>kl</i>	68.48 <i>hij</i>	87.07 <i>cde</i>	91.40 <i>a</i>	64.42 <i>abcd</i>
52-18	29.13 <i>n</i>	47.05 <i>k</i>	71.52 <i>fgh</i>	85.94 <i>e</i>	91.21 <i>a</i>	64.97 <i>abcd</i>
52-20	25.58 <i>o</i>	45.64 <i>klm</i>	70.09 <i>gh</i>	86.95 <i>cde</i>	91.01 <i>t</i>	63.86 <i>cd</i>
53-05	30.90 <i>n</i>	47.60 <i>k</i>	72.11 <i>fg</i>	87.28 <i>bcde</i>	91.24 <i>a</i>	65.82 <i>a</i>
54-03	31.32 <i>n</i>	47.90 <i>k</i>	66.03 <i>ij</i>	86.65 <i>de</i>	90.55 <i>abc</i>	64.49 <i>abcd</i>
55-04	30.02 <i>n</i>	46.17 <i>kl</i>	73.68 <i>f</i>	87.41 <i>bcde</i>	90.65 <i>abc</i>	65.59 <i>ab</i>
Ortalama	30.00 <i>e</i>	45.94 <i>d</i>	69.87 <i>c</i>	87.17 <i>b</i>	90.60 <i>a</i>	

Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0.01)

Çiçek tozu çimlendirme testlerinde sonucu olumsuz etkileyebilecek ortam sıcaklığı, nem ve substrat olarak kullanılan maddelerin özellikleri gibi değişken dış faktörlerin canlılık testlerinde bulunmaması nedeniyle, canlılık testlerinin çimlendirme testlerine göre gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiği öne sürülmektedir (Stanley ve Linskens, 1985). Canlılık testlerinin diğer üstün yönleri ise kolay ve hızlı olmalarıdır.

#### Karayemiş Genotiplerinde Çiçek Tozu Üretim Miktarları

##### 2015 yılı çiçek tozu üretim miktarları

Denemeye alınan karayemiş genotiplerinde 2015 yılı çiçek tozu üretim miktarları Çizelge 4.10'da sunulmuştur. Çiçek tozu üretim miktarları bakımından bir anterdeki çiçek tozu sayısı ve bir çiçekteki çiçek tozu sayısı bakımından genotipler arasında istatistiksel olarak çok önemli (P<0.01) farklılıklar

bulunmuştur. Bir anterdeki çiçek tozu sayısı en yüksek 52-12 (2893 adet) ve 08-02 (2890 adet) genotiplerde, en düşük ise 52-18 (1605 adet) de bulunmuştur. Bir çiçekteki çiçek tozu sayısı değerleri de aynı genotiplerde en yüksek (115458 adet) ve en düşük (65815 adet) değerlere sahip olmuştur.

#### 2016 yılı çiçek tozu üretim miktarları

Çiçek tozu üretim miktarları bakımından bir anterdeki çiçek tozu sayısı ve bir çiçekteki çiçek tozu sayısı bakımından genotipler arasında istatistiksel olarak çok önemli ( $P<0.01$ ) farklılıklar bulunmuştur (Çizelge 7). Bir anterdeki çiçek tozu sayısı en yüksek 55-04 (2629 adet) ve en düşük ise 08-02'de (2100 adet) bulunmuştur. Bir çiçekteki çiçek tozu sayısı değerleri 08-02 hariç diğer genotiplerde istatistik olarak aynı düzeyde gerçekleşmiştir. 2016 yılında bir anterdeki çiçek tozu sayısı ile bir çiçekteki çiçek tozu sayısı değerleri birbirleri ile paralel gözükmemektedir.

Karayemişte çiçeklerdeki anter sayıları birbirinden farklı olabilmektedir. Deneme genotiplerinde bir çiçekte bulunan anter sayısı 16 ile 23 arasında gözlemlenmiş, genel ortalama 20 adet civarındadır ve Sülüoğlu ve Çavuşoğlu'nun (2014a) karayemişte bildirmiş oldukları sayı ile de uyumludur.

Bir çeşidin tozlayıcı olarak uygunluğu, çiçek tozlarının canlılık ve çimlenme yetenekleri yanında normal gelişmiş çiçek tozu miktarıyla da yakından ilişkilidir. Bu tez çalışmasında denemeye alınan karayemiş genotiplerinde morfolojik homojen ve normal gelişmiş çiçek tozu oranlarının neredeyse %100'e yakın oldukları gözlenmiştir.

Yenidünya çeşitlerinde anter sayıları yüksek olan çiçeklerde çiçek tozu sayılarının da yüksek, buna karşılık bir anterdeki çiçek tozu sayısının ise düşük olduğu kaydedilmiştir (Karabıyık ve Eti, 2015). Ayrıca bir çiçekteki çiçek tozu sayısının anter sayısının yüksek olmasından kaynaklandığı vurgulanmıştır.

#### Çizelge 7. Karayemiş genotiplerinde çiçek tozu üretim miktarları (adet).

Table 7. Pollen production amounts in Cherry Laurel genotypes.

Genotip	2015		2016	
	Bir Anterdeki Çiçek Tozu Sayısı	Bir Çiçekteki Çiçek Tozu Sayısı	Bir Anterdeki Çiçek Tozu Sayısı	Bir Çiçekteki Çiçek Tozu Sayısı
08-02	2890 <i>a</i>	105313 <i>ab</i>	2100 <i>d</i>	82250 <i>c</i>
28-04	2352 <i>bc</i>	95841 <i>bc</i>	2389 <i>bc</i>	91250 <i>ab</i>
52-08	2310 <i>bc</i>	91271 <i>bc</i>	2463 <i>bc</i>	93667 <i>a</i>
52-12	2893 <i>a</i>	115458 <i>a</i>	2427 <i>bc</i>	95813 <i>a</i>
52-17	2081 <i>c</i>	88590 <i>c</i>	2390 <i>bc</i>	91292 <i>ab</i>
52-18	1605 <i>d</i>	65815 <i>d</i>	2550 <i>ab</i>	94313 <i>a</i>
52-20	2551 <i>ab</i>	100360 <i>bc</i>	2506 <i>abc</i>	89121 <i>ab</i>
53-05	2420 <i>bc</i>	98500 <i>bc</i>	2363 <i>c</i>	97917 <i>a</i>
54-03	2497 <i>abc</i>	96646 <i>bc</i>	2455 <i>bc</i>	98646 <i>a</i>
55-04	2701 <i>ab</i>	99250 <i>bc</i>	2629 <i>a</i>	95729 <i>a</i>

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $P<0.01$ )

## SONUÇ

Çiçeklenme tarihleri 2015 yılında 19 Mart ile 24 Nisan, 2016 yılında 4 Mart ile 6 Nisan arasında gözlenmiştir. Çiçeklenme tarihleri yıllara göre farklılık göstermiş, 2016 yılında 15 gün daha erken başlamış ve daha kısa bir sürede gerçekleşmiştir. Ayrıca genotipler arasında da farklılıklar tespit edilmiş, 52 18 nolu genotip her iki yılda da en erken, 08 02 nolu genotip ise en geç çiçeklenmiştir.

Meyve çeşit ve genotiplerinde çiçek tozu kalitesi, canlılık ve çimlenme oranlarının yüksek olması ıslah materyali ve iyi bir tozlayıcı için ana göstergelerden biridir. Karayemiş genotiplerinde belirlenen çiçek tozu canlılık ve çimlenme oranları birbirleri ile uyumlu olmuştur. Optimum canlılık ve çimlenme oranları tüm

genotiplerde %90'na ulaşmıştır. Bu materyal içerisinde, çiçek tozu kalitesinin yüksek olması ıslah çalışmasına olumlu yönde katkı sağlayacaktır.

Bu çalışma karayemiş genotipleri üzerinde dölleme biyolojisi konusunda yapılan ilk çalışma olduğundan özgün bir değere sahiptir. Ülkemiz karayemiş yetiştiriciliği açısından önemli bir bilimsel veri ve ileride yapılacak çalışmalar için de temel bir kaynak oluşturmaktadır. Polinasyon kontrolü yoluyla yapılacak ıslah çalışmalarında, ıslah tekniklerinin uygulanmasında destek olacak ve ayrıca meyvecilikte dölleme biyolojisi konularında temel verilere katkı sağlayacaktır.

Karayemişte genellikle meyve tutumu problemleri ve şiddetli meyve dökümleri ile karşılaşmaktadır. Öyle ki neredeyse meyvesiz salkım ve/veya sürgünler de ortaya çıkmaktadır. Bu durum ilkbahar çiçeklenme dönemindeki don zararına bağlı olmakla birlikte, tozlanma noksanlığı ve eşeyssel uyumsuzluğun meyve tutumu üzerine olumsuz etki edebileceği de göz ardı edilmemelidir. Islah çalışmalarında verim ve kalite özelliklerinin yanında, geç çiçeklenme özelliği ve eşeyssel uyumsuzluk ile ilgili konulara da öncelik ve ağırlık verilmesi yararlı olacaktır.

### ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazar olarak makalenin planlanması, yürütülmesi ve yazılması konusunda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederim.

### YAZAR KATKISI

Çalışmanın planlanması, yürütülmesi ve yazımı danışman Prof. Dr. Neriman BEYHAN ve Yüksek Lisans Öğrencisi Ayşegül FAT tarafından gerçekleştirilmiştir. Giresun Fındık Araştırma Enstitüsü'nden örneklerin toplanması ve yine aynı enstitüde yapılan laboratuvar çalışmalarında Doç. Dr. Hüseyin İrfan BALIK'ın katkıları olmuştur.

### KAYNAKLAR

- Balık, H. İ. (2018). *Fındıkta kseni ve metakseni üzerine araştırmalar* [Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi] <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Beyhan, N. (1993). *Bazı önemli fındık çeşitlerinin çiçek gelişim safhaları ve çiçek biyolojileri üzerinde bir araştırma* [Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Beyhan, N., & Serdar, Ü. (2008). Assessment of pollen viability and germinability in some European chestnut genotypes (*Castanea sativa* Mill.). *Horticultural Science*, 35(4), 171-178. <https://doi.org/10.17221/23/2008-HORTSCI>
- Beyhan, N., & Serdar, Ü. (2009). In vitro pollen germination and tube growth of some European chestnut genotypes (*Castanea sativa* Mill.). *Fruits*, 64(3), 157-165. <http://dx.doi.org/10.1051/fruits/2009011>
- Beyhan, N., & Karakaş, B. (2009). Investigation of the fertilization biology of some sweet cherry cultivars grown in the Central Northern Anatolian Region of Turkey. *Scientia Horticulturae*, 121(3), 320-326. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.02.028>
- Beyhan, Ö. (2010). A Study on selection of promising native cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) genotypes from Sakarya, Turkey. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 20, 231-233. <https://www.thejaps.org.pk/docs/20-04-2010/Revised10-071-Final.pdf>
- Bostan, S. Z., & İslam, A. (2003). Trabzon'da yetiştirilen mahalli karayemiş (*Prunus laurocerasus* L.) tiplerinin pomolojik ve fenolojik özellikleri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 27-31.
- Cınbirtoğlu, Ş., Deveci, M., Sıralı, R. & Eşe, H. (2016). Karayemiş (*Laurocerasus officinalis* R.) Bitkisine Ait Polenlerin Bazı Morfolojik ve Biyokimyasal Özellikleri. 5<sup>th</sup> International Vocational Schools Symposium, 18-20 May, UMYOS, 629-632. [silo.tips\\_5th-international-vocational-schools-symposium-prizren-may-2016.pdf](https://www.silo.tips_5th-international-vocational-schools-symposium-prizren-may-2016.pdf)
- Ergüney, E. (2013). *Karayemiş tozunun fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi* [Yüksek Lisans Tezi], İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Eti, S. (1990). Çiçek tozu miktarını belirlemede kullanılan pratik bir yöntem. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(1), 49-58.

- Eti, S. (1991). Bazı meyve tür ve çeşitlerinde değişik *in vitro* testler yardımıyla çiçek tozu canlılık ve çimlenme yeteneklerinin belirlenmesi. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6, 69-80.
- Horvath, A., Orosz-Kovacs, Z., Suranyi, D., Erdos, Z., Gulyas, S., Farkase, A., & Roka, K. (2000). Pollen viability of "Besztercei plum" clones depending on the effect on the year. *International Journal of Horticultural Science*, 6(3), 115-121. <https://doi.org/10.31421/IJHS/6/3/112>
- İslam, A. (2002). 'Kiraz' cherry laurel (*Prunus laurocerasus*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 30, 301-302. <https://doi.org/10.1080/01140671.2002.9514227>
- İslam, A., & Deligöz, H. (2012). Ordu İlinde karayemiş (*Prunus laurocerasus* L.) seleksiyonu. *Akademik Ziraat Dergisi*, 1 (1), 37-44. <https://doi.org/10.29278/azd.132750>
- İslam, A., Karakaya, O., Gün, S., Karagöl, S., & Öztürk, B. (2020). Seçilmiş karayemiş genotiplerinin meyve özellikleri ile biyokimyasal bileşiklerin karakterizasyonu, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 57(1), 105-110. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.601390>
- Karabıyık, Ş., & Eti, S. (2015). Farklı yenidoğuşya çeşitlerinin değişik çiçeklenme dönemlerinde çiçek tozu canlılık ve çimlenme düzeyleri ile üretim miktarlarının belirlenmesi. *Meyve Bilimi*, 2(1), 42-48.
- Kocaman, B., Demirsoy, L., & Beyhan, N. (2012, Ekim 3-5). Bazı Böğürtlen Çeşitlerinde Çiçek Tozu Canlılık ve Çimlenme Düzeyleri ile Çiçek Tozu Üretim Miktarlarının Belirlenmesi [Poster Bildiri]. IV. Ulusal Üzümşü Meyveler Sempozyumu, Türkiye.
- Macit, İ., & Demirsoy, H. (2012). New promising cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) genotypes in Turkey. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 18 (1), 77-82. <https://www.agrojournal.org/18/01-10-12.pdf>
- Mert, C. (2009). Temperature responses of pollen germination in walnut (*Juglans regia* L.). *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 3(8), 37-43.
- Novara, C., Ascari, L., Morgia, V., Reale, L., Genre, A., & Siniscalco, C. (2017). Viability and germinability in long term storage of *Corylus avellana* pollen. *Scientia Horticulturae*, 214, 295-303. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.11.042>
- Nyeki, J., & Buban, T. (1996). Pollination and fertilization. J. Nyeki & M. Soltesz (Eds.), *Floral biology of temperate zone fruit trees and small fruits* (pp. 153-184), Akademiai Kiado, Budapest.
- Paydaş, S., Eti, S., Derin, K., & Yaşa, E. (1998). Investigations on the finding of effective pollinator(s) for Taurus sweet cherries. *Acta Horticulturae*, 468, 583-590.
- Stanley, R. G., & Linskens, H. F. (1985). *Pollen biologie, biochemie gewinnung und verwendung*. Urs Freund Verlag Freifenberg- Ammerse.
- Stösser, R., Hartman, W., & Anvari, S. F. (1996). General aspects of pollination and fertilization of pome and stone fruits. *Acta Horticulturae*, 423, 15-22.
- Sütyemez, M., & Eti, S. (1995). Bazı kiraz çeşitlerinde çiçek tozu kalitesi ve üretim miktarlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11 (2), 183-196.
- Sülüşoğlu, M., & Çavuşoğlu, A. (2014a). Pollination biology of cherry laurel and pollenizer effects on fruit set and fruit characteristics. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarm Bilimleri Dergisi*, 24(3), 280-289. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.236262>
- Sülüşoğlu, M., & Çavuşoğlu, A. (2014b). In vitro pollen viability and pollen germination in cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.). *The Scientific World Journal*, 2014, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2014/657123>
- Wang, X., Gong, J. Z., Li, Q. J., Wang, J. R., Ma, Y. P., Zhang, X. H., Chang, Z. Y., Wen, J & Zhao, L. (2019). Floral organogenesis of *Prunus laurocerasus* and *P. serotina* and its significance for the systematics of the genus and androecium diversity in Rosaceae. *Botany*, 97(1), 71-84. <https://doi.org/10.1139/cjb-2018-0026>
- Taylor, L. P., & Hepler, P. K. (1997). Pollen germination and tube growth. *Annual Review of Plant Biology*, 48(1), 461-491. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.48.1.461>



# Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi

## International Journal of Agriculture and Wildlife Science

2022, 8(2): 179 – 196, doi: 10.24180/ijaws.1073061



### Current Status and the Last Locations of Turkey's Native *Buxus* species (*Buxus sempervirens* L. and *Buxus balearica* Lam.) Under Threats

Türkiye'nin Tehdit Altındaki Doğal Şimşirlerinin (*Buxus sempervirens* L. ve *Buxus balearica* Lam.) Mevcut Durumu ve Kalan Son Lokasyonlar

Ömer Sarı<sup>1</sup> , Fisun Gürsel Çelikel<sup>2</sup> , Halil Yaşar<sup>3</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 14.02.2022

Kabul Tarihi (Accepted): 03.06.2022

Yayın Tarihi (Published): 22.08.2022

**Abstract:** We investigated the current status and the last locations of Turkey's native *Buxus* species under threats especially with boxwood moth (*Cydalima perspectalis*) in detail throughout the country for the first time. Within the scope of the studies, detailed field and survey studies were carried out to determine the latest status of existing boxwood existence in regions and provinces. The study was carried out in 26 (the existence of boxwood is definitely 23 provinces, 3 provinces are thought to be boxwood) provinces. According to the results obtained from field studies conducted in 23 provinces, 59 districts and 195 locations for which boxwood presence information was obtained, it was determined that boxwood remained in 29 locations in 15 provinces and 23 districts. With these results, it was determined that Turkey's boxwood presence has decreased by 85%, and only 15% of the presence of boxwood remains. Due to the continuing effect of the boxwood moth, it is under serious threat in the remaining locations. The last remaining locations of Turkey's native *Buxus* species under threats were determined and described in this first pioneering research study on this matter. We suggest urgent studies for the protection of boxwood genetic resources in Turkey.

**Keywords:** *B. sempervirens*, *B. balearica*, extinction, native locations, threats, Turkey's flora

&

**Özet:** Türkiye'nin doğal şimşir türlerinin özellikle şimşir güvesi (*Cydalima perspectalis*) tehdidi altındaki mevcut durumu ve son lokasyonları ilk kez ülke genelinde detaylı olarak araştırılmıştır. Çalışmalar kapsamında bölge ve illerdeki mevcut şimşir mevcudiyetinin son durumunun tespiti için detaylı arazi ve etüt çalışmaları yapılmıştır. Çalışma 26 (şimşir mevcudiyetinin kesin olarak bilindiği 23 il ve var olduğu düşünülen 3 ilde) ilde gerçekleştirilmiştir. Şimşir mevcudiyeti bilgisi alınan 23 il, 59 ilçe ve 195 lokasyonda yapılan saha çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre, şimşirin 15 il ve 23 ilçede 29 lokasyonda kaldığı belirlenmiştir. Bu sonuçlarla Türkiye'nin şimşir mevcudiyetinin %85 oranında azaldığı ve sadece %15'inin kaldığı tespit edilmiştir. Şimşir güvesinin etkisinin devam etmesi nedeniyle kalan yerlerde ciddi tehdit altındadır. Şimşirler konusundaki bu ilk öncü araştırma çalışmasında, Türkiye'nin tehdit altındaki doğal şimşir türlerinin kalan son lokasyonları ve mevcut durumu tespit edilmiş ve açıklanmıştır. Türkiye'de şimşir genetik kaynaklarının korunması için acil çalışmalar yapılmasını öneriyoruz.

**Anahtar Kelimeler:** *B. sempervirens*, *B. balearica*, yok olma, doğal lokasyonlar, tehditler, Türkiye florası

**Atıf/Cite as:** Sarı, Ö., Çelikel, F. G. & Yaşar, H. (2022). Current Status and the Last Locations of Turkey's Native *Buxus* species (*Buxus sempervirens* L. and *Buxus balearica* Lam.) Under Threats. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 8 (2), 179-196. DOI: 10.24180/ijaws.1073061

**İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijaws>

Copyright © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Dr. Ömer SARI, Black Sea Agricultural Research Institute, Department of Horticulture, omer.sari@tarimorman.gov.tr (Sorumlu Yazar / Corresponding author)

<sup>2</sup> Prof. Dr. Fisun Gürsel ÇELİKEL, Ondokuz Mayıs University, Department of Horticulture, fgcelikel@omu.edu.tr

<sup>3</sup> Halil YAŞAR, Alata Horticultural Research Institute, Department of Horticulture, halil.yasar@tarimorman.gov.tr

## INTRODUCTION

Boxwood plants are used as ornamental plants and for different purposes. In the past, boxwood had a wide range of uses in industry, such as making household items, ornaments, parts of agricultural tools, machine parts, optical and surgical instruments, and making various containers. Today, although the trade of boxwood wood has decreased compared to the past, its use continues in some areas, especially for sculpture and musical instrument making (Richter, 1988; Baytop, 1999; Türkyılmaz, 2004). In addition, its durable and showy green leaves are used in various ceremonies and festivals (Record and Garrat, 1925; Gottwald, 1958; Brondegard, 1992). The boxwood trade in Europe reached its peak between 1860 and 1910. In this period, it reached a processing amount of over 10.000 tons. However, the rapid depletion of large and high-quality boxwood populations in the Caucasus, Turkey and Iran, the most important supply region, has caused a sharp decline in the trade volume of boxwood (Gottwald, 1958). Due to the presence of volatile alkaloids in different parts of boxwood, it has also been used in the treatment of some diseases in alternative medicine (Akkemik and Kaya, 1998; Baytop, 1999). In many regions of Turkey where boxwood is widespread, making spoons and ornaments from boxwood wood has continued as an economic activity from past to present. Apart from these uses, the most important use of boxwood today is their use as ornamental plants due to their ostentatious structures. Boxwoods are used as hedges, potted plants and for various decorative purposes. Its shoots are used as green filling in floriculture. Boxwood is heavily preferred in parks and gardens because it does not shed leaves in winter, has the ability to shoot, has a beautiful appearance and can adapt to different environments (Larson, 1996; Sarı and Çelikel, 2019; Sarı and Çelikel, 2021).

According to the records of The Plant List (2013), 104 accepted species of boxwood are distributed worldwide. The *Buxus* genus can grow in a wide ecological area and even above 3000 m altitude. *Buxus* species are distributed among five major geographical regions. It includes Europe, the Mediterranean basin and the Middle East, China, Japan, Korea, Malaysia and the Philippines, Africa, the Caribbean Islands, Mexico and South America, India, the northwestern Himalayas and the former Soviet Union regions. The only area where *Buxus* is not native is North America and Australia (Larson, 1996).

*Buxus* species are distributed in both open and forest areas (rocky areas, broad-leaved, deciduous and evergreen forests) along river beds, slopes and moist valleys or basins in Turkey. According to Davis (1982) two species of *Buxus* spp. naturally occur in Turkey. These are Anatolian boxwood (*B. sempervirens*) and Spanish boxwood (*B. balearica*). *Buxus* spp. distributed in the flora of Turkey. In order to determine the species and their locations, new locations were determined in addition to the locations determined by previous researchers (Aytuğ, 1984; Davis, 1982; Korkmaz and Engin, 2001; Avcı and Özhatay, 2005). According to the results of the study, in the provinces of Artvin, Rize, Trabzon, Giresun, Ordu, Sinop, Kastamonu, Zonguldak, Bartın, Karabük, Düzce and Bolu in the Black Sea Region, in the provinces of Sakarya, Kocaeli, Istanbul, Bursa and Bilecik in the Marmara Region and in the provinces of Kahramanmaraş, Adana, Osmaniye, Hatay and Antalya in the Mediterranean Region studies were carried out. In these studies new boxwood locations were determined in addition to the existing boxwood locations. Of these locations, only *B. balearica* species is distributed in Adana and Antalya locations, while both species are distributed in Hatay (Sarı, 2021; Sarı and Çelikel, 2021).

*B. sempervirens* L. is mostly a 1-2 m tall shrub, sometimes a 15 m tall tree. The leaves are short-stalked, long-ovoid, full-edged, leathery and poisonous. The upper surface is bright green, the lower surface is hairy and yellowish light green along the veins. The length of the leaves can be 1.5-3.5 cm, and the width can be 0.5-1.5 cm. Young shoots are 4-cornered. They usually bloom from March to April. Male and female parts are on the same flower. Each flower has 4 yellow colored stamens and the longer female stamens. The female organ ovary has 3 eyes. There are 6 seeds in a capsule. Its seeds are 5-6 mm long, 3-angled, dark brown in color and shiny (Davis, 1982; Köhler, 2007). *Buxus balearica* is an evergreen, mostly shrub form, which is endemic to the Mediterranean Basin, generally spreading on rocks (La'zaro, 2005). *B. balearica* differs from *B. sempervirens* L. in that it has adapted to the long summer drought, which is the main characteristic of the Mediterranean climate. It does not exceed 4-5 m in length. Its leaves are long, egg-shaped and usually lanceolate, 2.5-5 cm long, 1-1.5 cm wide. The ends of the leaves, which are light green on both sides, are

rounded or slightly notched. Its shoots are hairless. It blooms from late February to May (La'zaro and Traveset, 2005) and grows naturally up to 900 m high (Davis, 1982; Blanca et al., 1999; Köhler, 2007).

Boxwood plants have faced to the threat of extinction in recent years both in the world and in Turkey due to the destruction mostly caused mostly by some pests and diseases. Boxwood moth (*Cydalima perspectalis*), a pest native to East Asia (Inoue, 1982), has caused significant damage to natural and landscape boxwood locations in Europe, the Caucasus and Turkey since 2006. Its spread has been by the transportation of the eggs of the pest between regions and countries during commercial activities. The pest that was seen in Europe in 2006 (Krüger, 2008) entered the North Caucasus basin with the imported boxwoods for the 2012 Sochi Winter Olympics. It spread throughout the Caucasus, Georgia and spread to Artvin. Later, all Black Sea Region and Marmara Region boxwood locations were affected (Sarı ve Çelikel, 2021). In addition, Ak et al. (2021) reported that moth is also seen in the Mediterranean Region.

With this study, some field studies were carried out to reveal the current situation of boxwoods in Turkey as well as to take plant samples under protection and propagation. *Buxus* spp. it was aimed to collect the species and populations by determining their distribution areas and to preserve the collected material by converting it into a gene pool. In addition, the extent of the damage caused by diseases and pests on the locations has been tried to be revealed.

## MATERIAL AND METHOD

### Data Collection and Study Area

Two species of boxwood (*B. sempervirens* and *B. balearica*) distributed in Turkey were used as plant material (Figure 1).



Figure 1. *B. sempervirens* (a) and *B. balearica* (b) shoots  
Şekil 1. *B. sempervirens* (a) ve *B. balearica* (b) sürgünü

In the study the first activity to determine the locations of the boxwood species of the Turkish flora was the examination of previous studies on this subject. Within the scope of these studies; Basic sources such as Flora of Turkey (Davis, 1982), Red Book of Plants of Turkey (Ekim et al., 2000), 122 Important Plant Areas of Turkey (Özhatay et al., 2005), as well as researches and theses on boxwood, newspaper articles were examined, information was compiled from local people and spoon and wood craftsmen. Davis (1982) reported that *B. sempervirens* L. is distributed in Kocaeli, Bolu, Zonguldak, Kastamonu, Trabzon, Rize, Artvin, Denizli and Kahramanmaraş and *B. balearica* Lam. is distributed in Antalya, Adana and Hatay provinces. In addition, the locations reported by Aytuğ (1984) are the same as the locations reported by Davis (1982), except for Denizli province. Also, Korkmaz and Engin (2001) reported that there is a boxwood location at 300 m in the western part of the Kepez valley, in the Durağan district of Sinop province. In addition to these locations previously determined by the researchers, information was collected by creating an information collection form for the determination of new locations and sending it to sub-units and National Park Directorates through the Regional Directorates of Forestry in the Black Sea, Marmara, Aegean and Mediterranean Regions. 21 responses were received from the institutions. Of these forms, the

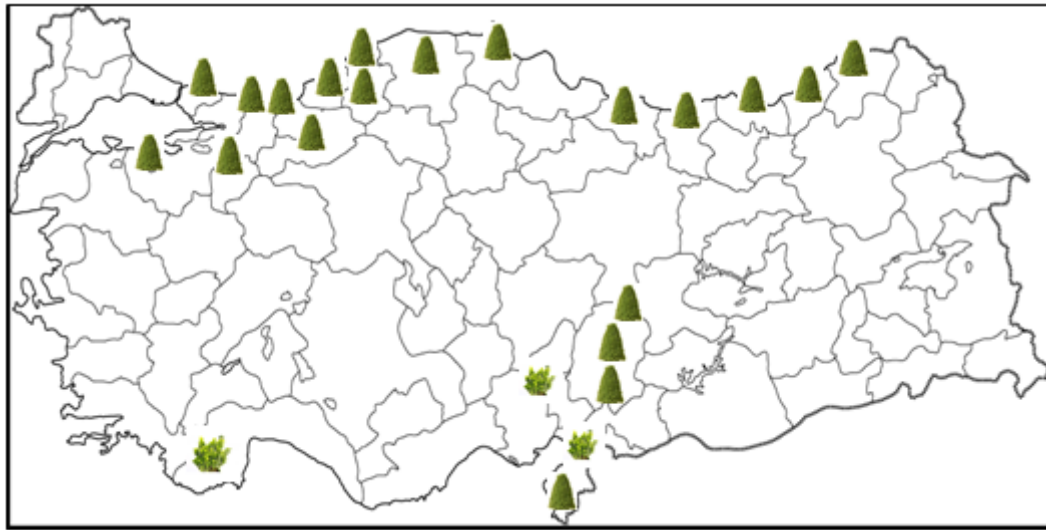


answer was that there were no plants in 8 forms. With the information obtained from these forms, the information about the distribution of boxwood in Turkey was obtained in 15 provinces, 42 districts and 177 locations. When the information obtained from the forms is combined with other research studies, it was that there are boxwoods in 23 provinces, 59 districts and 195 locations throughout the country (Figure 2). The provinces in which the presence of boxwood is detected are given in Table 1 the field program was created by evaluating the information obtained.

**Table 1.** Regions and provinces with boxwood presence.

Çizelge 1. Şimşir varlığı tespit edilen bölge ve iller.

Regions	Provinces
Black Sea Region	Artvin, Rize, Trabzon, Giresun, Ordu, Samsun, Sinop, Kastamonu Zonguldak, Bartın, Karabük, Düzce, Bolu
Marmara Region	Sakarya, Kocaeli, İstanbul, Bursa, Bilecik
Mediterranean Region	Kahramanmaraş, Adana, Osmaniye, Hatay, Antalya



 *B. sempervirens*       *B. balearica*

**Figure 2.** Distribution areas of boxwood in Turkey.

Şekil 2. Türkiye’de şimşir yayılış alanları.

Among these locations, only *B. balearica* species is distributed in Adana and Antalya locations, while both species are distributed in Hatay province. In addition to these locations, the study was conducted in Gümüşhane, Denizli and Muğla. Within the scope of the whole study, field studies were carried out in 25 provinces. Within the scope of the studies of scanning the flora of Turkey, taking plant material (cuttings) and determining the status of the population and photographing the plants.

Plant sampling from the field was carried out throughout the year mainly in autumn. During the study, observations were made about the condition of the population studied. Determining the coordinates and altitude of the sample point with a GPS device. It was recorded with information about the place and time of collection. One of the examinations made during the field studies carried out is to determine the damage caused by the boxwood moth (*Cydalima perspectalis*). In this context, the extent of the damage suffered by the populations during field studies was tried to be revealed in all locations.

Within the scope of this project, approximately 190 types of *B. sempervirens* species and 15 types of *B. balearica* collected during field studies were collected. During the whole study, a total of 20000 km has been travelled.

## RESULTS AND DISCUSSION

### *Last remaining locations of boxwood in the Black Sea Region*

#### *Artvin*

*B. sempervirens* species is widespread in Artvin. In the location studies, the districts of Artvin were surveyed. It was determined that quite a few boxwoods (1-3 m tall) remained in the National Park at 550 altitude and 41°11'20.43" N, 41°44'33.36" E coordinates in the Hatila Valley National Park. Samples of these remaining boxwoods were taken and reproduced. In studies carried out in other districts of Artvin, it was determined that the boxwood locations are completely dry (due to the effect of *C. perspectalis*) and there is no greening again. It was determined that the last boxwoods, which have been severely damaged by the pests, are in danger of extinction in the national park (Figure 3; Table 1).

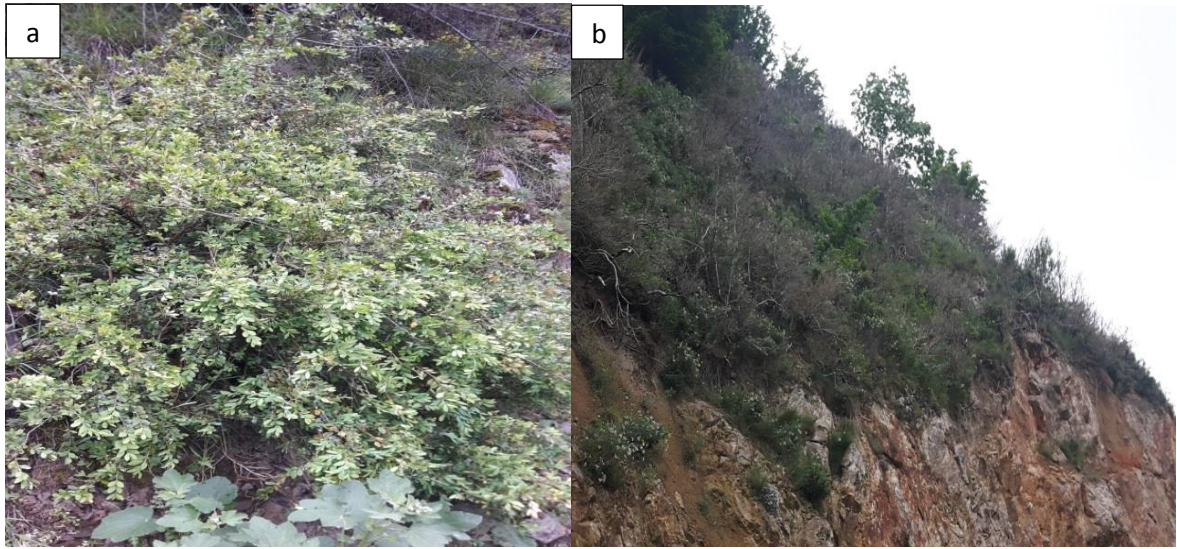
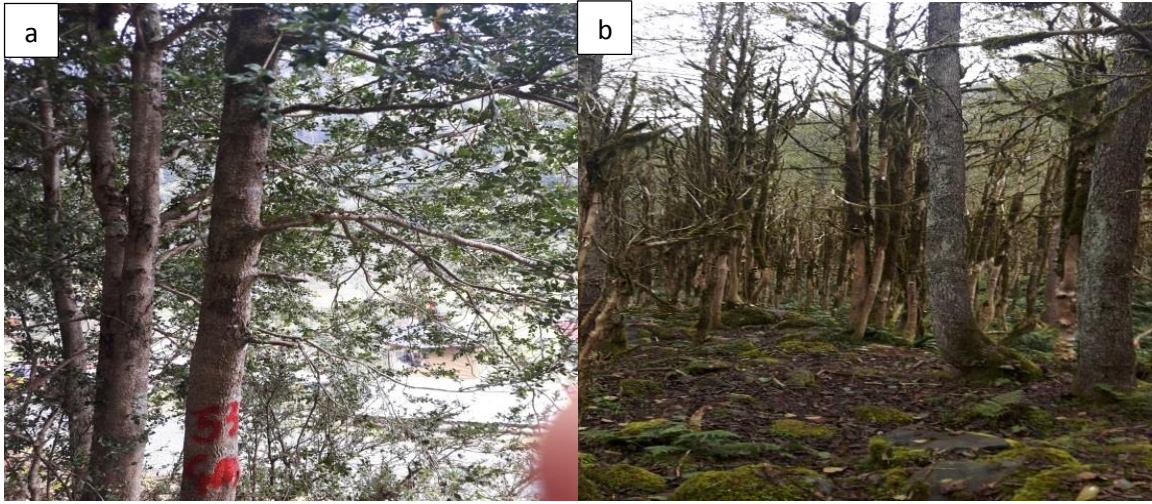


Figure 3. Views of boxwood locations in Artvin province (a: boxwood remaining green, b: drying boxwood area).

Şekil 3. Artvin ilinde şimşir lokasyonlarının görünümü (a: yeşil kalan şimşirler, b: kuruyan şimşirlik alan).

#### *Rize*

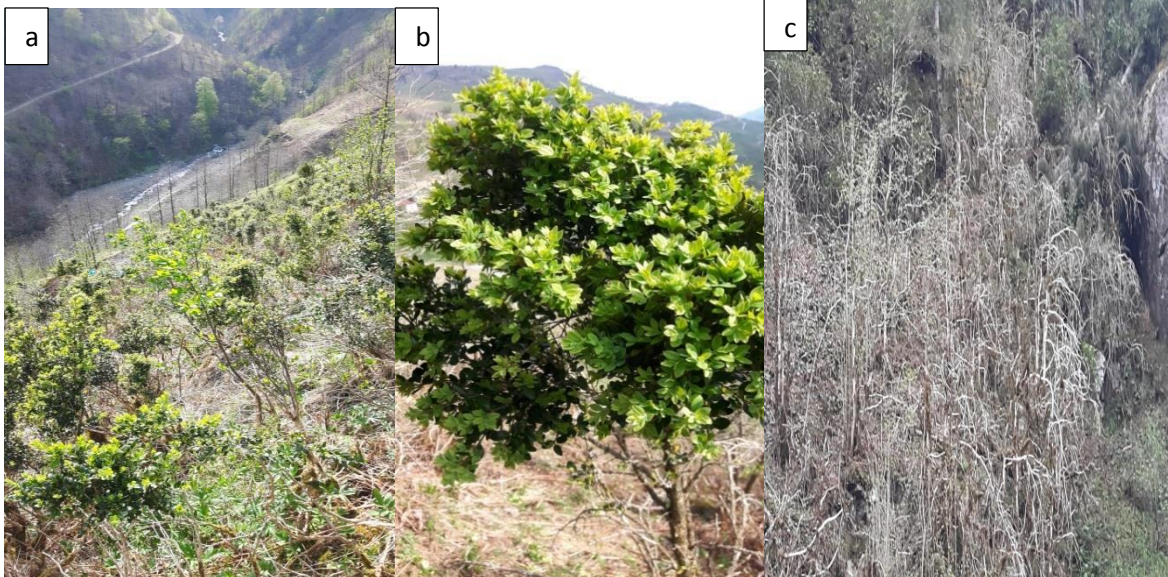
*B. sempervirens* species is widespread in Rize. In the location studies, the districts of Rize were surveyed. In the village of Zilkale Meyadan in Çamlıhemşin district, at an altitude of 1050, it was determined that quite a few boxwood trees remained along the road at 40°53'50.23" N 40°56'33.04" E coordinates. There is a very large boxwood forest in the location. This forest between the road and the stream is covered with old boxwood trees. However, the forest dried up due to the effects of pests (*C. perspectalis*). Information has been obtained from various sources that some studies have been carried out on this forest. However, studies were insufficient to save this forest. It was determined that there are very few boxwood trees left along the road at the edge of the forest. It was reproduced by taking samples from these boxwood trees. It was determined that the last boxwoods remaining in this location are in danger of extinction. Live boxwoods were not encountered in studies conducted in other locations (Figure 4; Table 1).



**Figure 4.** Views of boxwood locations in Rize province (a: boxwood remaining green, b: drying boxwood plants).  
Şekil 4. Rize ilinde şimşir lokasyonlarının görünümü (a: yeşil kalan şimşir, b: kuruyan şimşirlik alan).

### Trabzon

*B. sempervirens* species is widespread in Trabzon province. In the location studies, the districts of Trabzon were surveyed. Maçka district Şimşirli village at 1000-1080 altitude at 40°47'15.59" N, 39°43'49.97" E coordinates, Arsin district Çamlıkıyurt village at 1200 m altitude 40°42'34.07" N, 39°49'31.71" E, Araklı district Çamlıktepe village 1100-1200 m at 40°43'28.39" N, 40°00'56.06" E coordinates, Sürmene district, Yeniköy 620 m altitude, 40°46'33.37" N, 40°031'0.39" E coordinates, Hayrat district Yeniköy at 840 m altitude, 40°47'26.33" N, Boxwood forests were identified at 40°22'35.56" E coordinates and at an altitude of 1074 m in Köprübaşı district, Büyükdöğanlı village, at coordinates 40°43'33.92" N, 40°07'16.00" E. However, almost all of these forests are dried up (*C. perspectalis*). Only a very small number of boxwoods remaining at the altitudes above were found and cutting was taken from these boxwoods to reproduce. Among the Eastern Black Sea provinces, the province of Trabzon has come to the fore in terms of both the number of locations and the maintenance of the boxwood tree that survives (Figure 5; Table 1).

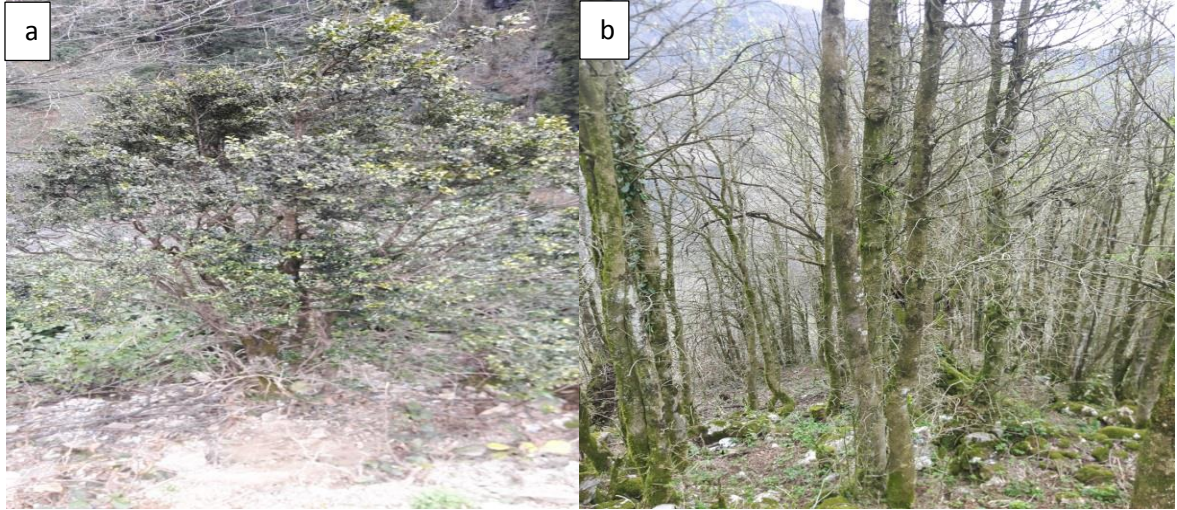


**Figure 5.** Views of boxwood locations in Trabzon province (a, b: boxwood remaining green, c: drying boxwood plants).

Şekil 5. Trabzon ilinde şimşir lokasyonlarının görünümü (a,b: yeşil kalan şimşirler, c: kuruyan şimşirlik alan).

### Giresun

In the province of Giresun, *B. sempervirens* species are widespread. In the location studies, the districts of Giresun were surveyed. It was determined that there is boxwood forest at altitudes of 980-1000 m and coordinates 40°37'47.64" N, 38°23'46.26" E in Dereli district Kuzalan Nature Park. Intense damage caused by pests (the effect of *C. perspectalis*) has been detected in this forest. This boxwood forest in the national park extends along the stream and goes down to Dereli district and lower altitudes. However, all boxwood plants except the national park have dried up. This situation is seen in the location as one goes up the stream. Yet another location was determined in Deregözü village of Doğankent district at an altitude of 40°45'25.76" N, 38°53'47.39" E at 1230 m. Again, other boxwood locations on this route were found to be completely dry. Other districts were examined, and it was observed that there were quite large boxwood forests including several villages in the region, but these forests were completely dry (Figure 6; Table 1).



**Figure 6.** Views of boxwood locations in Giresun province (a: boxwood remaining green, b: drying boxwood plants).  
Şekil 6. Giresun ilinde şimşir lokasyonlarının görünümü (a: yeşil kalan şimşirler, b: kuruyan şimşirlik alan).

### Ordu

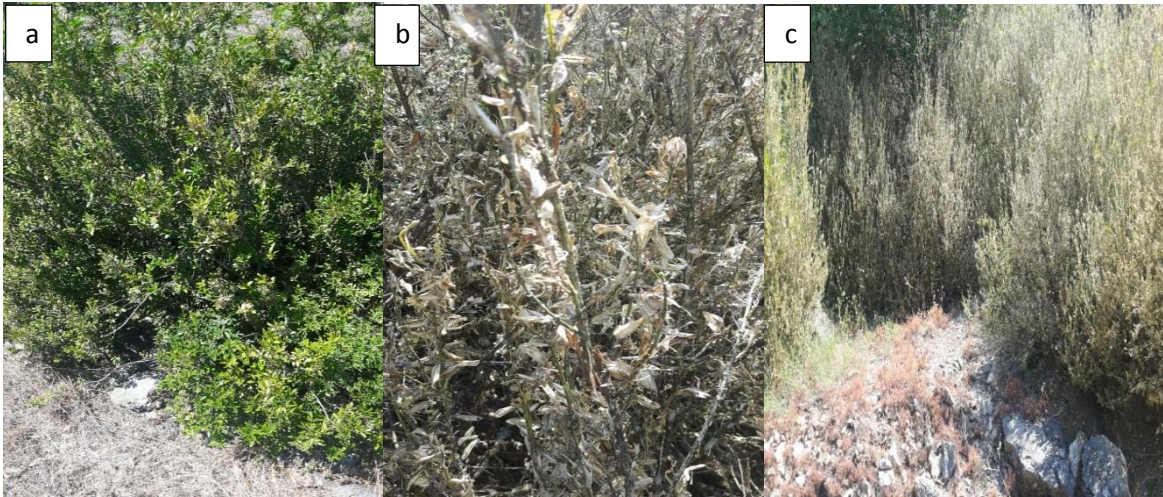
*B. sempervirens* species is widespread in Ordu province. In the location studies, the districts of Ordu were surveyed. Kuşnefek castle location in Kumru district, at an altitude of 730 m, spreads around and above the Kuşnefek castle hill at the coordinates of 40°51'44.84" N, 37°16'38.87" E. Its spread area is limited to the castle location. Boxwoods in this area spread out of the stream bed. For this reason, it is thought that boxwoods were brought to this area and proliferated in this area. The effect of the pest (*C. perspectalis*) is seen in the location. It was determined that the last boxwoods remaining in this location are also in danger of extinction. No live boxwoods were found in the studies carried out in other district locations. Other locations have completely dried up (Figure 7; Table 1).



**Figure 7.** Views of boxwood locations in Ordu province (a: boxwood remaining green, b: drying boxwood plants).  
Şekil 7. Ordu ilinde şimşir lokasyonlarının görünümü (a: yeşil kalan şimşirler, b: kuruyan şimşirlik alan).

### Sinop

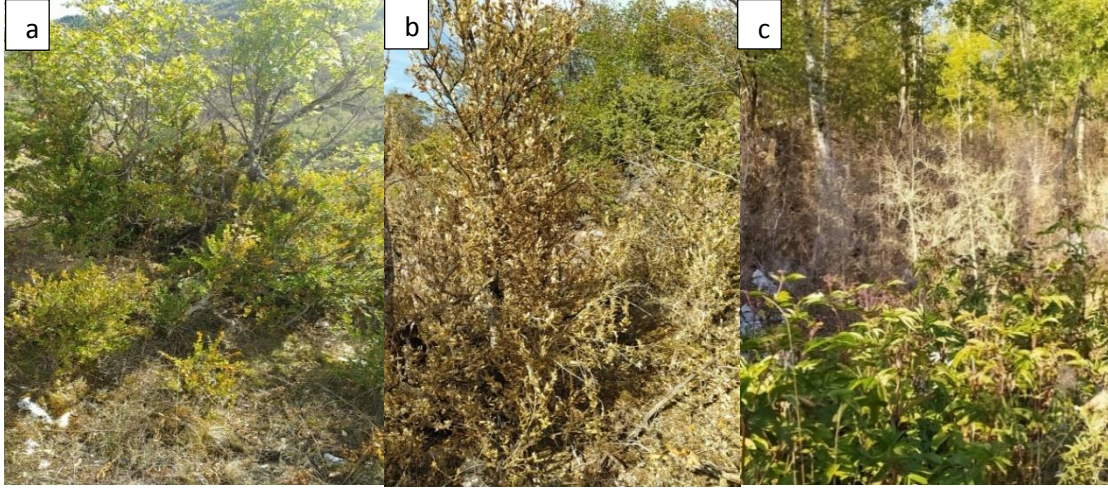
*B. sempervirens* species is widespread in the province of Sinop. In the location studies, the districts of Sinop were surveyed. It was determined that Durağan district, Güngören village has 400 m altitude, 41°21'07.36" N, 34°59'31.97" E coordinates boxwood forest. This boxwood was recorded as the healthiest and most diverse boxwood forest identified in the region in the first location determination study. However, during the visit made 2 months after the first location visit, it was determined that this forest dries up quite quickly, except for a small number of boxwood, due to pest (*C. perspectalis*) factors. Again in the Durağan district, in Boyabükü village, it was determined from the literature records that it is a small boxwood location at 790 m altitude, 41°17'13.80" N, 35°13'52.81" E coordinates and the location was visited. The location is not a stream bed but a hilly place. Since the hill resembles a place with a historical identity, it is thought that the boxwoods in this area also moved here and spread here. In this location, the symptoms of pests have been found. There is a danger that these two locations will disappear completely in a short time due to the diseases and pests in the locations (Figure 8; Table 1).



**Figure 8.** Views of boxwood locations in Sinop province (a: boxwood remaining green, b, c: drying boxwood plants).  
Şekil 8. Sinop ilinde şimşir lokasyonlarının görünümü (a: yeşil kalan şimşirler, b, c: kuruyan şimşirlik alan).

### Kastamonu

*B. sempervirens* species is widespread in Kastamonu province. In the location studies, the districts of Kastamonu were surveyed. Azdavay, 1035 m altitude, 41°35'59.17.14" N, 33°13' 55.52.34" E coordinates, the last green boxwoods in Kastamonu province were detected in this area. The Azdavay-Pınarbaşı road continues intermittently along the way to Pınarbaşı at the 5th km. However, its harmful effect (*C. perspectalis*) is also present in this forest and a large part of the forest has dried up. The impact of harmful continues. For this reason, it is very likely to disappear in this location. Living boxwoods were not found in other districts and within the Küre Mountains National Park, and it was determined that the boxwoods were completely dry (Figure 9; Table 1).



**Figure 9.** Views of boxwood locations in Kastamonu province (a: boxwood remaining green, b, c: drying boxwood plants).

Şekil 9. Kastamonu ilindeki şimşir lokasyonlarının görünümü (a: yeşil kalan şimşirler, b,c: kuruyan şimşirlik alan).

### Bolu

*B. sempervirens* species is widespread in Bolu province. In the location studies, the districts of Bolu were surveyed. Boxwoods spread over a wide area at 900-1010 m altitude, 40°28'19.25" N, 30°47'04.20" E coordinates, which is the intersection point of Göynük district Hisarözü, Değirmenözü and Hacımahmut villages, and covers the upper parts of these three villages. Boxwood forest is spread over a wide area. No harmful factors were found in the south-facing parts of the boxwoods in the location. However, symptoms of the pests (*C. perspectalis*) were seen in the north-facing parts, although they were not common. Boxwood locations in this area are therefore endangered. In addition, this forest is the last large living area in the Western Black Sea Region. No live boxwoods were found in studies conducted in other districts. Location is a priority conservation areas that need (Figure 10; Table 2).



Figure 10. Views of boxwood (*B. sempervirens*) locations in Bolu province.

Şekil 10. Bolu ilindeki şimşir (*B. sempervirens*) lokasyonlarının görünümü.

### Other locations

Studies were carried out in Düzce, Karabük, Zonguldak and Bartın locations in the region, but live boxwoods were not found. It was determined that boxwoods are drying (due to the influence of *C. perspectalis*).

Table 2. The last remaining locations of boxwoods in the Black Sea Region.

Tablo 2. Karadeniz Bölgesinde kalan son şimşir lokasyonları.

Province	District	Village/ location name	Altitude	Coordinate
Artvin	Center	Hatila Valley National Park	550	41°11'20.43" N 41°44'33.36" E
Rize	Çamlıhemşin	Zilkale Meydan village	1050	40°53'50.23" N 40°56'33.04" E
Tarbzon	Maçka	Şimşirliköy	1000-1080	40°47'15.5" N 39°43'49.97" E
	Arsin	Çalılıkurt	1200	40°42'34.07" N 39°49'31.71" E
	Araklı	Çamlıktepe	1100-1200	40°43'28.39" N 40°00'56.06" E
	Sürmene	Yeniköy	620	40°46'33.37" N 40°031'0.39" E
	Hayrat	Yeniköy	840	40°47'26.33" N 40°22'35.56" E
	Köprübaşı	Büyükdoğanlı	1074	40°43'33.92" N 40°07'16.00" E
Giresun	Dereli	Kuzalan Nature Park	980-1000	40°37'47.64" N 38°23'46.26" E
	Doğankent	Deregözü village	1230	40°45'25.76" N 38°53'47.39" E
Ordu	Kumru	Kuşnefek castle	730	40°51'44.84" N 37°16'38.87" E
Sinop	Durağan	Güngören	400	41°21'07.36" N 34°59'31.97" E
		Boyabükü	790	41°17'13.80" N 35°13'52.81" E
Bolu	Göynük	Hisarözü Değirmenözü Hacimahmut	900-1010	40°28'19.25" N 30°47'04.20" E
Kastamonu	Azdavay	Azdavay-Pınarbaşı road 5.km	1035	41°35'59.17.14"N 33°13'55.52.34"E

### The last locations of boxwood in the Marmara Region

#### Sakarya

*B. sempervirens* species are widespread in Sakarya. In the location studies, the districts of Sakarya were surveyed. Taraklı district Karagöl plateau, Kemaler, İçdedeler, Abdallar, Mahmudlar, at an altitude of 1130 m, at 40°30'26.50" N, 30°34'14.37" E coordinates, spreads over a wide area along the plateau entrance and the plateau and covers the upper parts of these three villages. No disease or harmful factors were found in the boxwoods in the location (Figure 11; Table 3).



Figure 11. Views of boxwood (*B. sempervirens*) locations in Sakarya province.

Şekil 11. Sakarya ilindeki şimşir (*B. sempervirens*) lokasyonlarının görünümü.

#### Bursa

*B. sempervirens* species is widespread in Bursa. In the location studies, the districts of Bursa were surveyed. Mustafa Kemal Pasha district, Çivilicam village, shows an altitude of 1066 m, at 39°54'09.34 "N, 28°42'59.53" E coordinates. No disease or harmful factors were found in the boxwoods in the location. Çivilicam village is considered to be an important transition location since it is the last remaining location in this region and includes different types. Therefore, its protection is very important (Figure 12; Table 3).



Figure 12. Views of boxwood (*B. sempervirens*) locations in Bursa province.

Şekil 12. Bursa ilindeki şimşir (*B. sempervirens*) lokasyonlarının görünümü.



**Other locations**

Studies were carried out in Bilecik, Kocaeli and Istanbul locations in the region, but no live boxwoods were found. It was determined that boxwoods are drying (Due to the influence of *C. perspectalis*) (Figure 13).



**Figure 13.** Views of the dried boxwood (*B. sempervirens*) locations in Bilecik province.

Şekil 13. Bilecik ilindeki kuruyan şimşir (*B. sempervirens*) lokasyonlarının görünümü.

**Table 3.** The last remaining locations of boxwoods in the Marmara Region.

Tablo 3. Marmara Bölgesinde kalan son şimşir lokasyonları.

Province	District	Village/ location name	Altitude	Coordinate
Bursa	Mustafa Kemal Paşa	Çivilicam village	1066	39°54'09.34"N 28°42'59.53"E
Sakarya	Taraklı	Karagöl plateau, Kemmaler, İçdedeler, Abdallar, Mahmudlar	1130	40°30'26.50"N 30°34'14.37"E

**The last locations of boxwood in the Mediterranean Region****Adana**

*B. balearica* species is distributed in Adana province. In the location studies of Adana were surveyed. It shows distribution in Feke district, on the Belenköy-Suphandere road, at an altitude of 900 m, at 37°52'32.65" N, 35°50'48.50" E coordinates. No disease or harmful factors were found in boxwoods in the location (Figure 14; Table 4).



**Figure 14.** Views of boxwood (*B. balearica*) location in Feke district of Adana province.

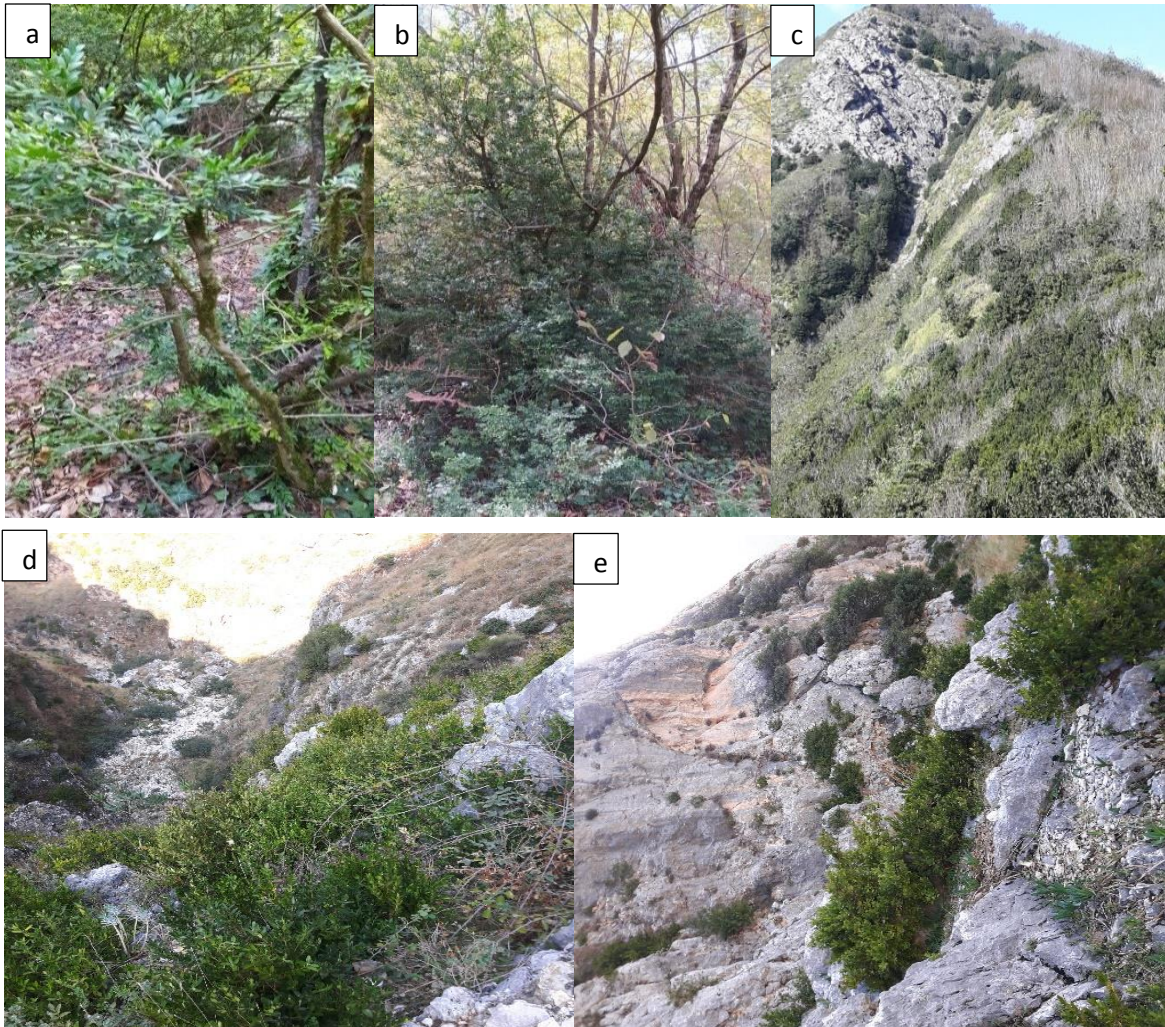
Şekil 14. Adana ili Feke ilçesindeki şimşir (*B. balearica*) lokasyonunun görünümü.

### Hatay

The province of Hatay is a location where both *B. sempervirens* and *B. balearica* species spread. In the location studies, the districts of Hatay were surveyed. Samandağı ileçsi Büyük oba village has a fairly large boxwood forest at altitudes of 750-1250 m, with its peak at 36°11'15.98" N, 35°55'55.18" E coordinates. This forest is very dense and healthy. No disease or harm was observed. However, at a later stage, it was determined that the boxwood moth reached this forest and caused damage.

The other area where *B. sempervirens* spread in the province of Hatay is Dörtöyl district. Between Dörtöyl and Erzin district, the Kozlu creek locality, 941 m altitude 36°14'13.73.94" N, 36°55'39.72.66" E coordinates were studied. This boxwood forest stretches from the stream bed to the mountain peak. However, the boxwood moth (*C. perspectalis*) was detected at this boxwood location. Approximately the boxwood moth was effective in 1/3 of the forest. This determination is the first one made in the Mediterranean Region during the studies. For this reason, boxwood moth seriously threatens the existence of boxwood in the Mediterranean Region after the Black Sea and Marmara Regions.

The other boxwood species *B. balearica*, which is distributed in the province of Hatay, is distributed in the area behind the Habib-i Neccar Mountain, Saint Pierre Church in the city center and are located in a very small location. Boxwoods found in this area are partially threatened by construction and tourism activities (Figure 15; Table 4).



**Figure 15.** Views of boxwood locations in Hatay province (a, b, c: *B. sempervirens*, d, e: *B. balearica*).  
Şekil 15. Hatay ilinde şimşir lokasyonlarının görünümü (a,b,c: *B. sempervirens*, d,e:*B. balearica*).

**Kahramanmaraş**

*B. sempervirens* species spread in Kahramanmaraş province. In the location studies, the districts of Kahramanmaraş were surveyed. It spreads in the mountainous area 3-4 km away from the district center in Andırın, at an altitude of 1325 m, at 37°33'46.71" N, 36°22'56.83" E coordinates. There is no road to reach the area, it is accessible by footpath. No disease or harmful factors were found in the boxwoods in the location (Figure 16; Table 4).



**Figure 16.** Views of boxwood locations in Kahramanmaraş province (*B. sempervirens*).

Şekil 16. Kahramanmaraş ilinde şimşir lokasyonlarının görünümü (*B. sempervirens*).

**Osmaniye**

*B. sempervirens* species spread in the province of Osmaniye. In the location studies, the districts of Osmaniye were surveyed. Düziçi district, Düldül Mountain spreads at altitudes of 1200-2100 m, 37°21'24.08" N, 36°28'14.05" E. the location was determined as the highest location (2100 m) reached by boxwoods (*B. sempervirens*) in terms of spreading height. No disease or harmful factors were found in the boxwoods in the location (Figure 17; Table 4).



**Figure 17.** Views of Düldül Mountain boxwood locations in Düziçi district of Osmaniye province (*B. sempervirens*).

Şekil 17. Osmaniye ili Düziçi ilçesi Düldül dağı şimşir lokasyonlarının görünümü (*B. sempervirens*).

### Antalya

*B. balearica* species is widespread in Antalya province. In the location studies, the districts of Antalya were surveyed. It was determined that it spreads from the Adrasan castle of Musa Mountain in Kumluca district to the summit of the mountain, at an altitude of 600-800 m, at 36°19'02.61" N, 30°28'01.11" E coordinates. No disease or pests were found in the boxwoods in the location, but it was observed that the boxwood population decreased considerably (Figure 18; Table 4).

**Table 4.** The last remaining locations of boxwoods in the Mediterranean Region.

Tablo 4. Akdeniz Bölgesinde kalan son şimşir lokasyonları.

Province	District	Village/ location name	Altitude	Coordinate
Adana	Feke	Between Belenköy and Suphandere	900	37°52'32.65" N 35°50'48.50" E
	Samandağ	Büyükoba village	725-1250	36°11'15.98" N 35°55'55.18" E
Hatay	Dörtyol	Kozludere location	930-1050	36°19'0.336" N 36°55'2.3556" E
	Merkez	Habib-i Neccar Mountain ( <i>B. balearica</i> )	180	36°12'34.00" N 36°10'58.14" E
Kahramanmaraş	Andırın	Mountainous area	1325	37°33'46.71" N 36°22'56.83" E
Osmaniye	Düziçi	Düldül mountain location	1300-2100	37°21'24.08" N 36°28'14.05" E
Antalya	Kumluca	Musa mountain (Adrasan castle) ( <i>B. balearica</i> )	600-800	36°19'02.61" N 30°28'01.11" E

Since the existence of boxwood is mentioned in various sources in the Mediterranean region, studies have also been carried out in Muğla, but the existence of boxwood has not been found. A maple tree of the plant known as boxwood has been identified in the region. Due to the fact that maple is used in wood carving and is mostly preferred for spoon making, it is named as boxwood among the people. Mixing of maple with boxwood is also common in Antalya and Kahramanmaraş.

Boxwood, which was an important plant for the people living in the states established in the Anatolian geography in the past, was also very important in the Ottoman period. It can be described as an industrial plant of the period, especially because of the features it had at that time. Today, with the advancement of technology and the change in preferences, it has lost its importance in Turkey. However, the importance of boxwood has not been lost in America and Europe and different areas of use have been developed (Mitchell et al., 2018). Especially as an ornamental plant, it was preserved its importance and value today. Due to the damage caused by diseases and pests in Turkey, boxwood has become the agenda again in recent years and its importance has begun to be understood. Boxwood locations in the provinces of Artvin, Rize, Trabzon, Giresun, Ordu, Sinop, Kastamonu, Bartın, Zonguldak, Karabük, Düzce and Bolu since 2011 in the Black Sea Region, and in the provinces of Sakarya, Bilecik, Izmit, Kocaeli and Istanbul in the Marmara Region, since 2011 very small areas remained. It was observed that the large boxwood forests, especially in the provinces of Rize and Giresun, have completely disappeared. Turkey national boxwood presence has decreased approximately by 90% especially in the Black Sea Region due to boxwood moth (Sarı and Çelikel, 2019). The fact that the boxwood moth was encountered during the project activities carried out in the boxwood forest in the Dörtyol district of Hatay province in the Mediterranean Region is an indication that the pest began to seriously threaten the Mediterranean Region after the Black Sea and Marmara Regions (Ak et al., 2021).



**Figure 18.** Views of boxwood locations in Antalya province (*B. balearica*).  
 Şekil 18. Antalya ilinde şimşir lokasyonunun görünümü (*B. balearica*).

Although researches on boxwoods have been carried out in different areas in the world, there are almost no studies on *B. sempervirens* and *B. balearica* in Turkey. There are no studies on the evaluation of naturally spreading boxwoods as ornamental plants. With this first and comprehensive study on boxwoods in Turkey, the current distribution areas of boxwoods and the latest status of their locations were revealed. Studies were carried out in all boxwood locations across the country.

According to the results obtained from field studies conducted in 23 provinces, 59 districts and 195 locations for which boxwood presence information was obtained, it was determined that boxwood remained in 29 locations in 15 provinces and 23 districts. When these results are evaluated regionally; it was determined that there are 17 boxwood (*B. sempervirens*) locations in 8 provinces and 14 districts in the Black Sea Region. The presence of boxwood (*B. sempervirens*) was determined in 5 locations in 2 provinces and 2 districts in the Marmara Region. In the Mediterranean Region, boxwood (3 locations *B. sempervirens*, 2 locations *B. balearica*) was detected in 7 locations in 5 provinces and 7 districts. The presence of boxwood was not found in the studies carried out in the Aegean Region. With these results, it was determined that Turkey's boxwood presence has decreased by 85%, and only 15% of the presence of boxwood remains. The effect of *C. perspectalis* continues. For this reason, this remaining boxwood existence is also under serious threat. In addition to the already known locations, new locations have been identified at the provincial level during this study.

In field studies, the plant materials were collected from the last remaining native boxwood locations throughout the country and they were propagated by vegetative cutting methods, therefore boxwood genetic resources were taken under protection.

Within the scope of the study, the national boxwood existence has been taken under protection to a great extent with the reproduction studies. The collection works of the project have been completed. Especially in the Black Sea Region, cuttings were taken and propagated from the last locations before the plants disappeared. Some locations that were propagated by cuttings were later invaded by the boxwood moth (*C. perspectalis*) and disappeared. For example, the location in the Durağan district of Sinop province was destroyed in a two-month period by the invasion of the boxwood moth. This extinction has shown that the boxwood moth is the main threat to boxwood forests. The boxwood moth spreads very rapidly and feeds on the leaves of the boxwood, causing the plant to dry out.

Many boxwood forests in the Black Sea Region have been in dry forest since 2011 and the spread of the boxwood moth continues rapidly. For this reason, forest losses continue rapidly. This situation was detected and recorded. In addition, it was determined that there are very old forests in the Western Black Sea, especially in Bartın, as in the Eastern Black Sea Region, where the presence of boxwood forests is quite

rich in Turkey. However, desiccation has reached the final stage in these forests, and some of them have completely dried up. There are three locations of *B. balearica* identified during the studies in Turkey and the boxwood presence in these locations has decreased considerably. No harmful effects have been reported in *B. balearica* locations. However, it was observed that the boxwood moth caused damage to *B. balearica* plants propagated by cutting. Similar to our findings, the Brua (2014) study reported that neither boxwood moth nor boxwood blight has yet reached the natural distribution areas of *B. balearica*, but the tests performed show that *B. balearica* is a suitable host for *C. perspectalis*.

These invasive species could indirectly cause ecological, social, cultural and religious changes due to the loss of Buxus. Buxus forests in Europe and the Caucasus are unique ecosystems that should be preserved. Interestingly, these ecosystems are rather poorly studied both ecologically and culturally (Mitchell et al., 2018). Also in Turkey although some local studies have been carried out for the protection of boxwood, these studies have been insufficient. There is no previous study on boxwoods naturally grown in the country. Although some local studies have been carried out for the protection of boxwood, these studies have been insufficient. There is no previous study on boxwoods naturally grown in the country. Therefore, this study is the first preliminary study in this context.

## CONCLUSION

As a result, boxwoods have their own unique distribution areas. It is very difficult to fight against diseases and pests by keeping these areas under control. Despite this hardship, it is very important that all kinds of struggles are made as soon as possible in order to protect our national boxwood existence. Considering the spread rate of the boxwood moth in the studies, it was seen that the most effective control against the boxwood moth is using some environmental friendly treatments. In addition, it is clear that biological control cannot keep up with the spreading rate of the boxwood moth with today's methods and will not show sufficient effect. The protection and reproduction of the last remaining boxwood locations, which are very valuable for Turkey, is another important issue. Within the scope of the project carried out for this purpose, studies are continuing to increase the materials obtained from nature in different types, to develop them for the ornamental plants sector as sustainable usage and lastly but certainly not the least to protect the national boxwood gene resources. In addition to these studies in progress, we suggest more research studies to contribute to the boxwood existence of Turkey for the future.

## CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that they have no conflict of interest.

## DECLARATION OF AUTHOR CONTRIBUTION

Ömer SARI: Methodology, Investigation, Conceptualization, Validation, Writing original draft. Fisun Gürsel ÇELİKEL: Methodology, Investigation, Conceptualization, Validation, Review and editing. Halil YAŞAR: Investigation and plant collection in the Mediterranean Region.

## ACKNOWLEDGMENT

This study was supported by the Republic of Turkey Ministry of Agriculture and Forestry General Directorate of Agricultural Research and Policies (Project No: TAGEM/BBAD/Ü/19/A1/P2/1071).

## REFERENCES



- Ak, K., Sarı, Ö., Altaş, K., & Yaşar, H. (2021). A new pest in the boxwood fields of Hatay province, *Cydalima perspectalis* (Walker 1859) (Lepidoptera: Crambidae). *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 22(1), 109-116. <https://doi.org/10.17474/artvinofd.893012>.
- Akkemik, Ü., & Kaya, Z. (1998). *Bartın yöresinde doğal olarak yetişen adi şimşir (Buxus sempervirens L.)'in morfolojik, anatomik ve palinolojik özellikleri*, Kasnak Meşesi ve Türkiye Florası Ulusal Sempozyumu.
- Avcı, M., Özhatay, N., 2005. *Doğu Karadeniz Dağları, Türkiye'nin 122 Önemli Bitki Alanı*, WWF
- Aytuğ, B. (1984). *Native stands of boxwood in modern Turkey*. The Boxwood Bulletin vol 23, no.4. Boxwood Workshop To Be Held in Charlottesville, Virginia.
- Baytop, T. (1999). *Türkiye'de bitkiler ile tedavi*, Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, 393-394.

- Blanca, G., Cabezudo, B., Hernández-Bermejo, J. E., Herrera, C. M., Molero Mesa, J., Muñoz, J., & Valdés, B. (1999). Libro rojo de la flora silvestre amenazada de Andalucía. I. Especies en peligro de extinción. Junta de Andalucía.
- Brondegard, V. J. (1992). *Box. Forest and Tree*, 47(2), 39.
- Brua, C. (2014). La pyrale du buis: le point sur cette espe`ce envahissante. *Phytoma-La De'fense des Ve'ge'taux*, 675, 16–22.
- Davis, (1982). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Volume Seven, Edinburgh at the University Pres, 22 George Sguare, Edinburgh.
- Gottwald, H. (1958). *Commercial timbers*. Ferdinand Holzmann Verlag, Hamburg.
- Inoue, H. (1982). Pyralidae. In H. Inoue, S. Sugi, H. Kuroko, S. Moriuti, & A. Kawabe, (Eds.), *Moths of Japan*, 307-404 (vol. 1), 223-254; pls 36-48, 228, 296-314 (vol. 2). Tokyo: Kodansha.
- Korkmaz, H., & Engin, A. (2001). The flora of the Boyabat (Sinop) dam and its environs. *Turkish Journal of Botany*, 25(6), 397-435.
- Köhler, E. (2007). *Buxaceae*. Flowering Plants Eudicots Springer, Berlin, Heidelberg.
- Krüger, E. O. (2008). *Glyphodes perspectalis* (Walker, 1859) – neu für die Fauna Europas (Lepidoptera: Crambidae). *Entomologische Zeitschrift* 118: 81 – 83)
- Larson, P. D. (1996). *Boxwood: its history, cultivation, propagation and descriptions*. Boyce, VA: Foliar Press VI.
- Lázaro, A. (2005). *Aspectos ecológicos y filogeográficos del relicto mediterráneo Buxus balearica en poblaciones insulares y continentales* [Á PhD thesis. Univ. de les Illes Balears-Majorca].
- Lázaro, A., & Traveset, A. (2005). Spatio-temporal variation in the pollination mode of *Buxus balearica* (Buxaceae), an ambophilous and selfing species: mainland-island comparison. *Ecography*, 28(5), 640-652. <https://doi.org/10.1111/j.2005.0906-7590.04228.x>
- Mitchell, R., Chitanava, S., Dbar, R., Kramarets, V., Lehtija`rvi, A., Matchutadze, I., Mamardashvili, G., Matsiakh, I., Nacambo, S., Papazova-Anakieva, I., Sathyapala, S., Tuniyev, B., Ve'tek, G., Zukhbaia, M., & Kenis, M. (2018). Identifying the ecological and societal consequences of a decline in *Buxus* forests in Europe and the Caucasus. *Biological Invasions*, 20(12), 3605-3620. <https://doi.org/10.1007/s10530-018-1799-8>
- Record, S. J. & Garrat, A. G. (1925). *Boxwoods*. Yale University, School of Forestry Bulletin No. 14, New Haven.
- Richter, H. G. (1988). Holz als Rohstoff für den Musikinstrumentenbau.
- Sarı, Ö. (2021). *Türkiye'nin Şimşirleri (Buxus sempervirens ve Buxus balearica) ve Mevcut Durum Raporu*, s. 27.
- Sarı, Ö., & Çelikel, F. G. (2019). *Turkey's Boxwoods (Buxus sempervirens and Buxus balearica) and Current Threats*, I. International Ornamental Plants Congress-VII.Süs Bitkileri Kongresi, Bursa, Türkiye.
- Sarı, Ö., & Çelikel, F. G. (2021). Boxwoods in The world and Turkey. In İ. Cengizer, S. Duman (Ed.), *Research & reviews in agriculture, forestry and aquaculture sciences – II*, (76-99 ss), Gece Kitaplığı.
- The Plant List, (2013). Version 1.1. Published on the Internet; <http://www.theplantlist.org/> (Access date: October 10, 2021). Türkiye, İstanbul, 123–128.
- Türkyılmaz, E. (2004). *Şimşir (Buxus sempervirens L.) odununun bazı morfolojik ve fiziksel özellikleri*, V. Ulusal Orman Fakülteleri Öğrenci Kongresi, Bildiriler Kitabı, 2.Cilt-Orman Endüstri Mühendisliği, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon.



## Yenilebilir Kaplama Uygulamalarının Trabzon Hurması (*Diospyros kaki* L.) Muhafazasına Etkileri

Effects of Edible Coating Applications on the Storage of Persimmon (*Diospyros kaki* L.)

Erdoğan Bal<sup>1</sup> , Mustafa Zilci<sup>2</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 13.03.2022

Kabul Tarihi (Accepted): 06.06.2022

Yayın Tarihi (Published): 22.08.2022

**Öz:** Bu çalışmada, Fuyu Trabzon hurması çeşidine ait meyvelere hasat sonrası Guar gam yüzey kaplama uygulamalarının (0, %1, %2 ve %3) meyve kalitesi ve muhafaza süresi üzerine etkileri araştırılmıştır. Uygulamalar sonrasında meyveler soğuk hava deposunda 0-1°C ve %85-90 oransal nemli ortamda 3 ay süre ile muhafaza altına alınmıştır. Muhafaza süresince Guar gam kaplamanın Trabzon hurması meyveleri üzerine su kaybı, solunum hızı, toplam suda çözünür kuru madde, titre edilebilir asitlik, meyve eti sertliği, askorbik asit, toplam fenolik bileşikler ve tat değerlendirmesine etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, Guar gam uygulaması, kontrole kıyasla ağırlık kaybını ve solunum hızını azaltmıştır. Ancak, Guar gam uygulamaları içerisinde %2 ve %3'lük dozları daha etkili bulunmuştur. Bu dozlar meyve eti sertliğini, askorbik asit ve toplam fenolik bileşikleri daha iyi korumakla beraber tat değişimini de yavaşlatmıştır. Sonuç olarak, uygun dozda Guar gam ile yüzey kaplamanın Fuyu Trabzon hurması çeşidinde kaliteyi korumak ve depolama ömrünü uzatmak için kullanılabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Trabzon hurması, guar gam, soğuk depolama, solunum, kalite

&

**Abstract** In the study, postharvest treatment of Guar gum edible coating (1%, 2% and 3%) was applied to cv. Fuyu persimmon and their effects on quality and storage period were investigated. After the applications, the fruits were kept in cold storage at 0-1°C and 85-90% relative humidity for 3 months. The effect of Guar gum coating on persimmon quality factors such as water loss, respiration rate, total soluble solids, titratable acidity, fruit flesh firmness, ascorbic acid, total phenolic compounds and taste of persimmon fruits were investigated during storage. According to the results, Guar gum application reduced weight loss and respiratory rate compared to control. However, 2% and 3% doses were found to be more effective among guar gum applications. These doses preserved fruit flesh firmness, ascorbic acid and total phenolic compounds better, but also slowed the taste change. These results suggest that surface coating with appropriate dose of guar gum can be used to maintain quality and extend storage life of Fuyu persimmon.

**Keywords:** Persimmon, guar gum, cold storage, respiration, quality

**Atıf/Cite as:** Bal, E., & Zilci, M. (2022). Yenilebilir Kaplama Uygulamalarının Trabzon Hurması (*Diospyros kaki* L.) Muhafazasına Etkileri. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 8 (2), 197-207. DOI: 10.24180/ijaws.1087053.

**İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijaws>

**Copyright** © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Doç. Dr. Erdoğan Bal, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, ebal@nku.edu.tr (Sorumlu Yazar / Corresponding author)

<sup>2</sup> Zir. Müh. Mustafa Zilci, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, zilcimustafa@gmail.com



## GİRİŞ

Trabzon hurması (*Diospyros kaki* L.) bir subtropik iklim meyvesi olmasına rağmen, sıcak ve ılıman iklim şartlarına da iyi adapte olduğu için dünya genelinde yaygın olarak üretilmektedir. Dünyada toplam 4.2 milyon ton Trabzon hurması üretimi içerisinde Çin 3.2 milyon ton üretimi ile ilk sırada yer almaktadır (FAO, 2019). Ülkemizdeki Trabzon hurması üretimi ise son yıllarda dünyadaki artışa paralel olarak artarak günümüzde 77.131 tona ulaşmıştır (TÜİK, 2021).

Trabzon hurması meyvelerin kendine özgü tadı ve cazip turuncu rengi ile taze tüketim yanında kurutulularak ve dondurularak da değerlendirilebilmektedir. Trabzon hurması meyveleri insan sağlığı için faydalı olan polifenoller, flavonoidler, mineraller, karotenoidler, steroidler ve terpenoidler dahil olmak üzere pek çok biyoaktif bileşik içermesinin yanı sıra önemli bir lif kaynağına da sahiptir (Perez-Burillo vd., 2018).

Trabzon hurması yetiştiriciliğindeki özellikle buruk çeşitlerde hasat sonrası dönemde raf ömrünün kısa olması ve çeşitli nedenlerle (ağırlık kaybı, meyve yumuşaması, meyve kabuk ve et rengindeki değişimler vb.) uğradıkları kalite kayıplarının pazar değerlerini azaltıp muhafaza ömürlerini kısaltmaktadır. Bu sorunların önüne geçilmesi ve raf ömrünün artırılması ekonomik açıdan avantajlar sunacağı gibi yeni pazarların ortaya çıkmasına da sebep olacaktır (Yener, 2013). Özdemir vd. (2009) 'Fuyu' Trabzon hurmalarının muhafazasına sıcak su uygulamalarının etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada; 0°C sıcaklık ve %85–90 oransal nem koşullarında; 50 ve 55 °C'lerde 10 ve 20 dk bekletilen ve sonra depolanan meyvelerin kaliteli olarak 4 ay başarıyla depolanabileceği saptamışlardır. Çandır vd. (2010)'da buruk olmayan 'Fuyu', 'Jiro' ve 'Amankaki' Trabzon hurmalarının 0°C'de ve %85–90 oransal nemde 150 gün üşüme zararı ve mantarsal bozulma olmadan depolanabileceğini bildirmişlerdir.

Son yıllarda güvenli gıdalara taleplerinin artması sebebiyle, gıda üretim ve işleme endüstrisi ürünlerde daha uzun raf ömrü sağlama yönünde yeni hedefler geliştirmektedir. Bu nedenle ambalajlama işlevini yerine getirebilecek olan yenilebilir kaplamaların üzerinde çalışmalara artan bir ilgi söz konusudur (Demircan ve Özdestan, 2019). Taze meyve-sebzelere yenilebilir kaplamaların uygulanması ile yarı geçirgen bir bariyer oluşturdukları için taze ürünlerin raf ömrünü uzatmada iyi bir alternatif olarak kullanılmaktadır (Guerreiro vd., 2015).

Yenilebilir kaplamalar genel olarak; polisakkaritler, proteinler, lipidler ve kompozitler olarak sınıflandırılmaktadır. Polisakkarit kökenli (selüloz, pektin, kitin, nişasta, yosun ve gam maddeleri vb.) yenilebilir kaplamalar ise genellikle gaz geçirgenliklerinin düşük olması nedeniyle kullanılmaktadırlar (Koyuncu ve Savran, 2002).

Gamlar, hayvansal ve bitkisel kaynaklardan, polisakkaritlerin kimyasal modifikasyonlarından ya da mikrobiyal fermantasyon ile elde edilen kompleks bileşikler olarak bilinmektedir. Endüstriyel gıda üretiminde geniş bir kullanım alanı olan gamların içerisinde en çok kullanılanları pektin, guar gam, gam arabik, ksantan gam, karregen'an'dır.

Guar veya salkım fasulyesi (*Cyamopsis tetragonoloba*) tohumlarından elde edilen Guar gam (zamkı), uzun polimerik zinciri, suda yüksek çözünürlüğü ve iyi film oluşturma kabiliyeti nedeniyle potansiyel bir yenilebilir kaplama adayı olarak görülmektedir (Arfat vd., 2017). Ruelas-Chacon vd. (2017) 22±2°C'de 20 günlük bir depolama süresi boyunca Guar gam kaplamasının Roma domatesinin çeşitli kalite özellikleri üzerindeki etkinliğini araştırdığı çalışmada, kaplamasının domatesinin fizikokimyasal, mikrobiyal ve duysal kalite özelliklerini olumlu yönde etkilediğini ve meyvenin solunum hızını yavaşlatarak olgunlaşma sürecini geciktirdiğini tespit etmiştir. Saleem vd. (2020) Fuyu çeşidi Trabzon hurması meyvelerinde arabik gam kaplaması ile 20±1°C sıcaklıkta yaptıkları çalışmada, kaplamasının önemli ölçüde ağırlık kaybı ve membran geçirgenliğini azalttığı, olgunlaşmayı yavaşlattığı, depolama boyunca belirgin şekilde daha yüksek toplam fenolik içerik, askorbik asit içeriği ve antioksidan aktiviteye neden olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kitosan, bezelye nişastası, ginseng özü, uçucu yağlar vb. ile karıştırılmış Guar gam bazlı birçok yenilebilir film ve kaplamasının kültür mantarında (Huang vd., 2019) ve portakal (Saberı vd.,

2018), kiraz (Dong ve Wang, 2018), mango (Naeem vd., 2018) gibi meyvelerde kalitenin korunmasında faydalı olduğu bildirilmiştir.

Yapılan bu çalışmada, hasat sonrasında Fuyu Trabzon hurması çeşidinin yenilebilir Guar gam filmi ile kaplamanın soğukta muhafaza süresince meyve kalitesine etkileri incelenmiştir.

## MATERYAL VE METOT

Araştırma materyali olarak Tekirdağ koşullarında yetiştirilen meyve eti rengi kararlı ve buruk olmayan Fuyu Trabzon hurması çeşidi meyveleri kullanılmıştır. Denemede meyveler üzerlerinde kapsülleri kalacak şekilde makas yardımıyla sert olgun (sarımsı-turuncu renk) aşamada hasadı yapılmıştır. Meyveler laboratuvara getirilerek hasat sonrası uygulamaları yapmak üzere 4 eşit gruba bölünmüştür. 1. grup uygulamasız kontrol meyveleri için, diğer 3 grup ise Guar gam kaplamasının %1, %2 ve %3'lük dozları için ayrılmıştır. Uygulama dozları saf su içinde çözülmüş ve 40°C'de 15 dakika boyunca sürekli karıştırılmış ve kaplamanın esnekliğini arttırmak için kaplama çözeltisine gliserol (%1.5) ilave edilmiştir. Meyveler %1, %2 ve %3'lük dozlar içerisinde 3 dakika süre ile daldırılmış ve sonrasında 2 saat süresince oda koşullarında kurutulmuştur. Kontrol meyveleri ise saf suya daldırılmış ve kurutulmuştur. Tüm meyveler sekizli viyol kasalara konularak 0-1 °C ve %85-90 oransal nemli soğuk hava deposunda 3 ay süreyle depolanmıştır. Araştırmanın başlangıcında ve soğukta muhafaza süresince aylık alınan örneklerde bazı fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır.

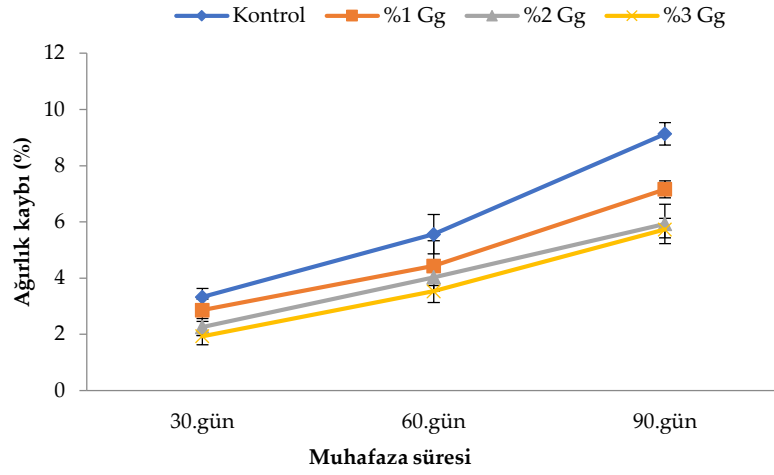
Meyvelerdeki ağırlık kaybı başlangıç ağırlığına göre her analiz döneminde 0.01 grama duyarlı teraziyle tartım yapılarak % olarak hesaplanmıştır. Meyvelerin solunum hızı Systec Instrument Gaspac CO<sub>2</sub> analizatörü ile kapalı atmosfer yöntemine göre okunmuş, meyvelerin ağırlık ve hacim değerlerinden yararlanarak solunum hızı ml CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Meyve suyunda toplam suda çözünür kuru madde (SÇKM) miktarı el tipi refraktometre ile ölçülerek yüzde olarak saptanmıştır. Titre edilebilir asit (TEA) miktarı 0.1 N NaOH ile titre edilerek malik asit cinsinden (%) hesaplanmıştır. Meyve eti sertliği (MES), meyvenin ekvatorial çevresi boyunca kabuğu uzaklaştırılan üç bölgeden el penetrometresi (8mm'lik uç) ile ölçülerek sonuçlar Newton (N) olarak ifade edilmiştir. Meyve suyundaki C vitamini miktarı 2,6-dikloroindofenol ile titrimetrik yöntem kullanılarak saptanmış ve mg askorbik asit 100 g<sup>-1</sup> olarak ifade edilmiştir (Cemeroğlu, 2007). Toplam fenolik madde miktarı Folin-Ciocalteau reaktifi kullanılarak, mg gallik asit eşdeğeri (GAE) 100 g<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir (Slinkard ve Singleton, 1977). Tat değerlendirmesi ise 1-9 skalasına göre (1-3= pazarlanamaz, 5= pazarlanabilir, 7= iyi, 9= çok iyi) panelistler tarafından puanlanmıştır.

Araştırma tesadüf parselleri deneme desenine göre faktöriyel düzende ve 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Elde edilen veriler SPSS istatistik paket programında varyans analizi yapılarak (p<0.05) veriler ortalama ± standart hata olarak belirtilmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### *Ağırlık Kaybı*

Araştırmada Trabzon hurması meyvelerinde muhafaza süresinin uzaması ile bütün uygulamalarda ağırlık kayıplarının da arttığı saptanmıştır. En fazla ağırlık kaybı kontrol grubu meyvelerinde, en düşük ağırlık kaybı miktarı ise Guar gam ile kaplanan meyvelerde tespit edilmiştir (Şekil 1). Meyve üzerinde yarı geçirgen tabaka oluşumu meyveden nem ve gazların difüzyonuna karşı fiziksel bir engel görevi görerek meyvelerde kontrole göre ağırlık kaybının azaltmıştır. Depolamanın 90. gününde ağırlık kaybı en fazla kontrol grubunda (%9.13) olurken en az ağırlık kaybı ise %2 ve %3 Guar gam (sırasıyla %5.93 ve %5.73) uygulamasında meydana gelmiştir. Ruelas-Chacon vd. (2017)'nin 22±2°C'de 20 günlük bir depolama süresi boyunca Guar gam kaplamanın Roma domatesinin çeşitli kalite özellikleri üzerindeki etkinliği araştırmada kaplamanın domates meyvelerinde ağırlık kaybını önemli oranda azalttığını bildirmiştir. Benzer şekilde farklı Trabzon hurması çeşitlerinde yapılan çalışmalarda da yenilebilir kaplama uygulamalarının ağırlık kaybını belirgin şekilde azalttığı saptanmıştır (Nasr vd., 2021; Saleem vd., 2020).

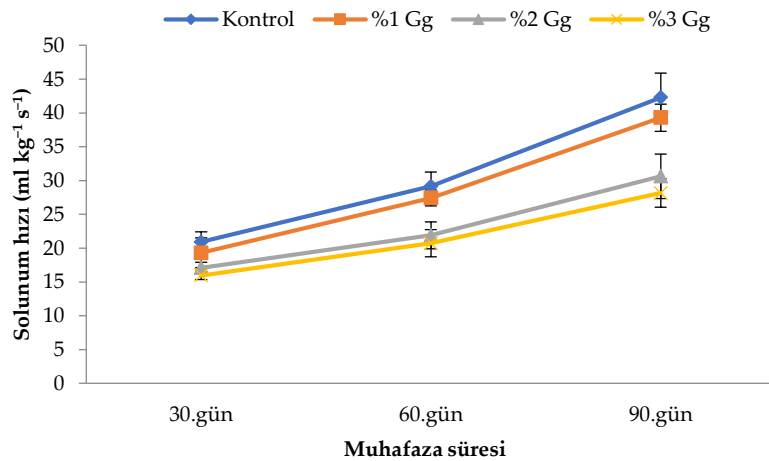


Şekil 1. Fuyu Trabzon hurması meyvelerinin soğukta muhafazası süresince Guar gam kaplamaların ağırlık kaybı üzerine etkisi.

Figure 1. The effect of guar gum coatings on weight loss during cold storage of Fuyu persimmon fruits.

### Solunum Hızı

Meyveler hasat sonrası veya depolama ömrü boyunca, artan depolama süresi ile solunum hızı artmakta ve böylece meyvelerin yumuşamasına neden olan katabolik reaksiyonlar gibi çeşitli biyolojik reaksiyonlar oluşmaktadır (Haseeb vd., 2021). Çalışmada da solunum hızı değişen oranlarda artış göstermiştir ve bu artış en fazla kaplamasız kontrol grubunda tespit edilmiştir (Şekil 2). 90. günde en yüksek solunum hızı kontrol ( $42.3 \text{ ml CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ) ve %1 Guar gam kaplama ( $39.3 \text{ ml CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ) uygulanmış meyvelerinde görülürken, en düşük solunum hızı ise %2 ( $30.6 \text{ ml CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ) ve %3 ( $28.1 \text{ ml CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ) Guar gam kaplama uygulanmış meyvelerde belirlenmiştir. Kaplamaların meyvelerin solunum hızını azaltmadaki etkisi, kaplamanın meyve yüzeyi ve çevresinde modifiye bir atmosfer oluşturmasından kaynaklanmaktadır. Yapılan farklı çalışmalarda da Guar gam kaplamanın bögürtlen (Perez vd., 2020), domates (Ruelas-Chacon vd., 2017) ve mantar (Huang vd., 2019) gibi çabuk bozulabilir ürünlerde meyve yüzeyinde yarı geçirgen bir tabaka oluşturarak gaz geçişlerini sınırlandırdığı ve raf ömrünü uzattığı bildirilmiştir. Ancak denemede %1'lik Guar gam uygulamasının kontrol meyvelerine yakın değerlere sahip olması ise solunumu azaltmak için yeterli bariyer oluşturamayacak kadar ince olmasından kaynaklanabileceğini düşündürmektedir.

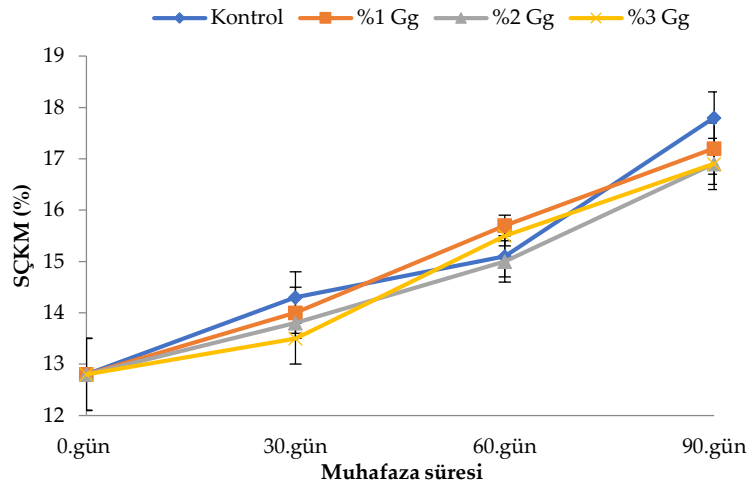


Şekil 2. Fuyu Trabzon hurması meyvelerinin soğukta muhafazası süresince Guar gam kaplamaların solunum hızı üzerine etkisi.

Figure 2. The effect of guar gum coatings on respiration rate during cold storage of Fuyu persimmon fruits.

**Suda Çözünür Kuru Madde Miktarı**

Araştırmada SÇKM miktarında artış ve azalışlar şeklinde dalgalanmalar olsa da muhafaza süresi sonunda bütün uygulamalarda bir miktar artış gözlemlenmiştir (Şekil 3). Nitekim klimakterik meyvelerde SÇKM içeriğindeki artış olgunlaşma sürecinin bir göstergesidir. Trabzon hurması meyvelerinde muhafaza süresince SÇKM içeriğinin artış eğiliminde olduğuyla ilgi bulgularımıza benzer sonuçlar Ertürk vd. (2003) ve Çandır vd. (2008) tarafından da bildirilmiştir. Başlangıçta ortalama %12.8 olan SÇKM 3 ay sonunda kontrol, %1, %2, %3 Guar gam kaplama uygulanmış meyvelerinde sırasıyla %17.8, %17.2, %16.9 ve %16.9'a ulaşmıştır. Elde edilen bulgular neticesinde, yüzey kaplamanın Trabzon hurması meyvesinin metabolizmasını değişen oranlarda yavaşlattığı ve kontrol uygulamasına göre SÇKM artışının daha sınırlı kaldığı sonucuna varılmıştır. Benzer şekilde, Nasr vd. (2021) ve Eryol (2021)'da Trabzon hurması meyvesini kitosan ve alginat ile kaplamanın ürünün metabolizmasını yavaşlattığı için kontrol grubuna göre SÇKM miktarının daha düşük değere sahip olduğunu bildirmişlerdir.

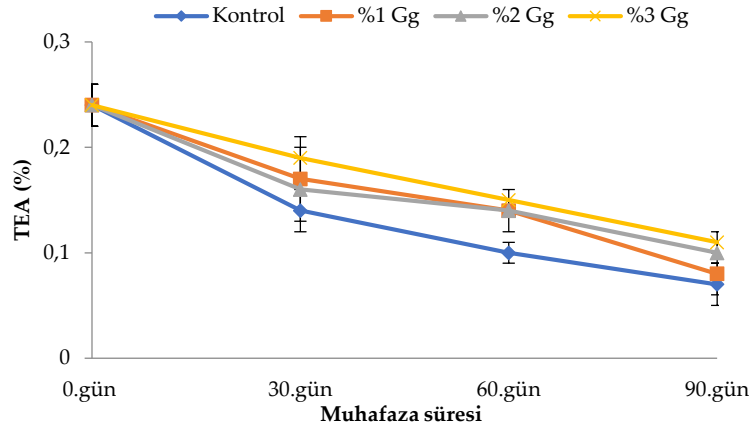


**Şekil 3.** Fuyu Trabzon hurması meyvelerinin soğukta muhafazası süresince Guar gam kaplamaların suda çözünür toplam kuru madde üzerine etkisi.

Figure 3. The effect of guar gum coatings on soluble solids during cold storage of Fuyu persimmon fruits.

**Titre Edilebilir Asit Miktarı**

Araştırmada muhafaza süresi uzadıkça tüm uygulamalarda TEA azalma eğiliminde olmuştur (Şekil 4). Trabzon hurmalarıyla yapılan çalışmalarda uzayan muhafaza süresini takiben TEA oranlarının azaldığını gösteren benzer bulgular saptanmıştır (Ertürk vd., 2003; Çandır vd., 2008). Bununla birlikte, TEA'daki azalma özellikle kaplanmamış hurmalarda daha fazla gerçekleşmiştir. Bu azalma, daha yüksek solunum hızı ve etilen üretimi gibi artan metabolik aktivitelerden kaynaklanmaktadır (Saleem vd., 2020). Muhafaza süresi sonunda en yüksek TEA %3 Guar gam kaplama uygulanmış meyvelerde belirlenirken en düşük TEA değer ise Kontrol meyvelerinde tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Ruelas-Chacon vd. (2017) ve Naeem vd. (2018)'da Guar gam kaplı domates ve mango meyvelerinin kaplanmamış olanlara kıyasla daha yüksek TEA seviyesini koruduğunu bildirmişlerdir.

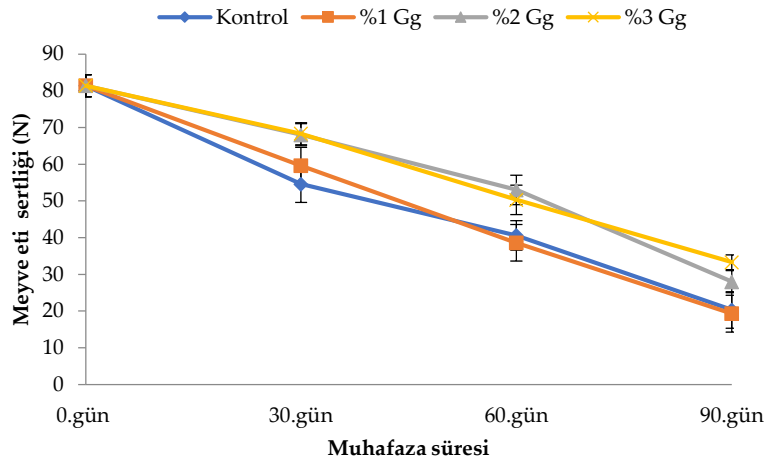


**Şekil 4.** Fuyu Trabzon hurması meyvelerinin soğukta muhafazası süresince Guar gam kaplamaların titre edilebilir asitlik üzerine etkisi.

Figure 4 The effect of guar gum coatings on titratable acidity during cold storage of Fuyu persimmon fruits.

### Meyve Eti Sertliği

Trabzon hurması meyvesinde kaliteyi belirleyen en önemli kalite kriterlerinden birisi MES'dir. Trabzon hurması meyvesinin depolanması sırasında MES kaybı olgunlaşmadan kaynaklanmaktadır ve pazarlanabilirlik açısından MES'in 10 N altına düşmemesi gerektiği belirtilmiştir (Salvador vd., 2004). Araştırmada da muhafaza süresi uzadıkça meyve sertliğinde azalışlar olmakla birlikte, 90. günde hiçbir meyvede sertlik değeri 10 N'un altına düşmemiştir (Şekil 5). Bulgularımıza benzer olarak, muhafaza süresi uzadıkça Trabzon hurması meyvelerinde MES'de azalışlar olduğu Kuzucu vd. (2002), Koyuncu vd. (2005) ve Özdemir vd. (2009) tarafından da bildirilmiştir. Hasat döneminde MES ortalama 81.4 N olarak belirlenmiştir. Muhafaza süresi sonunda ise en düşük MES 19.3 N ile %1 Guar gam uygulamasında, en yüksek MES 33.3 N ile %3 Guar gam uygulamasında tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde MES korumada %1 Guar gam uygulaması yetersiz kalırken, %2 ve %3'lük Guar gam uygulamaları daha etkili olmuştur. Meyvelerin yumuşaması hücre duvarı bileşimindeki pektin ve nişastanın enzimler tarafından hidrolizini içeren biyokimyasal bir işlemdir. Meyvenin üzerine kaplanan materyal meyvenin iç atmosferinin modifikasyonun sağlayarak bu enzimlerin aktivitesini sınırladığı ve bu da depolama sırasında meyve sertliğinin korunmasına yardımcı olduğu bildirilmiştir (Saleem vd., 2020).

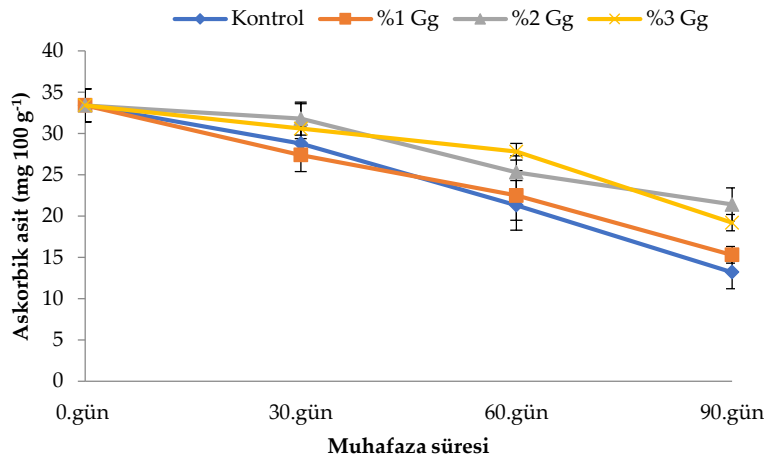


**Şekil 5.** Fuyu Trabzon hurması meyvelerinin soğukta muhafazası süresince Guar gam kaplamaların meyve eti sertliği üzerine etkisi.

Figure 5. The effect of guar gum coatings on fruit firmness during cold storage of Fuyu persimmon fruits.

**C Vitamini**

Trabzon hurması, önemli bir antioksidan olan zengin bir L-askorbik asit kaynağıdır (Homnava vd., 1990). Hasat zamanında C vitamini miktarı  $33.4 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  olarak ölçülmüştür. Bu değer muhafaza ile azalmış ve en fazla azalma kontrol grubunda görülmüştür (Şekil 6). Askorbik asit içeriği depolama periyodundaki ilerleme ile tüm meyvelerde azalmasına rağmen, kaplanmamış hurmalarda Guar gam ile kaplanmış olanlardan daha fazla azalma olmuştur. Muhafaza süresi sonunda en düşük askorbik asit içeriği  $13.2 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  ile kontrol meyvelerinde görülürken en yüksek askorbik asit içeriği ise %2 ve %3 Guar gam uygulamalarında ( $21.4$  ve  $19.2 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ ) tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, yenilebilir kaplamaların, C vitamini içeriğinin korunmasında meyvelerin solunumunun azalmasına bağlı olarak meyvelerde C vitamini oksidasyonunun yavaşlamasına neden olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, yapılan çalışmalarda Trabzon hurması üzerine bazı polisakkarit kökenli kaplama uygulamalarının, meyvelere oksijen geçirgenliğini azaltarak askorbik asit kaybını geciktirdiği ve böylece askorbik asit oksidasyonunu önlediği tespit edilmiştir (Elabd ve Goma 2017; Saleem vd., 2020). Ayrıca, bu araştırmanın sonuçlarına paralel olarak Dong ve Wang (2018)'in kiraz üzerinde yaptıkları bir çalışmada Guar gam-ginseng özü içeren kaplamanın meyvenin askorbik asit miktarını koruyarak meyve kalitesini iyileştirdiğini bildirilmiştir.

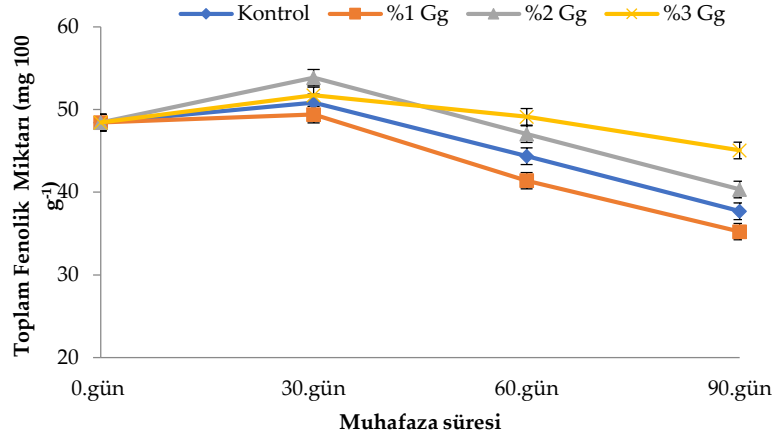


**Şekil 6.** Fuyu Trabzon hurması meyvelerinin soğukta muhafazası süresince Guar gam kaplamaların askorbik asit üzerine etkisi.

Figure 6. The effect of guar gum coatings on ascorbic acid during cold storage of Fuyu persimmon fruits.

**Toplam Fenolik Madde Miktarı**

Fenolik bileşikler meyve ve sebzelerde hem lezzetinin oluşmasında, özellikle ağızda acılık ve burukluk gibi iki önemli tat unsurunun oluşmasında etkili iken, hem de renklerinin oluşmasını sağlamaktadırlar (Nizamlioğlu ve Nas 2010). Araştırmada elde edilen bulgulara göre, tüm uygulamalara ait toplam fenolik madde miktarı 1. ayda artış göstermiş, diğer analiz dönemlerinde ise değişen oranlarda azalış gözlemlenmiştir (Şekil 7). Trabzon hurması meyvelerinde muhafaza süresine bağlı olarak fenolik bileşiklerde ortaya çıkan düşüşler Baltacıoğlu ve Artık (2013) ile Bagheri ve Esna-Ashari (2022) tarafından da belirlenmiştir. Başlangıçta toplam fenolik madde miktarı  $48.43 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  olarak tespit edilmiştir. Muhafaza süresi sonunda ise en düşük toplam fenolik madde miktarı %1 Guar gam uygulamasında ( $35.23 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), en yüksek toplam fenolik madde miktarı %3 Guar gam ( $45.06 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ) uygulamasında belirlenmiştir. Bu sonuçlar neticesinde, %1 Guar gum uygulamasının solunum hızını yavaşlatmasındaki etkisizliğinden kaynaklı olarak fenolik bileşiklerin korunmasında da yetersiz kaldığı ve kaplamanın artan dozlarının daha olumlu etki gösterdiği belirlenmiştir. Nasr vd. (2021), Trabzon hurması meyvelerinde nanokompozit kaplama uygulamalarının kontrole kıyasla polifenol oksidaz (PPO) aktivitesini önemli ölçüde azalttığı ve kontrol meyveleri depolama sonunda en yüksek PPO aktivitesine sahip olduğunu tespit etmiştir. Benzer şekilde Eryol (2021) tarafından kitosan-alginat kaplanan meyvelerde toplam fenolik madde kaybını geciktirmede etkili olduğu bildirilmiştir.

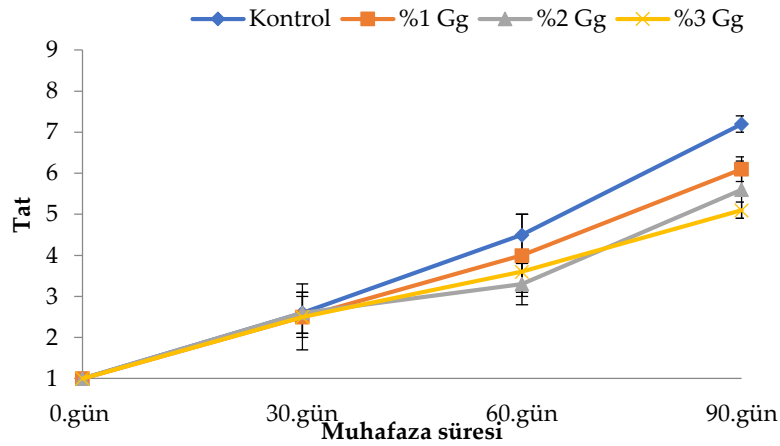


Şekil 7. Fuyu Trabzon hurması meyvelerinin soğukta muhafazası süresince Guar gam kaplamaların toplam fenolik madde üzerine etkisi.

Figure 7. The effect of guar gum coatings on total phenolic content during cold storage of Fuyu persimmon fruits.

### Tat Değerlendirmesi

Trabzon hurması meyveleri soğukta depolanması düşünülüyorsa meyveler ağaç olumu aşamasında hasat edilir ve tat olarak yenilebilir seviyede bulunmazlar. Tat testi bulgularına göre tat puanları muhafazanın ilerlemesiyle beraber artış göstermiştir (Şekil 8). Çalışmada elde edilen değerler incelendiğinde muhafazanın başlangıcında 1 puan olarak tespit edilen tat değerleri, sadece muhafazanın 90. gününde kritik pazarlama değerinin (5 puan) üstünde 5.1 puan (%3 Guar gam) ile 7.2 puan (kontrol grubu) arasında olduğu belirlenmiştir. Muhafaza süresi sonunda kaplamalı meyvelerin tat değerinin kaplamasız meyvelere göre daha düşük seviyede bulunması, kaplama sayesinde bu meyvelerin olgunlaşmalarının geciktirilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Yenilebilir filmlerle kaplanan meyve ve sebzelerin olgunlaşma süreçleri geciktirilerek raf ömrünün uzatıldığı bildirilmektedir (Salehi 2020). Elde edilen sonuçlara benzer şekilde kaplama uygulamasının birçok meyve türünde olgunlaşmada önemli bir gecikmeye neden olduğu ve duyu analizi sonuçlarına olumlu etkilerinin olduğu bildirilmiştir (El-Anany vd., 2009; Elabd ve Gomaa 2017; Ruelas-Chacon vd., 2017; Dong ve Wang 2018).



Şekil 8. Fuyu Trabzon hurması meyvelerinin soğukta muhafazası süresince Guar gam kaplamaların tat üzerine etkisi.

Figure 8. The effect of guar gum coatings on taste during cold storage of Fuyu persimmon fruits.

**SONUÇ**

Bu çalışma sonuçları, Trabzon hurması meyvelerinin Guar gam ile kaplamanın solunum hızını engelleyerek olgunlaşma sürecini geciktirdiğini doğrulamaktadır. Özellikle %2 ve %3'lük Guar gam uygulamasının SÇKM'deki artışı yavaşlattığı, asitlik ile askorbik asit kaybını geciktirdiği gibi meyve eti sertliğini de daha iyi koruduğunu göstermiştir. Çalışma sonucunda, Guar gam kaplama uygulamasının Fuyu Trabzon hurması çeşidinde 90 günlük soğukta muhafaza süresince kalite özelliklerini koruyarak muhafaza ömrünü uzatmada etkili bir uygulama olabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, gelecekteki çalışmalar için, Guar gam kaplama içerisine belirli lipit bileşenleri ekleyerek su buharı bariyeri özelliklerini geliştirilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

**ÇIKAR ÇATIŞMASI**

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

**YAZAR KATKISI**

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamıştır.

**KAYNAKLAR**

- Arfat, Y. A., Ejaz, M., Jacob, H., & Ahmed, J. (2017). Deciphering the potential of guar gum/Ag-Cu nanocomposite films as an active food packaging material. *Carbohydrate Polymers*, 157, 65-71. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.09.069>
- Baltacıoğlu, H., & Artık, N. (2013). Study of postharvest changes in the chemical composition of persimmon by HPLC. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37(5), 568-574. <https://doi.org/10.3906/tar-1210-21>
- Bagheri, M., & Esna-Ashari, M. (2022). Effects of postharvest methyl jasmonate treatment on persimmon quality during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 294, 110756. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110756>
- Cemeroğlu, B. (2007). Gıda analizlerinde genel yöntemler. In B. Cemeroğlu (Ed.), *Gıda analizleri*, Bizim Büro Basımevi, Ankara. 317s.
- Çandır, E. E., Özdemir, A.E., Kaplankıran, M., Toplu, C., Demirkeseş, T. H., & Yıldız, E., (2008, 08-11 Ekim). *Dörtüyl koşullarında yetiştirilen Harbiye ve Vainiglia Trabzon hurmalarının soğukta muhafazası* [Sözlü bildiri]. IV. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu, Antalya.
- Çandır, E., Özdemir, A. E., Kaplankıran, M., Demirkeseş, T. H. & Yıldız, E., (2010). Storage life of non- astringent persimmons grown in the Eastern Mediterranean. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 38 (1), 1–6.
- Demircan, B., & Özdeştan Ocak, Ö. (2019). Gıda katkı maddelerinin yenilebilir film ve kaplamalar kullanılarak taşınmasının günümüzde ve gelecekteki uygulama potansiyeli. *Sinop University Journal of Natural Science*, 4(2), 130-150. <https://doi.org/10.33484/sinopfdb.524412>
- Dong, F., & Wang, X. (2018). Guar gum and ginseng extract coatings maintain the quality of sweet cherry. *LWT-Food Science and Technology*, 89, 117–122. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.035>.
- Elabd, M. A., & Gomaa, J. R. B. (2017). Extending the shelf life of persimmon "*Diospyros kaki*" by edible coating. *Food and Dairy Science*, 8(9), 377- 382. <https://doi.org/10.21608/fds.2017.38906>
- El-Anany, A. M., Hassan, G. F. A., & Rehab Ali, F. M. (2009). Effects of edible coatings on the shelf-life and quality of Anna apple (*Malus domestica* Borkh) during cold storage. *Journal of Food Science and Technology*, 7, 5–11.
- Ertürk, E., Özdemir, A. E., Kaplankıran, M., & Toplu, C. (2003, 8-12 Eylül). *Harbiye Trabzon hurmasının soğukta muhafazası* [Sözlü bildiri]. Türkiye IV. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, Antalya.
- Eryol, B. (2021). *Trabzon hurması meyvesinde hasat sonrası kaplama uygulamalarının fizyolojik bozulmalara ve muhafaza ömrüne etkisinin belirlenmesi*. [Yüksek lisans tezi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- FAO. (2019). Bitkisel üretim istatistikleri. <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. [Erişim tarihi: 16 Haziran 2013].
- Guerreiro, A. C., Gago, C. M. L., Faleiro, M. L., Miguel, M. G. C., & Antunes, M. D. C. (2015). The effect of alginate-based edible coatings enriched with essential oils constituents on *Arbutus unedo* L. fresh fruit storage. *Postharvest Biology and Technology*, 100, 226-233. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.09.002>



- Haseeb, A., Ayub, G., & Sial, T. A. (2021). Enhancement of postharvest life of persimmon fruit through botanical extracts. *Archives of Crop Science*, 4(1), 85-92. <https://doi.org/10.36959/718/607>
- Homnava, A., Payne, J., Koehler, P., & Eitenmiller, R. (1990). Provitamin A (alpha-carotene, beta-carotene and beta-cryptoxanthin) and ascorbic acid content of Japanese and American persimmons. *Journal of Food Quality*, 13, 85-95. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.1990.tb00009.x>
- Huang, Q., Qian, X., Jiang, T., & Zheng, X. (2019). Effect of chitosan and guar gum based composite edible coating on quality of mushroom (*Lentinus edodes*) during postharvest storage. *Scientia Horticulturae*, 253, 382-389. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.062>
- Koyuncu, M. A., & Savran, H. E. (2002). Yenilebilir kaplamalar. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(3), 73-83.
- Koyuncu, M. A., Savran, E., Dilmaçınal, T., Kepenek, K., Cangi, R., & Çağatay, Ö. (2005). Bazı Trabzon hurması çeşitlerinin soğukta depolanması. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 15-23.
- Kuzucu, F. C., & Kaynaş, K. (2002). *Trabzon hurmasında farklı ambalaj tiplerinin muhafaza süresi, olgunluk ve kaliteye etkisi*. II. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu. Çanakkale.
- Naeem A., Abbas T., Ali, T. M., & Hasnain A. (2018). Effect of guar gum coatings containing essential oils on shelf life and nutritional quality of green-unripe mangoes during low temperature storage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 113, 403-410. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.01.224>
- Nasr, F., Pateiro, M., Rabiei, V., Razavi, F., Formanek, S., Gohari, G., & Lorenzo, J. M. (2021). Chitosan-phenylalanine nanoparticles (cs-phe nps) extend the postharvest life of persimmon (*Diospyros kaki*) fruits under chilling stress. *Coatings*, 11(7), 819. <https://doi.org/10.3390/coatings11070819>
- Nizamlioglu, N. M., & Nas, S. (2010). Meyve ve sebzelerde bulunan fenolik bileşikler; yapıları ve önemleri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(1), 20-35.
- Özdemir, A. E., Çandır, E. E., Toplu, C., Kaplankıran, M., Yıldız, E., & İnan, C. (2009). The effects of hot water treatments on chilling injury and cold storage of Fuyu persimmons. *The African Journal of Agricultural Research*, 4(10), 1058-1063.
- Perez-Burillo, S., Oliveras, M. J., Quesada, J., Rufian-Henares, J. A., & Pastoriza, S. (2018). Relationship between composition and bioactivity of persimmon and kiwifruit. *Food Research International*, 105, 461-472. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.022>
- Perez, D. A., Gomez, J. M., & Castellanos, D. A. (2021). Combined modified atmosphere packaging and guar gum edible coatings to preserve blackberry (*Rubus glaucus Benth*). *Food Science and Technology International*, 27(4), 353-365. <https://doi.org/10.1177/1082013220959511>
- Ruelas-Chacon, X., Contreras-Esquivel, J. C., Montañez, J., AguileraCarbo, A. F., Reyes-Vega, M. L., Peralta-Rodriguez, R. D., & SánchezBrambila, G. (2017). Guar gum as an edible coating for enhancing shelf life and improving postharvest quality of roma tomato (*Solanum lycopersicum L.*). *Journal of Food Quality*, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2017/8608304>
- Saberi, B., Golding, J., Chockchaisawasdee, S., Scarlett, C. J., & Stathopoulos, C. E. (2018). Effect of biocomposite edible coatings based on pea starch and guar gum on nutritional quality of "Valencia" orange during storage. *Starch Stärke*, 70, 1700299. <https://doi.org/10.1002/star.201700299>
- Saleem, M. S., Ejaz, S., Anjum, M. A., Nawaz, A., Naz, S., Hussain, S., Ali, S., & Canan, İ. (2020). Postharvest application of gum arabic edible coating delays ripening and maintains quality of persimmon fruits during storage. *Journal of Food Process Preservation*, 44, e14583. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14583>
- Salehi, F. (2020). Edible coating of fruits and vegetables using natural gums: a review, *International Journal of Fruit Science*, 20(2), 570-589. <https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1746730>
- Salvador, A., Arnal, L., Monterde, A., & Cuquerella, J. (2004). Reduction of chilling injury symptoms in Persimmon fruit cv. Rojo Brillante by 1-MCP. *Postharvest Biology and Technology*, 33, 285-291. <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.03.005>
- Slinkard, K., & Singleton, V. L. (1977). Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28(1), 49-55.

- TÜİK. (2021). Bitkisel üretim istatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2021-37249>. [Erişim tarihi: 01 Şubat 2022].
- Yener, T. (2013). *Hasat sonrası farklı uygulamaların Trabzon hurması (Diospyros kaki L.) muhafazasına etkisi*. [Yüksek lisans tezi, Uludağ Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>



## Effects of Different Organic Fertilizers on Plant Growth, Yield, Quality Properties and Element Contents in Spinach

Farklı Organik Gübrelerin Ispanakta Bitki Gelişimi, Verim, Kalite Özellikleri ve Element İçerikleri Üzerine Etkileri

Özgül Yaman Türkkan<sup>1</sup> , Beyhan Kibar<sup>2</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 28.03.2022

Kabul Tarihi (Accepted): 06.06.2022

Yayın Tarihi (Published): 22.08.2022

**Abstract:** This study was conducted to determine the effects of different organic fertilizers on plant growth, yield, quality properties and element contents in spinach (*Spinacia oleracea* L.). The research was carried out under open field conditions in Bolu province. In the study, Matador spinach variety was used and seven different applications were examined. The applications were as follows: 1) Control, 2) Chicken manure, 3) Turkey manure, 4) Sheep manure, 5) Cattle manure, 6) Vermicompost and 7) Chemical fertilizer. The experiment was established in randomized complete block design with three replications. According to the research findings, significant differences were found among the applications. In general, organic fertilizer applications significantly increased yield, plant height, plant wet weight, plant dry weight, dry matter content, number of marketable leaves, nitrogen, phosphorus, sulphur and selenium contents of the plant in comparison with control and chemical fertilizer. The highest yield was determined in cattle manure application. It was observed that cattle manure increased the yield by 88.08% compared to the control and increased the yield by 41.16% compared to the chemical fertilizer. In organic fertilizer applications, heavy metal contents such as arsenic, chrome, cobalt, and nickel were found to be lower than the control and, aluminum and cadmium contents were found to be lower than chemical fertilizer. As a result, it was determined that organic fertilizers examined in the study have positive effects on plant growth, yield, quality properties and element contents of spinach and organic fertilizers can be used successfully for sustainable agriculture in spinach cultivation.

**Keywords:** *Spinacia oleracea* L., organic fertilizers, growth, yield, quality, elements

&

**Öz:** Bu çalışma, farklı organik gübrelerin ıspanakta (*Spinacia oleracea* L.) bitki gelişimi, verim, kalite özellikleri ve element içerikleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Araştırma, Bolu ilinde açık arazi koşullarında yürütülmüştür. Çalışmada Matador ıspanak çeşidi kullanılmış ve yedi farklı uygulama incelenmiştir. Uygulamalar aşağıdaki gibidir: 1) Kontrol, 2) Tavuk gübresi, 3) Hindi gübresi, 4) Koyun gübresi, 5) Sığır gübresi, 6) Vermikompost ve 7) Kimyasal gübre. Çalışma tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Araştırma bulgularına göre uygulamalar arasında önemli farklılıklar bulunmuştur. Genel olarak organik gübre uygulamaları verim, bitki boyu, bitki yaş ağırlığı, bitki kuru ağırlığı, kuru madde içeriği, pazarlanabilir yaprak sayısı, azot, fosfor, kükürt ve selenyum içeriğini kontrol ve kimyasal gübreye göre önemli ölçüde artırmıştır. En yüksek verim sığır gübresi uygulamasında tespit edilmiştir. Sığır gübresinin verimi kontrole göre %88.08, kimyasal gübreye göre ise %41.16 artırdığı gözlenmiştir. Organik gübre uygulamalarında arsenik, kobalt, krom ve nikel gibi ağır metal içerikleri kontrole göre, alüminyum ve kadmiyum içerikleri ise kimyasal gübreye göre daha düşük bulunmuştur. Sonuç olarak, çalışmada incelenen organik gübrelerin ıspanakta bitki gelişimi, verim, kalite özellikleri ve element içerikleri üzerine olumlu etkilerinin olduğu ve organik gübrelerin ıspanak yetiştiriciliğinde sürdürülebilir tarım için başarılı bir şekilde kullanılabileceği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Spinacia oleracea* L., organik gübreler, büyüme, verim, kalite, elementler

**Atıf/Cite as:** Kibar B. & Türkkan Ö.Y. (2022). Effects of Different Organic Fertilizers on Plant Growth, Yield, Quality Properties and Element Contents in Spinach. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 8 (2), 208-222. Doi: 10.24180/ijaws.1094410.

**İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethik:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/pub/ijaws>

Copyright © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Zir. Yük. Müh. Özgül Yaman Türkkan, Bolu İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, ozgul.yaman14@gmail.com

<sup>2</sup> Doç. Dr. Beyhan Kibar, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, beyhan.kibar@ibu.edu.tr (Corresponding author)

## INTRODUCTION

Ensuring adequate and balanced nutrition for the rapidly increasing world population is possible by increasing agricultural production and productivity. Fertilization is one of the most important factors determining yield and quality in agricultural production. Fertilizer is one of the most important inputs in agricultural production, and it alone can increase the yield close to 50%. Chemical (inorganic) fertilizers are mostly used in order to increase agricultural productivity all over the world (Karaman and Turan, 2012). Nowadays, it is known that human health and sustainability of soils are adversely affected because of excessive and unconscious chemical fertilization to obtain high yield from vegetables. On the other hand, it is reported that continuous use of chemical fertilizers causes pollution of soil and water, soil salinity, decline in organic matter content of soil, heavy metal accumulation, decrease in microbial activities of soil, nitrate accumulation, decrease in soil fertility, poor product quality and serious health problems (Savcı, 2012). For this reason, recently, organic fertilizers have gained great importance as an alternative to chemical fertilizers used in agricultural production all over the world with the new understanding focused on ensuring sustainability in agriculture due to the adverse effects of chemical fertilizers. Organic fertilizers should be preferred in order to restore and protect the deteriorated natural balance. Studies have shown that organic fertilizers are beneficial for plants, soil, environment and economy.

Organic fertilizers contain plant nutrients, organic matter and a large amount of various microorganisms. Therefore, organic fertilizers have important and positive effects on the physical, chemical and biological properties of agricultural soils (Kacar and Katkat, 2007). Organic fertilizers create a source of nutrients for plants, increase the cation exchange capacity of the soil, increase the water holding capacity of the soil, facilitate aeration and warming of the soil, help the plant nutrients in the soil to be converted into forms that can be taken by the plant, improve soil structure, give a good texture and structure to the soil, regulate soil reaction and promote plant growth (Soyergin, 2003; Mercik and Stepień, 2006; Adiloğlu and Eraslan, 2012).

Organic fertilizers consist of materials of plant and animal origin. Among the sources used as organic fertilizer, barnyard manure (farmyard manure) comes first. Barnyard manure is the oldest and most widely used organic fertilizer. Barnyard manure consists of the excrement of bovine and ovine farm animals and the bedding laid under the animals in the barns. The quality and content of barnyard manure vary depending on many factors such as the animal's breed, age, sex, nutritional status, bedding material used and storage conditions (Lampkin, 2002). The nutrient content of sheep, chicken and turkey manures is higher than that of cattle. Barnyard manure provides various plant nutrients necessary for plant growth, positively affects the physical, chemical and biological properties of the soil, accelerates the activity of microorganisms in the soil, and also acts as a source of organic matter in the soil (Watson et al., 2002; Schoenau, 2006).

Vermicompost is the most popular among organic fertilizers in recent years due to its positive effects on plant growth, yield and soil properties. Additionally, vermicompost is intensely applied as a reliable, economical, and sustainable method in the processing and evaluation of solid organic wastes, which has become a major environmental problem (Shetinina et al., 2019). Vermicompost, which is obtained by composting organic wastes during digestion by earthworms, is an organic product with high economic value (Garg and Gupta, 2009). Many organic wastes (plant wastes, animal manure, food wastes, urban solid waste, waste paper, sawdust, etc.) can be used in vermicompost production (Karmakar et al., 2012). Vermicompost is a well stabilized, finely divided peat-like material produced through a non-thermophilic process involving the biodegradation and stabilization of organic materials by interactions between earthworms and microorganisms. Vermicompost has very high porosity, aeration, drainage, water holding capacity and microbial activity, and a low C:N ratio (Garg and Gupta, 2009; Kumar and Topal, 2015). Vermicompost is very rich in macro and micronutrients, beneficial soil microorganisms, various enzymes, vitamins, humic acid, organic matter, and growth hormones (Özkan et al., 2016).

As in the whole world, chemical fertilizers are mostly used in fertilization to increase the yield in vegetable growing in Turkey. To provide a sustainable agriculture system that protects human health, environment,

and natural resources in the long term in vegetable growing where the use of chemical fertilizers is excessive, it is necessary to expand the use of organic fertilizers instead of chemical fertilizers. The use of organic fertilizers in vegetable growing is an agricultural activity that has become widespread in Turkey with the increase in environmental awareness and the adoption of high-quality product consumption in recent years.

Spinach (*Spinacia oleracea* L.) belongs to the Chenopodiaceae family and is an annual winter vegetable produced by seed. It is known that the homeland of spinach is Western Asia (South Turkestan, Caucasus and Nepal), Iran and China (Kallo and Bergh, 1993). It has been cultivated and consumed fondly for many years in the world. Spinach whose fresh leaves are consumed is among the species with high commercial importance. It is one of the most produced and consumed winter vegetables in Turkey and it has high economic value. Spinach is a vegetable that can be grown in all regions of Turkey, limited only in the Eastern Black Sea Region which receives heavy rainfall, and is produced in large quantities. It is grown in late summer and winter in hot regions of the country, and in winter and spring in cold regions of the country. The vegetation period of spinach is short, and it can be grown in 2-2.5 months. In Turkey, spinach was grown in an area of 150.788 da with a production of 218.355 tons in 2021 (TÜİK, 2022).

Spinach, which has an important place in human nutrition, is a significant source of vitamins and minerals. Yield and quality of spinach increase in soils rich in organic matter. Since spinach is grown in a short vegetation period, fertilization is quite important in spinach cultivation in order to obtain high yield and quality from the unit area. As with other vegetables, spinach is usually grown using inorganic fertilizers. On the other hand, fertilization in spinach must be performed carefully because it is a leafy vegetable. Excessive and unconsciously used chemical nitrogen fertilizers increase the nitrate accumulation in the plant, which is harmful to human health. Spinach is one of the vegetables with the highest nitrate accumulation (Santamaria, 2006). Therefore, the use of organic fertilizers in spinach cultivation should be expanded.

It is very important to examine the effects of organic fertilizers on soil and plant productivity to increase yield and quality, improve the physical and chemical structure of the soil and prevent environmental pollution in spinach cultivation. Such studies are necessary to encourage and increase the use of organic fertilizers in vegetable cultivation. By using organic fertilizers, it is aimed to ensure sustainability in agriculture, improve agricultural soils and increase productivity with less cost per unit area.

The objective of this study was to investigate the effects of different organic fertilizers on plant growth, yield, quality properties and element contents of spinach grown under open field conditions in Bolu province. In addition to, organic fertilizers were compared with inorganic fertilizer.

## MATERIAL AND METHOD

The research was carried out under open field conditions in Yeniakçakavak village of central district of Bolu province in Turkey (latitude 40°45'N, longitude 31°40'E, altitude 708 m) during the autumn growing season of 2017.

### Material

Matador spinach variety (*Spinacia oleracea* L.) which is widely grown in Turkey was used as plant material in the study. Before the experiment was established, soil samples were taken from different parts of the field and some physical and chemical properties of the soil were determined by soil analysis. The soil used in the experiment was clayey, pH value of 7.3, organic matter content of 4.81%, lime ratio of 15.30% and EC value of 0.82 dS m<sup>-1</sup>. The nitrogen, phosphorus and potassium contents of the soil were 0.18%, 4.50 mg kg<sup>-1</sup> and 257.79 mg kg<sup>-1</sup>, respectively. Some physical and chemical properties of organic fertilizers (chicken, turkey, sheep, cattle and vermicompost) used in the experiment are shown in Table 1. It was determined that organic fertilizers were rich in organic matter, nitrogen, phosphorus and potassium. The pH value of organic fertilizers varied between 6.8 and 8.1. In general, it was detected that the salt contents of organic fertilizers were high.

**Table 1.** Some physical and chemical properties of organic fertilizers used in the study.*Çizelge 1. Çalışmada kullanılan organik gübrelerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.*

Examined properties	Determined Values				
	Chicken	Turkey	Sheep	Cattle	Vermicompost
pH	7.6	7.7	7.9	8.1	6.8
EC (dS m <sup>-1</sup> )	9.06	7.13	3.85	4.17	4.39
Organic matter (%)	59.33	55.24	53.48	50.17	31.28
Nitrogen (N) (%)	2.67	2.43	1.57	1.12	1.89
Phosphorus (P) (%)	2.70	2.42	1.41	1.02	1.78
Potassium (K) (%)	3.05	2.72	1.69	1.25	1.98

## Method

### *Establishment of the Experiment, Seed Sowing and Cultivation of Plants*

In the study, seven different applications were examined. The applications were as follows: 1) Control, 2) Chicken manure, 3) Turkey manure, 4) Sheep manure, 5) Cattle manure, 6) Vermicompost and 7) Chemical fertilizer. The experiment was established in randomized complete block design with three replications. There were 7 plots in each replication and there were 21 plots (7 X 3 = 21 plots) in total. The experiment field was made ready for sowing in September and 1.60 m<sup>2</sup> plots (1.45 m X 1.1 m) were prepared.

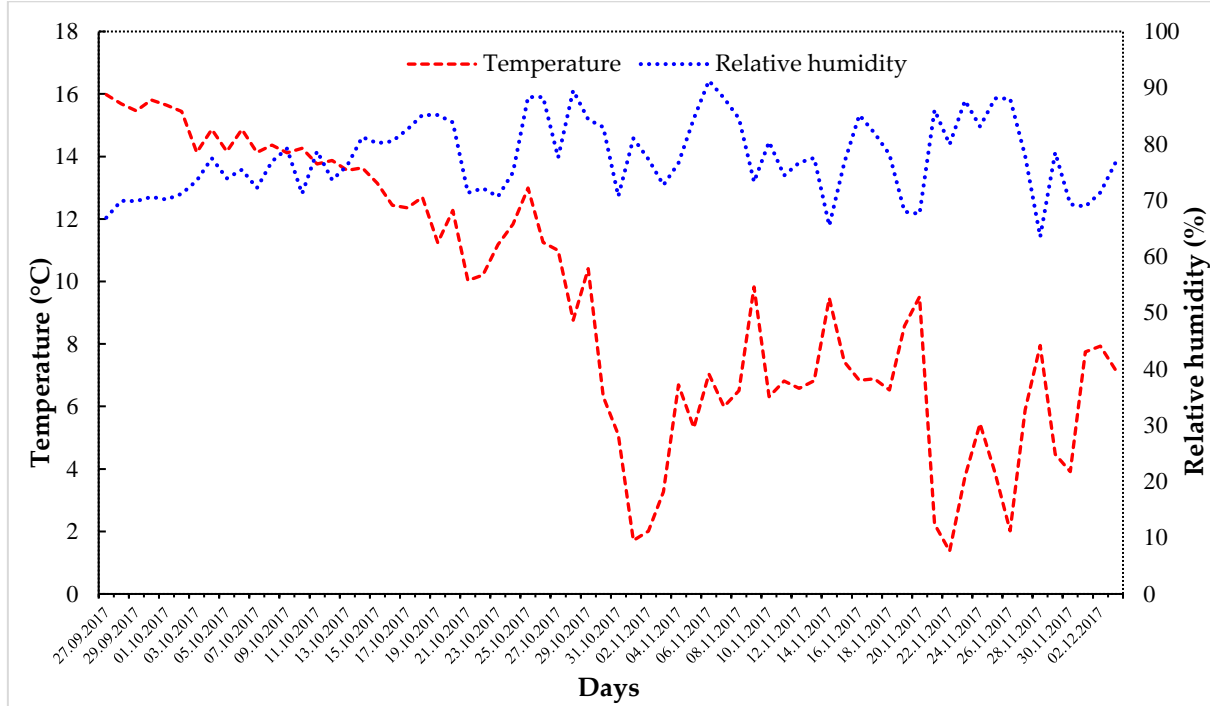
No fertilizer was added to the control application. Organic fertilizers were applied as 1.5 tons da<sup>-1</sup>. Organic fertilizers were mixed into the soil before sowing at 2.4 kg per plot. In chemical fertilizer application, ammonium sulphate, triple superphosphate and potassium sulphate fertilizers were applied at 12 kg N da<sup>-1</sup>, 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup> and 12 kg K<sub>2</sub>O da<sup>-1</sup>. All of phosphorus and potassium fertilizers and half of the nitrogen fertilizer were applied before sowing, while the other half of the nitrogen fertilizer was applied two weeks after sowing.

Seed sowing was done on 27.09.2017. Seeds were sown in 3 rows at 30 cm intervals in the plots. A space of 1 m was left among the plots to prevent the mixing of fertilizers. After the emergence, when the plants reached the 3-4 leaf stage, thinning was done to be intra-row spacing 10-15 cm. All necessary cultural practices were carried out regularly during cultivation period (Vural et al., 2000). No plant protection product was used during the experiment. During the experiment, the temperature and relative humidity values in the experiment field were recorded using a temperature and humidity recorder (Onset HOBO UX100-003 Data Logger, USA) (Figure 1). The plants were harvested 67 days after sowing on 03.12.2017. For the necessary measurements and analyses, the harvested plants were brought to the laboratory of Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Bolu Abant İzzet Baysal University.

### *Measurements and Analyses Made in the Plants*

In the study, 25 properties related to plant growth, yield, quality and 24 elements were examined. Plant height (cm), plant diameter (cm), root length (cm), leaf blade length (cm), leaf blade width (cm) and leaf stalk length (cm) were determined by measuring with a ruler. The root collar diameter (mm), leaf blade thickness (mm) and leaf stalk thickness (mm) were measured with a digital caliper. Plant fresh weight (g) and root fresh weight (g) were detected by weighing with a precision balance. Plant dry weight (g) and root dry weight (g) were determined by weighing with a precision balance the samples after drying in an oven at 65 °C until they reach a constant weight. The number of marketable leaves (number plant<sup>-1</sup>) was determined by counting the marketable leaves. In order to determine the yield (g m<sup>-2</sup>), all of the plants in each plot were harvested by cutting their roots and the total weight was detected over m<sup>2</sup> by weighing with a precision balance. The chlorophyll content of the leaves (spad) was determined with a chlorophyll meter (Apogee Chlorophyll Concentration Meter, MC-100). The dry matter content (%) was determined by using the procedures of AOAC (1990). The pH values of the samples were measured using a digital pH meter (Thermo Scientific, Orion Star A111). Total soluble solid content (%) was measured with a hand-held refractometer (ATC-1, Atago, Japan). The colour properties of the leaves (L\*, a\*, b\*, C\* and h°) were detected

using a colorimeter (3NH NR60CP). The nitrate and phosphorus contents of the samples ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) were determined using UV-visible spectrophotometer (UV-1800, Shimadzu, Japan). The nitrogen and sulphur contents of the samples (%) were detected using Elemental Analyzer CHNS-O (Thermo Scientific, Flash 2000). To determine element (aluminum, arsenic, barium, boron, cadmium, calcium, chrome, cobalt, copper, iron, lead, magnesium, manganese, mercury, nickel, potassium, selenium, sodium, thallium, tinnen and zinc) contents of the samples ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), dried samples were firstly ground by using a grinder (MC23200, Siemens, Germany) and then prepared for analysis according to the microwave digestion method. Element contents of the samples were detected using inductively coupled plasma-mass spectrometry ICP-MS X Series (Thermo Scientific, UK).



**Figure 1.** Temperature and relative humidity values measured in the experiment area during the experiment.

*Şekil 1. Deneme süresince deneme alanında ölçülen sıcaklık ve nispi nem değerleri.*

### Statistical Analysis

All chemical analyses were performed with three replications. Measurements for morphological properties carried out with ten replications. Data obtained in the study were subjected to analysis of variance (ANOVA) using SPSS statistical software (Version 23.0). The means showing statistical significance were compared by Duncan's multiple range test.

### RESULTS AND DISCUSSION

Effects of different fertilizer applications on plant height, plant diameter, plant fresh weight, plant dry weight and yield in spinach are given in Table 2. The difference among the applications in terms of plant fresh weight, plant dry weight and yield was significant at the  $P < 0.05$  level, while the difference among the applications in terms of plant height and plant diameter was significant at the  $P < 0.01$  level. Among the applications, the highest plant height (11.18 cm) was determined in turkey and cattle manure applications, followed by chicken, vermicompost, sheep and chemical fertilizer applications which there was no statistically significant difference among them. On the other hand, the lowest plant height were detected in the control application with 9.66 cm. The highest value in terms of plant diameter was determined in cattle manure (18.27 cm), and it was closely followed by turkey, chicken, chemical, sheep and vermicompost applications which they were statistically in the same group with cattle manure. However, the lowest value in terms of plant diameter was observed in the control (15.82 cm). Plant fresh

weight varied from 8.88 to 11.07 g. Turkey, cattle and chicken manure applications which there was no statistically significant difference among them possessed the highest values in terms of plant fresh weight. They were followed by sheep, vermicompost and chemical fertilizer applications. Conversely, the lowest plant fresh weight were observed in the control. When the effect of different fertilizer applications on plant dry weight in spinach was examined, the highest value was obtained from vermicompost application (1.00 g), and it was followed by chicken and turkey manure applications. On the other hand, the lowest values in terms of plant dry weight were determined in chemical, sheep, cattle and control applications. The highest yield was obtained from cattle and sheep manure applications (444.54 and 425.09 g m<sup>-2</sup>, respectively). Cattle and sheep manure were followed by vermicompost, chicken, turkey and chemical fertilizer applications which they were not statistically different. Conversely, the lowest yield was recorded in the control application (236.36 g m<sup>-2</sup>). In the present study, all organic fertilizer applications increased plant height, plant diameter, plant fresh weight and yield compared with the control. When compared to the control, cattle manure application increased plant height by 15.73%, plant diameter by 15.48% and yield by 88.08%. Furthermore, cattle manure application increased yield by 41.16% compared to the chemical fertilizer. It was determined that turkey manure application increased plant fresh weight by 24.66% and plant height by 15.73% compared to the control. Vermicompost application increased plant dry weight by 20.48% compared with the control. In addition, the higher values in terms of plant height, plant fresh weight, plant dry weight and yield were obtained from all organic fertilizer applications in comparison with chemical fertilizer (Table 2).

**Table 2.** Effects of different fertilizer applications on plant height, plant diameter, plant fresh weight, plant dry weight and yield in spinach.

Çizelge 2. Farklı gübre uygulamalarının ıspanakta bitki boyu, bitki eni, bitki yaş ağırlığı, bitki kuru ağırlığı ve verim üzerine etkileri.

Fertilizers	Plant height (cm)	Plant diameter (cm)	Plant fresh weight (g)	Plant dry weight (g)	Yield (g m <sup>-2</sup> )
Control	9.66b**	15.82b**	8.88b*	0.83b*	236.36b*
Chicken	10.78a	17.69a	10.78a	0.95ab	367.55ab
Turkey	11.18a	17.74a	11.07a	0.86ab	365.50ab
Sheep	10.38ab	17.39a	10.35ab	0.81b	425.09a
Cattle	11.18a	18.27a	10.84a	0.82b	444.54a
Vermicompost	10.70a	17.21a	9.92ab	1.00a	388.11ab
Chemical	10.34ab	17.50a	9.87ab	0.79b	314.93ab

Means followed by different letters within the same columns are statistically different according to Duncan's multiple range test. \*: significant at P < 0.05, \*\*: Significant at P < 0.01.

Similar to our results, Çıtak et al. (2011) investigated effects of barnyard manure and vermicompost on plant growth in spinach and reported that barnyard manure and vermicompost significantly increased plant height and yield compared to control and the highest plant height and yield were determined in barnyard manure. In another study, it was determined that plant height and yield in farmyard manure were significantly higher than control and chemical fertilizer in spinach (Shaheen et al., 2017). In the study conducted by Mufwanzala and Dikinya (2010) in spinach, it was determined that chicken manure significantly increased plant dry weight as compared with the control. Altuntas et al. (2018) reported that plant height and yield in vermicompost applications was found to be significantly higher than control and chemical fertilizer in spinach. Xu and Mou (2016) stated that vermicompost applications increased plant fresh weight and plant dry weight compared to control in spinach. Likewise, Ansari (2008), Özkan and Müftüoğlu (2016) and Durak et al. (2017) reported that vermicompost applications increased yield compared to the control in spinach and lettuce. In the study carried out by Tavalı et al. (2013) in summer squash, it was detected that chicken manure and vermicompost significantly increased yield as compared with the control. Our results were found to be compatible with the findings of previous researchers. Cıtak and Sonmez (2010) investigated the effects of chemical fertilizer and organic fertilizers (chicken manure,



barnyard manure and blood meal) on plant growth in spinach and found that the highest plant height and yield were determined in chemical fertilizer, which was not compatible with our results.

As seen in Table 3, there was significant difference ( $P < 0.05$ ) in terms of root dry weight among the applications. On the other hand, no statistically significant difference was found among the applications in terms of root length, root collar diameter and root fresh weight. Root length, root collar diameter and root fresh weight depending on the applications in the study ranged from 10.16 to 11.69 cm, 3.06 to 3.80 mm, and 2.75 to 3.68 g, respectively. Among the applications, the highest root dry weight (0.45 g) was determined in turkey manure application, followed by vermicompost, chemical, chicken and sheep manure applications which there was no statistically significant difference among them. The lowest values in terms of root dry weight were detected in control and cattle manure (0.29 and 0.32 g, respectively) applications (Table 3).

Similar to our results, Kashem et al. (2015) and Kumari et al. (2017) reported that vermicompost applications significantly increased root dry weight as compared with the control in tomato and eggplant, respectively. In another study, there was no statistically significant difference with respect to root length among control and vermicompost applications in lettuce (Adiloğlu et al., 2018), which was compatible with our findings. In the study carried out by Kovacs et al. (2016) in spinach, root wet weight in cattle manure application was found to be significantly higher than the control. It was reported that vermicompost applications significantly increased root wet weight compared to the control in spinach (Özkan et al., 2016).

**Table 3.** Effects of different fertilizer applications on root length, root collar diameter, root fresh weight and root dry weight in spinach.

*Çizelge 3. Farklı gübre uygulamalarının ıspanakta kök uzunluğu, kök boğazı çapı, kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı üzerine etkileri.*

Fertilizers	Root length (cm)	Root collar diameter (mm)	Root fresh weight (g)	Root dry weight (g)
Control	10.32 <sup>ns</sup>	3.06 <sup>ns</sup>	2.75 <sup>ns</sup>	0.29b*
Chicken	11.36	3.74	3.52	0.36ab
Turkey	10.44	3.80	3.68	0.45a
Sheep	11.54	3.45	2.94	0.35ab
Cattle	10.93	3.44	2.80	0.32b
Vermicompost	11.69	3.46	2.87	0.39ab
Chemical	10.16	3.53	3.12	0.38ab

Means followed by different letters within the same columns are statistically different according to Duncan's multiple range test.

\*: significant at  $P < 0.05$ , ns: non-significant.

The difference among the applications in terms of leaf stalk thickness and number of marketable leaves was significant at the  $P < 0.05$  level, while the difference among the applications in terms of leaf blade length, leaf blade width, leaf blade thickness and leaf stalk length was significant at the  $P < 0.01$  level. Leaf blade length, leaf blade width and leaf blade thickness depending on the applications ranged from 5.02 to 6.41 cm, 4.14 to 5.28 cm, and 0.87 to 1.19 mm, respectively. The highest values in terms of leaf properties mentioned above were obtained from turkey and chicken manure applications, while the lowest values were observed in the control. Leaf stalk length and number of marketable leaves varied from 3.76 to 4.82 cm and 7.81 to 8.57, respectively. Although the lowest leaf stalk length and number of marketable leaves were determined in the control application, the highest values were observed in all fertilizer applications which they were statistically in the same group. Leaf stalk thickness varied between 6.68 (control) and 7.73 (chicken manure) mm. In the study, it was determined that all organic fertilizer applications significantly increased leaf blade length, leaf blade width, leaf blade thickness, leaf stalk length, leaf stalk thickness and number of marketable leaves in comparison with control. In addition, the higher values with regard to number of marketable leaves were obtained from all organic fertilizer applications compared to chemical fertilizer. When compared to the control, turkey manure application increased leaf blade length by 27.69%.

It was found that chicken manure application increased leaf blade width by 27.54% and number of marketable leaves by 9.73% compared with the control (Table 4).

Çıtak et al. (2011) reported that barnyard manure and vermicompost significantly increased leaf stalk length, leaf stalk thickness and number of leaves compared to the control in spinach. It was detected that vermicompost applications significantly increased leaf length, leaf width and number of leaves as compared with the control in spinach (Özkan et al., 2016). Xu and Mou (2016) reported that vermicompost applications increased number of leaves compared to the control in spinach. Likewise, it was found that vermicompost applications increased leaf length, leaf width and number of leaves as compared with the control in lettuce (Özkan and Müftüoğlu, 2016; Adiloğlu et al., 2018). The results obtained in this study regarding leaf properties are consistent with the findings in the literature. Çıtak and Sonmez (2010) reported that the highest leaf stalk length, leaf stalk diameter and number of leaves in spinach were determined in chemical fertilizer among chicken manure, barnyard manure, blood meal and chemical fertilizer, which was not consistent with our findings.

**Table 4.** Effects of different fertilizer applications on leaf blade length, leaf blade width, leaf blade thickness, leaf stalk length, leaf stalk thickness and number of marketable leaves in spinach.

Çizelge 4. Farklı gübre uygulamalarının ıspanakta yaprak ayası boyu, yaprak ayası eni, yaprak ayası kalınlığı, yaprak sapı uzunluğu, yaprak sapı kalınlığı ve pazarlanabilir yaprak sayısı üzerine etkileri.

Fertilizers	Leaf blade length (cm)	Leaf blade width (cm)	Leaf blade thickness (mm)	Leaf stalk length (cm)	Leaf stalk thickness (mm)	Number of marketable leaves (number plant <sup>-1</sup> )
Control	5.02c**	4.14d**	0.87c**	3.76b**	6.68c*	7.81b*
Chicken	6.34a	5.28a	1.12ab	4.49a	7.73a	8.57a
Turkey	6.41a	5.21a	1.19a	4.81a	7.49ab	8.52a
Sheep	5.81b	4.64bc	1.08abc	4.46a	6.85bc	8.52a
Cattle	6.19ab	5.00ab	0.98bc	4.82a	7.16abc	8.33a
Vermicompost	5.74b	4.40cd	0.93bc	4.32a	6.83bc	8.43a
Chemical	5.91ab	4.73bc	0.95bc	4.41a	7.11abc	8.14ab

Means followed by different letters within the same columns are statistically different according to Duncan's multiple range test. \*: significant at  $P < 0.05$ , \*\*: Significant at  $P < 0.01$ .

The analysis of variance showed that there were significant differences ( $P < 0.01$ ) among the applications in terms of chlorophyll content, dry matter content, pH, total soluble solid content and nitrate content in spinach. Chlorophyll content in spinach plants belonging to different applications varied between 54.71 and 68.93 spad. The highest chlorophyll content was observed in chicken manure application, followed by sheep manure application, though the lowest chlorophyll content was recorded in the control application. The maximum and minimum dry matter contents were obtained from cattle manure (5.89%) and control (4.32%) applications, respectively. In the present study, pH content of spinach plants varied between 6.53 and 6.76. The highest pH values were determined in turkey, chemical, sheep and chicken manure applications which they were statistically in the same group. On the other hand, the lowest pH was detected in the plants applied vermicompost fertilizer. The total soluble solid content varied between 1.51 and 2.28% depending on the applications. The highest values with regard to total soluble solid content were found in turkey, chemical, sheep, control and cattle manure applications, while the lowest values were observed in vermicompost and chicken manure applications. There was a wide range variation in nitrate content of spinach plants. When the nitrate content was examined, the highest values were found in chicken, vermicompost, chemical and cattle manure applications (1182.62, 1109.93, 1095.97 and 1017.29 mg kg<sup>-1</sup>, respectively). Whereas, the lowest nitrate content was detected in the control application (518.71 mg kg<sup>-1</sup>). It was determined that organic fertilizer applications increased chlorophyll content compared to the control. Chicken manure application increased the chlorophyll content in the plant by 25.99% compared to the control application. The higher values in terms of dry matter content were obtained from all organic fertilizer applications in the study in comparison with control and chemical fertilizer. All fertilizer

applications increased the nitrate content in the plant compared to the control. However, nitrate contents of plants applied sheep, turkey and cattle manure were lower than that of chemical fertilizer. The nitrate content of the plants applied sheep manure was 77.40% lower than the plants applied chemical fertilizer (Table 5).

Baliah and Muthulakshmi (2017) and Kumarpandit et al. (2017) stated that farmyard manure and vermicompost significantly increased chlorophyll contents of spinach and okra compared to the control, which was consistent with our findings. Degwale (2016) and Mohanta et al. (2018) determined that vermicompost increased dry matter content as compared with the control in garlic and broccoli, respectively, which was agreed with our findings. Contrary to our results, it was determined that vermicompost applications increased total soluble solid content compared to the control in spinach (Peyvast et al., 2008). Tavalı et al. (2013) and Tavalı et al. (2014) reported that there was no statistically significant difference with respect to pH value and total soluble solid content among control, vermicompost and chemical fertilizer applications in cauliflower and cabbage. In the present study, the higher nitrate content detected in organic and chemical fertilizer applications compared to the control may be due to the high nitrogen content of these fertilizers. Nevertheless, the nitrate content determined in this study found to be lower than the critical values recommended for human health according to World Health Organization (WHO) and Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Tsai (2005) reported that the high nitrate content in the plant at increasing doses of organic fertilizers is due to increased nitrogen uptake. In the study conducted by Vigardt (2012) on spinach, higher nitrate content in vermicompost applications was found as compared with the control, which was consistent with our findings. In the studies carried out in spinach, broccoli and carrot, the highest nitrate content was determined in chemical fertilizer among vermicompost, chicken manure, barnyard manure and chemical fertilizer (Abubaker et al., 2010; Citak and Sonmez, 2010; Çıtak, 2014).

**Table 5.** Effects of different fertilizer applications on chlorophyll content, dry matter content, pH, total soluble solid content and nitrate content in spinach.

Çizelge 5. Farklı gübre uygulamalarının ıspanakta klorofil içeriği, kuru madde oranı, pH, suda çözünebilir kuru madde miktarı ve nitrat içeriği üzerine etkileri.

Fertilizers	Chlorophyll content (spad)	Dry matter content (%)	pH	Total soluble solid content (%)	Nitrate content (mg kg <sup>-1</sup> )
Control	54.71c**	4.32c**	6.63bc**	2.00a**	518.71d**
Chicken	68.93a	4.59bc	6.72ab	1.53b	1182.62a
Turkey	63.08b	4.62bc	6.76a	2.28a	875.25bc
Sheep	64.19ab	5.61ab	6.73ab	2.17a	617.77cd
Cattle	59.94b	5.89a	6.57cd	1.85ab	1017.29ab
Vermicompost	61.88b	5.03abc	6.53d	1.51b	1109.93ab
Chemical	63.22b	4.05c	6.75a	2.26a	1095.97ab

Means followed by different letters within the same columns are statistically different according to Duncan's multiple range test. \*\*: Significant at P < 0.01.

Significant difference (P < 0.01) was found among the applications with regards to h° (Hue angle) colour value. However, no statistically significant difference was found among the applications with respect to L\*, a\*, b\* and C\* (Chroma) colour values. The h° colour values of the spinach samples varied from 117.88 (vermicompost) to 122.12 (chemical fertilizer). An apparent effect of different fertilizer applications on the colour properties of spinach was not observed (Table 6).

Colour is one of the most important factors in terms of quality in spinach. Similar to our results, in the study carried out by Özen (2018) in lettuce, the effect of different organic materials (waste mushroom compost, leonardite and vermicompost) and their different doses on colour was found to be insignificant.

**Table 6.** Effects of different fertilizer applications on colour properties of the leaves (L\*, a\*, b\*, C\* and h°) in spinach.  
Çizelge 6. Farklı gübre uygulamalarının ıspanakta yaprakların renk özellikleri (L\*, a\*, b\*, C\* ve h°) üzerine etkileri.

Fertilizers	L*	a*	b*	C*	h°
Control	37.97 <sup>ns</sup>	-6.66 <sup>ns</sup>	11.53 <sup>ns</sup>	13.32 <sup>ns</sup>	120.10ab**
Chicken	37.86	-5.98	10.71	12.27	119.13b
Turkey	37.79	-5.89	11.40	12.85	117.91b
Sheep	38.06	-5.75	9.95	11.50	120.17ab
Cattle	38.40	-6.59	11.19	13.00	120.41ab
Vermicompost	37.57	-6.22	11.63	13.19	117.88b
Chemical	37.30	-6.05	9.64	11.38	122.12a

Means followed by different letters within the same columns are statistically different according to Duncan's multiple range test. \*\*: Significant at P < 0.01, ns: non-significant.

Effects of different fertilizer applications on element contents in spinach are presented in Table 7. The differences among the applications in terms of boron (B), barium (Ba), calcium (Ca), chrome (Cr), copper (Cu), potassium (K), magnesium (Mg), manganese (Mn), nitrogen (N), sodium (Na), nickel (Ni), phosphorus (P), lead (Pb), sulphur (S), selenium (Se), tinnen (Sn) and zinc (Zn) contents were significant at the P < 0.01 level, while the differences among the applications in terms of aluminum (Al), arsenic (As), cadmium (Cd) and iron (Fe) contents were significant at the P < 0.05 level. On the other hand, no statistically significant difference was found among the applications in terms of cobalt (Co) content. In addition to, it was determined that the mercury (Hg) and thallium (Tl) contents of spinach plants belonging to different applications examined in the study were below the detection limits (Table 7).

In the current study, a considerable variation in terms of element contents was determined among the applications. Potassium, calcium, magnesium, phosphorus, sodium, nitrogen and sulphur contents depending on the applications varied from 20724 to 25067 mg kg<sup>-1</sup>, 11455 to 15641 mg kg<sup>-1</sup>, 1909 to 2507 mg kg<sup>-1</sup>, 489.26 to 518.82 mg kg<sup>-1</sup>, 397.61 to 770.18 mg kg<sup>-1</sup>, 3.43 to 5.91% and 2.18 to 7.21%, respectively. Among the applications, the lowest values in terms of potassium, calcium, magnesium, phosphorus, nitrogen and sulphur contents were observed in the control. The highest calcium contents were detected in chemical, turkey, vermicompost, cattle and sheep manure applications which they were statistically in the same group. It was determined that the plants applied vermicompost fertilizer had the highest potassium, phosphorus, nitrogen and sulphur contents. The highest values regarding magnesium content were found in turkey, cattle, sheep, chemical and vermicompost applications which they were not statistically different. The highest sodium content was observed in cattle manure application, though the lowest sodium content was recorded in sheep manure application. It was determined that organic fertilizer applications significantly increased essential mineral contents such as potassium, calcium, magnesium, phosphorus, nitrogen and sulphur in the plant compared to the control. When compared to the control, vermicompost application increased potassium content by 20.95% and nitrogen content by 72.30%. Furthermore, vermicompost application increased the sulphur content of the plant approximately 3 times compared with the control. It was found that turkey manure application increased calcium content by 35.26% and magnesium content by 31.36% compared to the control. In addition to this, the higher values in terms of phosphorus, nitrogen and sulphur contents were obtained from all organic fertilizer applications in comparison with chemical fertilizer (Table 7).

Iron, manganese, zinc, boron, copper, barium and selenium contents depending on the applications varied from 107.78 to 170.96 mg kg<sup>-1</sup>, 98.05 to 117.44 mg kg<sup>-1</sup>, 74.06 to 97.06 mg kg<sup>-1</sup>, 44.72 to 52.09 mg kg<sup>-1</sup>, 21.11 to 29.21 mg kg<sup>-1</sup>, 13.85 to 24.81 mg kg<sup>-1</sup> and 0.10 to 0.16 mg kg<sup>-1</sup>, respectively. The highest iron contents were obtained from turkey, chicken, chemical and cattle manure applications which they were not statistically different. Conversely, iron content in control, sheep manure and vermicompost applications was found to be the lowest. The lowest values in terms of manganese, zinc and selenium contents were observed in the control. Manganese content was the highest in chemical and cattle manure applications followed by turkey manure application. Zinc content was the highest in cattle manure application. The highest values in terms of selenium content were determined in cattle, sheep, vermicompost and turkey manure applications

which they were statistically in the same group. The maximum and minimum copper contents were obtained from vermicompost and chemical fertilizer applications, respectively. When the boron content was examined, it was determined that there was no statistically significant difference among turkey, sheep, vermicompost, cattle and chemical fertilizer applications and they had the highest boron contents. However, the lowest boron content was observed in chicken manure and control applications. The highest value with regard to barium content was found in turkey manure application, while the lowest value was observed in chemical fertilizer. It was detected that, all organic fertilizer applications significantly increased iron, manganese, zinc and selenium contents in the plant compared to the control. When compared to the control, cattle manure application increased selenium content by 60.00%, zinc content by 31.06% and manganese content by 17.79%. It was observed that turkey manure application increased iron content by 58.62% compared with the control. Additionally, the higher values in terms of selenium content were obtained from all organic fertilizer applications in comparison with chemical fertilizer (Table 7).

It was determined that the plants applied chemical fertilizer had the highest aluminum content (125.55 mg kg<sup>-1</sup>). Conversely, aluminum content in sheep manure application (76.02 mg kg<sup>-1</sup>) was found to be considerably lower than those of other applications examined in the study. The highest arsenic content was observed in the control application (0.41 mg kg<sup>-1</sup>), though the lowest arsenic content was recorded in vermicompost application (0.25 mg kg<sup>-1</sup>). In the study, the maximum and minimum values for cadmium were detected in chemical fertilizer (0.53 mg kg<sup>-1</sup>) and vermicompost (0.40 mg kg<sup>-1</sup>) applications, respectively. The highest chrome content was found in the control application (0.49 mg kg<sup>-1</sup>), whereas the lowest chrome content was observed in the fertilizer applications (chicken, turkey, sheep, cattle, vermicompost and chemical fertilizer) examined in the study. Nickel content was found to be between 1.07 (chemical fertilizer) and 2.28 mg kg<sup>-1</sup> (control). Lead content was in the range from 0.11 (control) to 0.75 mg kg<sup>-1</sup> (chicken manure). The highest tinnen content was found in cattle manure application with 1.83 mg kg<sup>-1</sup>. On the contrary, tinnen content was the lowest in sheep manure application (1.22 mg kg<sup>-1</sup>). The arsenic, chrome, cobalt, and nickel contents in organic fertilizer applications were found to be lower than the control. Additionally, aluminum and cadmium contents in organic fertilizer applications were lower than that of chemical fertilizer. This is very important considering that arsenic, chrome, cobalt, nickel, aluminum and cadmium are heavy metals. On the other hand, it was determined that lead content in organic fertilizer applications was significantly higher than control and chemical fertilizer (Table 7).

It is thought that the potassium, nitrogen and phosphorus contents of organic fertilizers used in the experiment is effective in increasing potassium, nitrogen and phosphorus contents of plant in organic fertilizer applications compared to the control in this study. Similar to our results, Peyvast et al. (2008) determined that vermicompost applications increased potassium, calcium, magnesium, nitrogen, phosphorus, iron, manganese, zinc and copper contents in spinach compared to the control. Likewise, Hernandez et al. (2010), Tavali et al. (2014) and Durak et al. (2017) reported that vermicompost applications increased potassium, calcium, nitrogen, magnesium, phosphorus, iron, zinc, copper and manganese contents in lettuce and cabbage compared to the control. Çıtak (2014) found that barnyard manure and vermicompost applications increased potassium, sulphur and iron contents in broccoli and carrot compared to control and chemical fertilizer. In the study conducted by Mufwanzala and Dikinya (2010) in spinach, it was determined that chicken manure significantly increased nitrogen and phosphorus contents in the plant compared to the control. Our results were found to be compatible with the findings of previous researchers. Contrary to our results, Çıtak et al. (2011) reported that potassium, magnesium, nitrogen, iron, and zinc contents in barnyard manure and vermicompost applications were lower than the control in spinach. Researchers also found that there were no significant differences with respect to manganese and copper contents among vermicompost, barnyard manure and control applications. In another study, Hınıslı (2014) found that the highest potassium, phosphorus, and boron contents in lettuce were determined in chemical fertilizer among vermicompost, cow manure and sheep manure. Kumarpandit et al. (2017) reported that farmyard manure significantly decreased cadmium content of spinach compared to the control.

Table 7. Effects of different fertilizer applications on element contents in spinach.

Çizelge 7. Farklı gübre uygulamalarının ıspanakta element içerikleri üzerine etkileri.

Fertilizers	Al (mg kg <sup>-1</sup> )	As (mg kg <sup>-1</sup> )	B (mg kg <sup>-1</sup> )	Ba (mg kg <sup>-1</sup> )	Ca (mg kg <sup>-1</sup> )	Cd (mg kg <sup>-1</sup> )
Control	116.14abc*	0.41a*	44.83b**	19.94b**	11455c**	0.43b*
Chicken	105.30abc	0.35abc	44.72b	19.95b	12763bc	0.47ab
Turkey	117.86ab	0.37ab	52.09a	24.81a	15494a	0.46ab
Sheep	76.02c	0.33abc	51.44a	17.84b	13908ab	0.45b
Cattle	99.78abc	0.36ab	49.92a	19.17b	14342ab	0.46b
Vermicompost	81.99bc	0.25c	50.47a	19.95b	14627a	0.40b
Chemical	125.55a	0.29bc	47.73ab	13.85c	15641a	0.53a
Fertilizers	Co (mg kg <sup>-1</sup> )	Cr (mg kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Hg (mg kg <sup>-1</sup> )	K (mg kg <sup>-1</sup> )
Control	0.39 <sup>ns</sup>	0.49a**	24.63b**	107.78b*	nd	20724d**
Chicken	0.27	0.37b	23.25bc	157.56ab	nd	22584c
Turkey	0.38	0.39b	24.06b	170.96a	nd	23594bc
Sheep	0.25	0.30b	24.47b	109.51b	nd	23477bc
Cattle	0.33	0.38b	24.80b	125.32ab	nd	23905abc
Vermicompost	0.26	0.32b	29.21a	113.77b	nd	25067a
Chemical	0.32	0.36b	21.11c	141.32ab	nd	24864ab
Fertilizers	Mg (mg kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	N (%)	Na (mg kg <sup>-1</sup> )	Ni (mg kg <sup>-1</sup> )	P (mg kg <sup>-1</sup> )
Control	1909c**	98.05c**	3.43g**	597.26abc**	2.28a**	489.26f**
Chicken	2135b	102.78bc	5.80b	575.11abc	1.98a	499.61d
Turkey	2507a	114.79ab	5.35c	521.87bc	2.01a	505.27c
Sheep	2400a	105.27abc	4.94e	397.61c	1.61ab	514.88b
Cattle	2445a	115.49a	5.03d	770.18a	1.65ab	496.91de
Vermicompost	2351a	106.47abc	5.91a	650.92ab	1.70ab	518.82a
Chemical	2388a	117.44a	4.75f	543.10bc	1.07b	493.06ef
Fertilizers	Pb (mg kg <sup>-1</sup> )	S (%)	Se (mg kg <sup>-1</sup> )	Sn (mg kg <sup>-1</sup> )	Tl (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )
Control	0.11b**	2.18g**	0.10c**	1.32cd**	nd	74.06c**
Chicken	0.75a	6.25b	0.12bc	1.40c	nd	82.92bc
Turkey	0.16b	5.48c	0.14ab	1.59b	nd	77.03bc
Sheep	0.56a	3.64e	0.15a	1.22d	nd	75.89bc
Cattle	0.50a	5.05d	0.16a	1.83a	nd	97.06a
Vermicompost	0.54a	7.21a	0.14ab	1.54b	nd	76.30bc
Chemical	0.13b	2.29f	0.11bc	1.41c	nd	84.63b

Means followed by different letters within the same columns are statistically different according to Duncan's multiple range test. \*: Significant at P < 0.05, \*\*: Significant at P < 0.01, ns: non-significant, nd: not detected.

## CONCLUSION

Nowadays, the use of organic fertilizers in vegetable cultivation has gained great importance in terms of both human and environmental health and sustainability in agriculture. In this study, the effects of different organic fertilizer applications on plant growth, yield, quality properties and element contents of spinach grown under open field conditions in Bolu province were investigated. According to findings obtained from the present study, the applications evaluated in the study significantly affected the plant growth, yield, quality properties and element contents in spinach. The results also indicated that organic

fertilizer applications generally increased yield, plant height, plant wet weight, plant dry weight, dry matter content, number of marketable leaves, nitrogen, phosphorus, sulphur and selenium contents of the plant in comparison with control and chemical fertilizer. The highest yield was determined in cattle manure application. An apparent effect of different fertilizer applications on the colour properties of spinach was not observed. In organic fertilizer applications, heavy metal contents such as arsenic, chrome, cobalt, and nickel were found to be lower than the control. Additionally, the contents of heavy metals such as aluminum and cadmium in organic fertilizer applications were lower than that of chemical fertilizer. Consequently, all organic fertilizer applications in terms of yield, plant height, plant wet weight, dry matter content, number of marketable leaves, nitrogen, phosphorus, sulphur and selenium contents; chicken, turkey and sheep manures in terms of chlorophyll content; chicken, turkey and cattle manures in terms of leaf blade length, leaf blade width and leaf stalk thickness; turkey and sheep manures in terms of total soluble solid and nitrate contents; vermicompost in terms of potassium content; turkey, vermicompost, cattle and sheep manures in terms of calcium, magnesium and manganese contents; turkey, chicken and cattle manures in terms of iron content; cattle and chicken manures in terms of zinc content were found to be the most successful organic fertilizer applications. It was concluded that organic fertilizers examined in the study have positive effects on plant growth, yield, quality properties and element contents of spinach and organic fertilizers can be used successfully for sustainable agriculture in spinach cultivation. The findings of this study will be beneficial in terms of reducing the use of chemical fertilizers in agricultural production, contributing to the widespread use of organic fertilizers, and obtaining healthier and higher quality agricultural products in Turkey.

#### CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that they have no conflict of interest.

#### DECLARATION OF AUTHOR CONTRIBUTION

Beyhan Kibar: Design of the study, statistical analysis, evaluation of the study, writing of the manuscript  
Özgül Yaman Türkkan: Carrying out of the experiment, performing of the field and laboratory studies,

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank Assoc. Prof. Dr. Ferit Sönmez for his support in the chemical analyses and Unit of Scientific Research Projects (2017.10.05.1195) of Bolu Abant İzzet Baysal University for the financial support. This article was produced from Özgül Yaman Türkkan's M.Sc thesis "Effects of Different Organic Fertilizer Applications on Plant Growth, Yield, Quality Properties and Nutrient Content in Spinach (*Spinacia oleracea* L.)".

#### REFERENCES

- Abubaker, S. M., Abu-Zahra, T. R., Alzubi, Y. A., & Tahboub, A. B. (2010). Nitrate accumulation in spinach (*Spinacia oleracea* L.) tissues under different fertilization regimes. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8(2), 778-780.
- Adiloğlu, A., & Eraslan, F. (2012). Gübreler ve gübreleme tekniği. M. R. Karaman (Ed.), *Bitki Besleme Sağlıklı Bitki, Sağlıklı Üretim*. (ss. 420-421). Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi, 2, Ankara.
- Adiloğlu, S., Eryılmaz Açıkgöz, F., Solmaz, Y., Çaktü, E., & Adiloğlu, A. (2018). Effect of vermicompost on the growth and yield of lettuce plant (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*). *International Journal of Plant & Soil Science*, 21(1), 1-5. <https://doi.org/10.9734/IJPSS/2018/37574>
- Altuntas, O., Durak, A. & Kucuk, R. (2018). Optimization and comparison of the effects of vermicompost and conventional fertilization on spinach (*Spinacia oleracea* L.) growth. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16 (5), 7001-7016.
- Ansari, A. A. (2008). Effect of vermicompost on the productivity of potato (*Solanum tuberosum*), spinach (*Spinacia oleracea*) and turnip (*Brassica campestris*). *World Journal of Agricultural Sciences*, 4(3), 333-336.
- Baliah, T. N., & Muthulakshmi, P. (2017). Effect of microbially enriched vermicompost on the growth and biochemical characteristics of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). *Advances in Plants & Agriculture Research*, 6(5), 00228. <https://doi.org/10.15406/apar.2017.06.00228>

- Citak, S., & Sonmez, S. (2010). Effects of conventional and organic fertilization on spinach (*Spinacea oleracea* L.) growth, yield, vitamin C and nitrate concentration during two successive seasons. *Scientia Horticulturae*, 126(4), 415-420. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.08.010>
- Çıtak, S., Sönmez, S., Koçak, F., & Yaşın, S. (2011). Vermikompost ve ahır gübresi uygulamalarının ıspanak (*Spinacia oleracea* var. L.) bitkisinin gelişimi ve toprak verimliliği üzerine etkileri. *Derim*, 28(1), 56-69.
- Çıtak, S. (2014). *Farklı organik gübreler ile toprak düzenleyicinin brokoli (Brassica oleracea L. var. italica) ve havuç (Daucus corata L.) yetiştiriciliğinde verim ve kalite üzerine etkileri*. [Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Degwale, A. (2016). Effect of vermicompost on growth, yield and quality of garlic (*Allium sativum* L.) in Enebe Sar Midir District, Northwestern Ethiopia. *Journal of Natural Sciences Research*, 6(3), 51-63.
- Durak, A., Altuntaş, Ö., Kutsal, İ. K., Işık, R., & Karaat, F. E. (2017). The effects of vermicompost on yield and some growth parameters of lettuce. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 5(12), 1566-1570. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i12.1566-1570.1461>
- Garg, V. K., & Gupta, R. (2009). Vermicomposting of Agro-Industrial Processing Waste. In P. S. Nigam & A. Pandey (Eds.), *Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilisation* (pp. 431-456). Springer, Dordrecht.
- Hernandez, A., Castillo, H., Ojeda, D., Arras, A., Lopez, J., & Sanchez, E. (2010). Effect of vermicompost and compost on lettuce production. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70(4), 583-589.
- Hınıslı, N. (2014). *Vermikompost gübresinin kıvrıkcık bitkisinin gelişmesi üzerine etkisinin belirlenmesi ve diğer bazı organik kaynaklı gübrelerle karşılaştırılması*. [Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Kacar, B., & Katkat V. A. (2007). *Gübreleme ve Gübreleme Tekniği*. Nobel Basımevi, Ankara.
- Kallo, G., & Bergh, B. O. (1993). *Genetic Improvement of Vegetable Crop*. Percamon Press. New York.
- Karaman, M. R., & Turan, M. (2012). Bitki beslemede sürdürülebilir yönetim stratejisi ve gübre etkinlik parametreleri. *Toprak Su Dergisi* 1(1), 15-21.
- Karmakar, S., Brahmachari, K., Gangopadhyay, A., & Choudhury, S. R. (2012). Recycling of different available organic wastes through vermicomposting. *Journal of Chemistry*, 9(2), 801-806. <https://doi.org/10.1155/2012/945762>
- Kashem, M. A., Sarker, A., Hossain, I., & Islam, M. S. (2015). Comparison of the effect of vermicompost and inorganic fertilizers on vegetative growth and fruit production of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Open Journal of Soil Science*, 5, 53-58. <https://doi.org/10.4236/ojss.2015.52006>
- Kovacs, A. B., Kremper, R., Kincses, I., & Leviczky, A. (2016). Influences of different organic fertilizers on nutrients of humic sandy soil and on the growth of Spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Acta Agraria Debreceniensis*, 70, 23-28. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/70/1812>
- Kumar, B., & Topal, D. (2015). Comparative study of normal soil and vermicompost. *International Journal of Novel Research in Life Sciences*, 2(2), 4-8.
- Kumari, N., Yadav, B. S., & Peter, J. K. (2017). Synergistic effect of vermicompost, vermiwash, bioaugmentation and carrier based biofertilizer on growth of *Solanum melongena* L. var. Silligudi 111 (Brinjal). *International Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 4(3), 66-70.
- Kumarpanidit, T., Kumarnaik, S., Patra, P. K., Dey, N., Patra, P. K., & Das, D. K. (2017). Influence of organic manure and lime on cadmium mobility in soil and uptake by spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 48(4), 357-369. <https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1261886>
- Lampkin, N. (2002). *Organic Farming*. Old Pond Publishing, 104 Valley Road Ipswich, IPI 4PA, U.K.
- Mercik, S., & Stepien, W. (2006). Crop yields and selected soil properties on manured and not manured fields at the period of many years. *Nawozy Nawozenie (Fertilisers and Fertilization)*, 8(4), 141-149.
- Mohanta, R., Nandi, A. K., Mishra, S. P., Pattnaik, A., Hossain, M. M., & Padhiary, A. K. (2018). Effects of integrated nutrient management on growth, yield, quality and economics of sprouting broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) cv. Shayali. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(1), 2229-2232.



- Mufwanzala, N., & Dikinya, O. (2010). Impact of poultry manure and its associated salinity on the growth and yield of spinach (*Spinacea oleracea*) and carrot (*Daucus carota*). *International Journal of Agricultere & Biology*, 12(4), 489-494.
- Özen, N. (2018). *Marul bitkisinin verim ve kalitesi üzerine farklı mineralizasyon oranlarına sahip organik uygulamaların etkileri*. [Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Özkan, N., & Müftüoğlu, N. M. (2016). Farklı dozlardaki vermikompostun marul verimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkisi. *Bahçe Dergisi*, 45, 121-124.
- Özkan, N., Dağlıoğlu, M., Ünser, E., & Müftüoğlu, N. M. (2016). Vermikompostun ıspanak (*Spinacia oleracea* L.) verimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkisi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(1), 1-5.
- Peyvast, G. H., Olfati, J. A., Madeni, S., & Forghani, A. (2008). Effect of vermicompost on the growth and yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 6(1), 110-113. <https://doi.org/10.1007/s40093-014-0077-8>
- Santamaria, P. (2006). Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC rugulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(1), 10-17. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2351>
- Savcı, S. (2012). An agricultural pollutant: Chemical fertilizer. *International Journal of Environmental Science and Development*, 3(1), 77-80.
- Schoenau, J. J. (2006). Benefits of long-term application of manure. *Advances in Pork Production*, 17, 153-158.
- Shaheen, S., Khan, M., Khan, M. J., Jilani, S., Bibi, Z., Munir, M., & Kiran, M. (2017). Effective Microorganisms (EM) co-applied with organic wastes and NPK stimulate the growth, yield and quality of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Sarhad Journal of Agriculture*, 33(1), 30-41. <https://doi.org/10.17582/journal.sja/2017.33.1.30.41>
- Shetinina, E., Shetinina, A., & Potashova, I. (2019). *Efficiency of vermicompost production and use in agriculture*. E3S Web of Conferences 91: 06006. EDP Sciences
- Soyergin, S. (2003). *Organik Tarımda Toprak Verimliliğinin Korunması, Gübreler ve Organik Toprak İyileştiricileri*. Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yalova.
- Tavali, İ. E., Maltaş, A. Ş., Uz, İ., & Kaplan, M. (2013). Karnabaharın (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) verim, kalite ve mineral beslenme durumu üzerine vermikompostun etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(2), 115-120.
- Tavali, İ. E., Maltaş, A. Ş., Uz, İ., & Kaplan, M. (2014). Vermikompostun beyaz baş lahananın (*Brassica oleracea* var. *alba*) verim, kalite ve mineral beslenme durumu üzerine etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(1), 61-67.
- Tsai, Y. H., Hsu, H. M., & Chung, R. S. (2005). The effect of application of different rates of organic fertilizer on the soil properties and nitrogen uptake of vegetables planted in plastic house. *Journal of the Agricultural Association of China*, 6(3), 229-244.
- TÜİK. (2021). Bitkisel üretim istatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr>. [Erişim tarihi: 13 Mart 2022].
- Vigardt, A. (2012). *Influence of coffee vermicompost on growth and nutrient quality of greenhouse spinach and field grown green bell peppers*. [MSc Thesis, Southern Illinois University].
- Vural, H., Eşiyok, D., & Duman, İ. (2000). *Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme)*. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Watson, C. A., Atkinson, D., Gosling, P., Jackson, L. R., & Rayns, F. W. (2002). Managing soil fertility in organic farming systems. *Soil Use and Management*, 18, 239-247. <https://doi.org/10.1079/SUM2002131>
- Xu, C., & Mou, B. (2016). Vermicompost affects soil properties and spinach growth, physiology, and nutritional value. *HortScience*, 51(7), 847-855. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.51.7.847>



# Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi

## International Journal of Agriculture and Wildlife Science

2022, 8(2): 223 – 233, doi: 10.24180/ijaws.1096626



### Yaprak Alma ve Su Potansiyeli Uygulamalarının Merlot Üzüm Çeşidinde Salkım Özellikleri ve Verime Etkileri\*

Leaf Defoliation and Leaf Water Potential Effects on Cluster Properties and Yield in cv. Merlot

İlknur Korkutal<sup>1</sup> , Elman Bahar<sup>2</sup> , Serkan Candar<sup>3</sup> , Fatma Betül Aktaş<sup>4</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 31.03.2022

Kabul Tarihi (Accepted): 06.07.2022

Yayın Tarihi (Published): 22.08.2022

**Öz:** Bu araştırma Tekirdağ ili Şarköy ilçesinde Chateau Kalpak bağlarında Merlot/41B aşı kombinasyonu kullanılarak yaprak su potansiyeli ve yaprak alma uygulamalarının salkım özellikleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Deneme 2019-2020 ve 2020-2021 vejetasyon periyodunda bağda iki yıl süreyle yürütülmüştür. Yapılan yaprak su potansiyeli uygulamaları [S0 (Kontrol=sulamasız), S1 (-0.3/-0.5 MPa), S2 (-0.5/-0.7 MPa) ve S3 (<-0.7 MPa)] ve yaprak alma uygulamaları; Kontrol, Tam Pencere, Sağ Pencere ve Sol Pencere uygulaması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak; Tekirdağ ili Şarköy ilçesinde Merlot üzüm çeşidi yetiştiriciliğinde düşük salkım eni, salkım boyu, salkım ağırlığı ve salkımdaki tane sayısı elde edilmesi istendiğinde; Sol Pencere uygulamasının seçilebileceği, düşük salkım ağırlığı, salkım hacmi ve salkım sıklığı istendiğinde de S3 stres uygulamasının tercih edilebileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yaprak alma, Merlot, su stresi, salkım özellikleri, *Vitis vinifera* L.

&

**Abstract:** This research was carried out in order to determine the effects of leaf water potential and defoliation applications on the cluster characteristics by using Merlot/41B grafting combination in Chateau Kalpak vineyards in Sarkoy district of Tekirdag province. The trial was carried out in a vineyard for two years in the vegetation period of 2019-2020 and 2020-2021. In the experiment, there were leaf water potential [S0 (Control=no irrigation), S1 (-0.3/-0.5 MPa), S2 (-0.5/-0.7 MPa) and S3(<-0.7 MPa)] and defoliation methods; Control, Full Window, Right Window and Left Window were done respectively. As a result if vigneron's want; low cluster width, low cluster length, low cluster weight and low number of berry per cluster in Merlot cv. in Sarköy district of Tekirdağ was concluded that Left Window application can be selected. And also S3 application can be preferred when low cluster weight, low cluster volume and low cluster compactness are desired.

**Keywords:** Defoliation, Merlot, water stress, bunch characteristics, *Vitis vinifera* L.

**Atıf/Cite as:** Korkutal İ., Bahar E., Candar S. & Aktaş F B. (2022). Yaprak Alma ve Su Potansiyeli Uygulamalarının Merlot Üzüm Çeşidinde Salkım Özellikleri ve Verime Etkileri. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 8 (2), 223-233. Doi: 10.24180/ijaws.1096626.

**İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/pub/ijaws>

Copyright © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Prof. Dr. İlknur Korkutal, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, ikorkutal@nku.edu.tr (Sorumlu Yazar / Corresponding author)

<sup>2</sup> Prof. Dr. Elman Bahar, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, ebahar@nku.edu.tr

<sup>3</sup> Dr. Serkan Candar, Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü, serkan.candar@tarimorman.gov.tr

<sup>4</sup> Zir. Yük. Müh. Fatma Betül Aktaş, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, betul-aktas\_45@hotmail.com

\*Bu makale 3. Yazarın Yüksek Lisans tezinin bir kısmından oluşmaktadır.

## GİRİŞ

Yapraklar, üzümün olgunlaşması sırasında tanedeki şeker ve nitrojen birikimine önemli katkıda bulunan organlardır (Rossouw vd., 2017). Üzüm olgunlaşması esnasında yaprakların alınması şeker ve nitrojen birikiminde azalmaya neden olabilecek potansiyel bir karbon (C) ve N kaynağını ortadan kaldırır (Rossouw vd., 2018). Diğer bir ifadeyle yaprak alma salkım bölgesindeki mikroklimatik koşulları önemli derecede etkileyerek üzüm kompozisyonunu değiştirebilir (Kliewer ve Dokoozlian, 2005). Ayrıca yaprak alma asmanın üretim merkezi-tüketim merkezi dengesinde önemli fizyolojik etkiler yaratabilir (Bowen, 2009). Bunlar; salkıma giden fotosentez ürünlerinin azalması (Vaillant-Gaveau vd., 2014), sınırlı kök büyümesi (Hunter vd., 1995), salkıma giden asimilatların bölünmesi (Poni vd., 2008; Palliotti vd., 2011) ve su etkinliğinin azalması (Medrano vd., 2007) olarak sıralanabilir.

Erken dönem yaprak almanın Teran üzüm çeşidinde üzüm kalitesini yükselttiği Bubola vd. (2022) tarafından bildirilmiştir. Tekirdağ koşullarında Cabernet-Sauvignon üzüm çeşidinde yaprak alma uygulaması olarak, sadece ana yaprakların alınmasının ilerleyen yıllarda asma gelişimini zayıflatarak verim azalışı yaratabileceği belirtilmiştir (Bahar vd., 2018). Syrah üzüm çeşidinde farklı yaprak alma uygulamaları gerçekleştiren araştırmacılar; bu uygulamaların salkımlara ve verime etkisinin istatistiki olarak önemli olmadığı sonucuna varmışlardır. Ancak ana yaprakların omca üzerinde bırakıldığı uygulamaların diğer uygulamalardan biraz yüksek değerler aldığını kaydetmişlerdir (Korkutal vd., 2017). Ferlito vd. (2019), Nerello Mascalese üzüm çeşidinde erken dönemde bazal yaprak alma yaptıkları omcaları kontrol omcaları ile karşılaştırdıklarında; bu asmaların her iki yılda da daha yüksek su durumu (Kontrolle göre daha düşük negatif gün ortası YSP) gösterdiğini saptamışlardır. Tardaguila vd. (2010), erken dönemde mekanik veya el ile yaprak almanın etkilerini Carignane üzüm çeşidinde incelemişlerdir. Omcalarda çiçeklenme öncesi elle yaprak alma uygulamasının verimi %30; mekanik yaprak almanın da %70 azalttığını belirlemişlerdir. Palliotti vd. (2012), Ciliegiole kırmızı üzüm çeşidi çiçeklenme öncesi yaprakların %75-80'ini almışlar ve bu asmaların yaprak alma yapılmayan omcalara göre hafif ve seyrek salkımlar oluşturduğunu kaydetmişlerdir. Teker ve Altındisli (2021), Sultani Çekirdeksiz üzüm çeşidinde yapılan yaprak almanın verimi önemli etkilemediği; ancak, %50 yaprak almanın %25'e nazaran verimi yükselttiğini ortaya koymuşlardır.

Küresel iklim değişikliği nedeniyle azalan su kaynakları, asma yaşam döngüsünde etkili olmaktadır. Sürdürülebilir bir bağcılık için su varlığı çok önemlidir (Medrano ve ark., 2015). Kuraklık önemli bir abiyotik strestir (Tester ve Bacic, 2005; Hirayama ve Shinoza, 2010; Cramer vd., 2011). Öte yandan bu stres asmanın fenolojisi ve üzüm kompozisyonuna çok önemli etkide bulunduğu; şarabın vinifikasyonunu, mikrobiyolojisini, kimyasını ve duyuşal özelliklerini de etkilemektedir (De Orduna, 2010; Blancquaert vd., 2019). Korkutal vd. (2011), erken dönem (Mayıs'ın ikinci haftası-Haziran'ın ikinci haftası) yaratılan su stresi sonucunda Merlot üzüm çeşidinin ortalama salkım ağırlığı ve veriminin azaldığını belirlemişlerdir. Ayrıca araştırmacılar tarafından Syrah çeşidinde erken dönem su stresinin salkım ağırlığını %41 azalttığı ve buna bağlı olarak da verimin %28 oranında düştüğünü ortaya koymuşlardır (Korkutal vd., 2019).

Merlot üzüm çeşidinde yürütülen bu araştırmada; oluşturulan 4 farklı yaprak su potansiyeli seviyesi ve 4 yaprak alma uygulamasının salkım özellikleri ile verim üzerine etkileri belirlenmiştir. Bunun belirlenmesindeki amaç, kaliteli kırmızı şaraplık üzüm yetiştiriciliği yapmak için; verim ve kalite arasındaki dengenin tesisinde üreticilere yol gösterici olmaktır.

## MATERYAL VE METOT

### *Materyal*

Tekirdağ ili içerisinde Şarköy ilçesi sınırlarında Chateau Kalpak bağında gerçekleştirilen çalışma ardışık iki yıl süreyle (2019/2020 ve 2020/2021 yıllarında) yürütülmüştür. Merlot/41B aşu kombinasyonundan oluşan omcalar kullanılmıştır. Omcalar 2.1 m ve 1.0 m sıra üzeri ve arası mesafelerde dikilmiştir. Gövde yüksekliği 70 cm olan omcalar Espalye sisteminde çift kollu kordon terbiye sistemine sahiptir.

### **Metot**

2019-2020 vejetasyon periyodunda ölçümleri yapılmış olan asmaların homojen olmasını sağlamak adına salkım, sürgün sayıları ve gelişim kuvvetleri benzer seçilmiştir. Deneme asmaları arasında boş asma bırakılmamış; salkım ve sürgün sayılarında farklılık görülen asmalar ve ekstrem örnekler deneme dışı bırakılmıştır. Sonraki yıl ise sürgünler yaklaşık 30 cm olduğunda sürgün ve salkım sayıları tekrar eşitlenmiştir. Homojen oldukları kabul edilen 144 omca üzerinde; 4 farklı stres düzeyi [S0 (Kontrol=sulamasız), S1 (-0.3/-0.5 MPa), S2 (-0.5/-0.7 MPa) ve S3(<-0.7 MPa)] ve 4 farklı yaprak alma (Kontrol, Tam Pencere, Sağ Pencere ve Sol Pencere) uygulaması yapılmıştır.

### **Yaprak Su Potansiyeli (Stres Düzeyleri)**

Beş ile yedi gün aralıklarla ölçülen  $\Psi_{şö}$  (Şafak öncesi yaprak su potansiyeli)'ne göre sulama ihtiyacı olduğunda belirlenen stres aralıkları dikkate alınarak sulama yapılmış ve ertesi gün  $\Psi_{şö}$  kontrolü yapılmıştır. Bu şekilde  $\Psi_{şö}$  değerinin istenilen aralıklarda olup olmadığı denetlenmiştir.

Stres 0 (Kontrol= Sulamasız): Sulama yapılmamış, doğal yağışa bırakılmıştır.

Stres 1 (S1): Şafak öncesi YSP -0.4 MPa ile -0.6 MPa arasında tutulmaya çalışılmıştır (YSP  $\Psi_{şö}$  -0.3/-0.5 MPa).

Stres 2 (S2): Şafak öncesi YSP -0.5 MPa ile -0.7 MPa arasında tutulmaya çalışılmıştır (YSP  $\Psi_{şö}$  -0.5/-0.7 MPa).

Stres 3 (S3): Şafak öncesi YSP -0,7 MPa'dan daha düşük seviyede tutulmaya çalışılmıştır (YSP  $\Psi_{şö}$  <-0.7 MPa).

### **Yaprak Alma Uygulamaları**

Bu uygulamalar ben düşmeden yaklaşık iki hafta sonra yapılmıştır. Sekizinci boğum üzerinden sürgün ile yaprakların alınması ve yedi ile on üçüncü boğumlar arasındaki yaprakların tamamının pencere şeklinde çıkarılmasıyla oluşturulmuştur. Bu uygulamalar; K (Kontrol=Yaprak alma yapılmamış), TP (Tam Pencere), SAP (Sağ Pencere=Batı Pencere) ve SOP (Sol Pencere=Doğu Pencere) şeklinde ayrılmaktadır. Bu arada üzümlerin °Brix 15 ile 17 arasında olmasına dikkat edilmiştir (Alço, 2019).

### **Deneme Deseni ve İstatistik Analiz**

Bölünmüş Parseller Deneme Deseninde kurulan denemede ana parsel stres uygulamalarından; her alt parsel de yaprak alma uygulamalarından oluşturulmuştur. Böylece; 4 farklı stres düzeyi x 4 farklı yaprak alma x 3 tekrür (her tekrürde 3 omca) olmak üzere toplamda 144 asma üzerinde araştırma yürütülmüştür.

Çalışmanın verileri JMP 13.2.0 istatistik programı ile değerlendirilmiş, ardından LSD testi (0.05) ile uygulamaların oluşturduğu farklılıklar belirlenmiştir.

### **Araştırmada İncelenen Kriterler**

Bazı iklimsel değerler ve fenolojik gelişim: Çalışmanın yapıldığı iki yılın iklimsel kayıtları TMM (2020)'den alınmıştır. Ayrıca gerçekleşen gelişim EL aşamaları olarak kayıt altına alınmıştır (Lorenz vd., 1995).

Salkıma ait özellikler hasatta her asmadan alınan 2 salkımda gerçekleştirilmiştir.

Salkım eni-boyu (cm): Salkım eni ve boyu değerleri kaydedilmiştir (OIV, 2009).

Salkım ağırlığı (g): Asma başına verimin salkım sayısına bölünmesi ile gram cinsinden elde edilen değerdir (OIV, 2009).

Salkım hacmi (cm<sup>3</sup>): Salkım su dolu mezüre daldırılarak taşan su hacmi (cm<sup>3</sup>) olarak belirlenmiş ve kaydedilmiştir (OIV, 2009).

Salkımdaki tane sayısı (adet): Salkımın taneleri sayılarak belirlenmiştir (OIV, 2009).

Salkım sıklığı: Salkım sıklığı eşitlik (1) formülüyle belirlenmiştir. İşlem sonucunda bulunan değer 1'den küçük olduğunda sık; eşit veya büyük ise seyrek salkımlıdır (OIV, 2009).

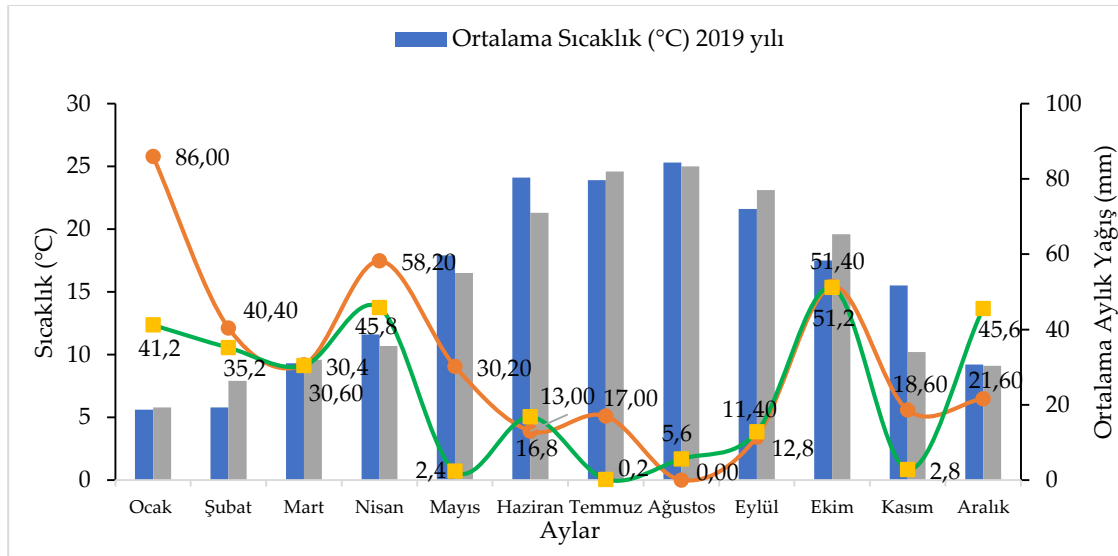
$$\text{Salkım sıklığı} = \frac{\text{Salkım hacmi (cm}^3\text{)}}{[(\text{Salkımdaki tane sayısı} \times \text{tane hacmi (cm}^3\text{)})]} \quad (1)$$

Asma başına verim: Her omcadan hasat edilen salkımlar tartılarak belirlenmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Bazı İklimsel Değerler ve Fenolojik Gelişim

Toplam yağış miktarı 2019 yılında 378.4 mm ve 2020 yılında ise 290.0 mm olduğu belirlenmiştir. 2020 yılı yağışı 2019'dan 88.4 mm fazla bulunmuştur. 1939-2019 yılları arası ortalama yağış miktarı 589.5 mm olup, 2019 yılı 211.1 mm ve 2020 yılı 299.5 mm eksik yağışa sahip olmuştur. 2019 yılı sıcaklık değerleri ortalaması 15.6°C ve 2020 yılı ortalaması 15.3°C olarak gerçekleşmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Deneme yıllarına ait bazı iklim verileri.

Figure 1. Some climatological data of experimental years.

İki yıl boyunca kaydedilen fenolojik gelişim aşamalarına göre; 2019 yılında gözlerin uyanması (EL 05) 11 Nisan, 2020 yılında 15 Nisan olarak belirlenmiştir. Tam çiçeklenme dönemi (EL 23) 2019 yılında 2 Haziran, 2020 yılında 8 Haziran; tane tutumu (EL 27) 2019 yılında 9 Haziran, 2020 yılında 14 Haziran; ben düşme (EL 35) 2019 yılında 20 Temmuz, 2020 yılında 24 Temmuz ve son olarak hasat (EL 38) döneminin 2019 yılında 15 Eylül, 2020 yılında 16 Eylül tarihinde olduğu kaydedilmiştir. Görüldüğü üzere fenolojik gelişim aşamalarının tarihleri 4-6 gün arasında kaymalar göstermiştir.

### Salkım Eni (cm)

Salkım eni üzerine uygulamaların etkileri incelendiğinde sadece Yıl Ana Etkisi (YAT) istatistik olarak (LSD %5) önemli olarak kaydedilmiştir (Çizelge 1).

Salkım eni açısından YAT incelendiğinde 2020 yılının (11.16 cm) ilk önem grubunda, 2019 (10.60 cm) yılının ise son önem grubunda yer aldığı tespit edilmiştir. YUT ve SPT istatistiki açıdan LSD %5 düzeyinde önemli olmamakla birlikte; YUT bakımından salkım eni değerlerinin 10.68 cm (SOP) ile 11.03 cm (K) ile değerleri arasında olduğu; SPT ise S2 (11.05 cm) uygulamasının yüksek; 10.59 cm ile S1 uygulamasının düşük salkım eni değerini aldığı gözlenmiştir. Çalışmada yaprak alma uygulamaları ve yaprak su potansiyeli uygulamaları arasında istatistiki açıdan fark bulunamamıştır; bunun sebebinin bağın homojen yapısı, salkımların eşitlenmesi gibi faktörler olduğu düşünülmektedir.

**Çizelge 1.** Farklı yaprak alma ve su potansiyeli uygulamalarının salkım enine etkileri.

Table 1. Different defoliation and LWP applications effects on cluster lenght.

YSP LW P	Yıllar Years	Uygulamalar Applications				Ana Etkiler Main Effects	
		K	TP	SAP	SOP	SPT	YAT
S0	2019	11.24	10.50	10.30	10.27	10.87	
	2020	10.53	11.06	11.36	11.73		
	Yıl Ort.	10.89	10.78	10.83	11.00		
S1	2019	11.05	9.84	11.30	10.43	10.59	2019 10.60b
	2020	10.30	11.30	10.26	10.26		
	Yıl Ort.	10.67	10.57	10.78	10.35		
S2	2019	11.12	11.17	10.70	11.31	11.05	2020 11.16a
	2020	11.23	11.40	10.40	11.06		
	Yıl Ort.	11.17	11.28	10.55	11.18		
S3	2019	10.98	9.94	9.98	9.55	11.02	
	2020	11.80	12.56	12.46	10.86		
	Yıl Ort.	11.39	11.25	11.22	10.21		
YUT		11.03	11.97	10.84	10.68		

YAT LSD 0.05: 0.47.

K=Kontrol, TP=Tam Pencere, SAP=Sağ (Batı) Pencere, SOP=Sol (Doğu) Pencere, SPT=Yaprak Su Potansiyeli Ana Etkisi, YAT=Yıl Ana Etkisi, YUT=Yaprak Uygulamaları Ana Etkisi

### Salkım Boyu (cm)

Farklı yaprak alma ve su potansiyeli ve uygulamalarının salkım boyu üzerine etkileri incelendiğinde yıllar arasında ve uygulamaların ana etkileri bakımından YAT istatistik açıdan (LSD 0.05) önemli; ana etki ve interaksiyonlar önemsiz bulunmuştur (Çizelge 2).

**Çizelge 2.** Farklı yaprak alma ve su potansiyeli uygulamalarının salkım boyuna etkileri.

Table 2. Different defoliation and LWP applications effects on cluster width.

YSP LW P	Yıllar Years	Uygulamalar Applications				Ana Etkiler Main Effects	
		K	TP	SAP	SOP	SPT	YAT
S0	2019	15.36	13.89	16.57	14.21	16.10	
	2020	17.23	16.13	17.73	17.70		
	Yıl Ort.	16.30	15.01	17.15	15.95		
S1	2019	16.99	16.18	16.35	15.34	16.63	2019 15.96b
	2020	16.90	17.50	16.60	17.20		
	Yıl Ort.	16.94	16.84	16.47	16.27		
S2	2019	17.09	15.92	16.99	15.58	16.55	2020 17.17a
	2020	16.23	17.26	16.36	17.00		
	Yıl Ort.	16.66	16.59	16.67	16.29		
S3	2019	16.54	15.67	16.96	15.68	16.97	
	2020	17.03	18.66	17.40	17.86		
	Yıl Ort.	16.78	17.17	17.18	16.77		
YUT		16.67	16.40	16.87	16.32		

YAET LSD 0.05: 0.57.

K=Kontrol, TP=Tam Pencere, SAP=Sağ (Batı) Pencere, SOP=Sol (Doğu) Pencere, SPT=Yaprak Su Potansiyeli Ana Etkisi, YAT=Yıl Ana Etkisi, YUT=Yaprak Uygulamaları Ana Etkisi.

Salkım boyu açısından YAT'ne göre ilk grupta 2020 yılı (17.17 cm); son önem grupta ise 2019 yılı (15.96 cm) yer almıştır. Yaprak Alma Ana Etkisi bakımından yüksek salkım boyu rakamsal değeri alan uygulama SAP (16.87 cm), düşük rakamsal değeri alan uygulama ise SOP (16.32 cm) uygulaması olduğu anlaşılmıştır. SPT incelendiğinde S0 (16.97 cm) uygulamasının düşük salkım boyuna sahip olduğu; 16.10 cm ile K uygulamasının yüksek salkım boyu değerini aldığı görülmüştür. Michele Palieri üzüm çeşidinde yaprak

almanın salkım boyuna etkisinin istatistiki açıdan önemsiz olduğu belirlenen araştırma bulgusuyla paralel sonuç verdiği görülmüştür (Korkutal vd., 2021). Benzer bulgu Alço (2019) tarafından da alınmıştır.

### Salkım Ağırlığı (g)

Salkım ağırlığına farklı yaprak alma ve su potansiyeli uygulamalarının etkileri ve interaksiyonlarının LSD %5 düzeyinde önemli olmadığı ortaya çıkmıştır (Çizelge 3).

**Çizelge 3.** Farklı yaprak alma ve su potansiyeli uygulamalarının salkım ağırlığına etkileri.

Table 3. Different defoliation and LWP applications effects on cluster weight.

YSP LW P	Yıllar Years	Uygulamalar Applications				Ana Etkiler Main Effects	
		K	TP	SAP	SOP	SPT	YAT
S0	2019	177.00	178.33	207.00	179.33		
	2020	174.60	178.10	190.23	199.53	185.51	
	Yıl Ort.	175.80	178.21	198.61	189.43		
S1	2019	229.00	192.00	226.66	188.33		
	2020	179.43	206.23	188.33	175.76	198.22	
	Yıl Ort.	204.21	199.11	207.50	182.05		2019 2020
S2	2019	207.33	196.66	213.00	219.33		195.93 185.67
	2020	192.90	180.46	171.90	185.43	195.87	
	Yıl Ort.	200.11	202.38	192.45	202.38		
S3	2019	203.00	188.66	164.33	165.00		
	2020	162.90	196.46	194.10	194.33	183.60	
	Yıl Ort.	182.95	192.56	179.21	179.66		
YUT		190.77	189.61	194.44	188.38		

Ö.D. (Önemli Değil).

K=Kontrol, TP=Tam Pencere, SAP=Sağ (Batı) Pencere, SOP=Sol (Doğu) Pencere, SPT=Yaprak Su Potansiyeli Ana Etkisi, YAT=Yıl Ana Etkisi, YUT=Yaprak Uygulamaları Ana Etkisi.

YUT bakımından büyük salkım ağırlığına sahip olan uygulama SAP (194.44 g) olarak belirlenmiştir. Küçük salkım ağırlığı değerine sahip uygulama ise SOP uygulamasından (188.38 g) alınmıştır. SPT açısından rakamsal olarak yüksek salkım ağırlığı değerinin S2 (198.22 g) uygulamasından alındığı görülmüştür. Rakamsal olarak düşük salkım ağırlığı değerinin de S3 (183.60 g) uygulamasına ait olduğu ortaya konmuştur. YAT açısından 2019 yılı (195.93 g) yüksek, 2020 yılı (185.67 g) düşük salkım ağırlığı değeri vermiştir. İstrian Malvasia üzüm çeşidinde salkım ağırlığı üzerine mekanik yaprak alma uygulamalarının istatistiki bir fark yaratmadığı bulunmuştur (Bubola vd., 2019). Çalışmada da buna benzer olarak; yaprak alma uygulamaları arasında istatistiki açıdan herhangi bir fark bulunmadığı görülmüştür. Ancak erken dönem su stresinin Merlot (Korkutal vd., 2011) ve Syrah (Korkutal vd., 2019) üzüm çeşitlerinde ortalama salkım ağırlığını azalttığı bulgularıyla deneme bulgularının paralel olmadığı belirlenmiş, bu farkın erken su stresinden kaynaklandığı düşünülmüştür.

### Salkım Hacmi (cm<sup>3</sup>)

Farklı yaprak alma ve su potansiyeli uygulamalarına göre salkım hacmi incelendiğinde yıl, YSP ve yaprak alma uygulamalarının ana etkileri ile SPT x YUT kombinasyonları LSD %5 önem düzeyinde önemli bulunmamıştır (Çizelge 4).

YUT bakımından yüksek rakamsal değerini alan uygulama SAP (175.75 cm<sup>3</sup>) uygulaması olurken, Kontrol uygulaması ise 168.50 cm<sup>3</sup> değerini alarak düşük salkım hacmi değeri alan uygulama olarak kaydedilmiştir. SPT incelendiğinde ise yüksek salkım hacmi değeri S1 (179.30 cm<sup>3</sup>) uygulamasında ve düşük salkım hacmi değeri ise S3 (164.69 cm<sup>3</sup>) uygulamasında olduğu görülmüştür. YAT 2019 yılı 175.45 cm<sup>3</sup> yüksek salkım hacmi değeri verdiği, 2020 yılı 167.12 cm<sup>3</sup> düşük salkım hacmi değeri verdiği kaydedilmiştir.

**Çizelge 4.** Farklı yaprak alma ve su potansiyeli uygulamalarının salkım hacmine etkileri.

Table 4. Different defoliation and LWP applications effects on cluster volume.

YSP LW P	Yıllar Years	Uygulamalar Applications				Ana Etkiler Main Effects		
		K	TP	SAP	SOP	SPT	YAT	
S0	2019	161.33	159.00	184.00	161.00	167.42		
	2020	154.80	167.00	170.86	181.43			
	Yıl Ort.	158.06	163.00	177.43	171.21			
S1	2019	202.66	183.00	211.66	172.33	179.30		
	2020	152.53	182.43	170.86	158.93			
	Yıl Ort.	177.60	182.71	191.26	165.63			2019
S2	2019	179.33	172.66	190.33	195.66	173.74	175.45	167.12
	2020	168.76	160.80	156.33	166.06			
	Yıl Ort.	174.05	166.73	173.33	180.86			
S3	2019	179.66	164.33	143.66	146.66	164.69		
	2020	148.93	178.93	178.33	177.03			
	Yıl Ort.	164.30	171.63	161.00	161.85			
YUT		168.50	171.02	175.75	169.89			

Ö.D. (Önemli Değil).

K=Kontrol, TP=Tam Pencere, SAP=Sağ (Bati) Pencere, SOP=Sol (Doğu) Pencere, SPT=Yaprak Su Potansiyeli Ana Etkisi, YAT=Yıl Ana Etkisi, YUT=Yaprak Uygulamaları Ana Etkisi.

#### Salkımdaki Tane Sayısı (adet)

Bu kriter üzerine uygulamalar ve yıl etkisi incelendiğinde YAT istatistik olarak (LSD 0.05 seviyesinde) önemli olarak görülmüştür (Çizelge 5).

YAT bakımından salkımdaki tane sayısı değerleri incelendiğinde 2019 yılı 160,11 adet tane sayısı ile birinci; 2020 yılı 142.68 adet tane sayısı ile ikinci önem grubunda yer aldığı tespit edilmiştir. YUT açısından salkımdaki tane sayısı değerlerinin 146.48 adet (SOP) ile 154.72 adet (TP) ile arasında olduğu görülmüştür. SPT incelendiğinde S1 (153.70) uygulaması rakamsal olarak yüksek salkımdaki tane sayısına sahip olduğu ölçülmüştür. Merlot çeşidinde yaprak alma uygulamalarının salkımdaki tane sayısını azalttığı Kotseridis vd. (2012) tarafından bulunmuştur. Çalışma sonucu ile araştırmacıların bulgularının çeliştiği belirlenmiştir. Bu farkın uygulama zamanından kaynaklanmış olabileceği öngörülmüştür. Yıllar açısından bakıldığında istatistiki açıdan önemli olduğu görülmüş ve salkımdaki tane sayısının yıllar içerisinde iklime bağlı olarak değişkenlik gösterebileceği düşünülmüştür.

**Çizelge 5.** Farklı yaprak alma ve su potansiyeli uygulamalarının salkımdaki tane sayısına etkileri.

Table 5. Different defoliation and LWP applications effects on berry number per cluster.

YSP LW P	Yıllar Years	Uygulamalar Applications				Ana Etkiler Main Effects		
		K	TP	SAP	SOP	SPT	YAT	
S0	2019		143.11	163.33	148.44	145.88		
	2020	150.76	143.86	146.56	127.00			
	Yıl Ort.	147.38	143.48	154.95	137.72			
S1	2019	189.00	152.22	175.11	159.55	153.70	2019	2020
	2020	135.56	162.86	122.86	132.43			
	Yıl Ort.	162.28	157.54	148.99	145.99			
S2	2019	160.44	161.89	167.78	170.00	152.98	160.11a	142.68b
	2020	146.23	138.43	134.00	145.13			
	Yıl Ort.	153.34	150.16	150.89	157.56			
S3	2019	169.00	170.33	148.55	139.00	153.02		
	2020	126.10	165.10	155.76	150.33			
	Yıl Ort.	147.55	167.71	152.16	144.66			
YUT		152.63	154.72	151.74	146.48			

YAT LSD 0.05: 10.40.



K=Kontrol, TP=Tam Pencere, SAP=Sağ (Batı) Pencere, SOP=Sol (Doğu) Pencere, SPT=Yaprak Su Potansiyeli Ana Etkisi, YAT=Yıl Ana Etkisi, YUT=Yaprak Uygulamaları Ana Etkisi.

### Salkım Sıklığı

Farklı yaprak alma ve su potansiyeli uygulamalarına göre salkım sıklığı değişimleri incelendiğinde sadece SPT istatistik açıdan önemlidir (Çizelge 6). Yaprak Su Potansiyeli Ana Etkisi dikkate alındığında S1 (0.96) uygulamasının birinci; S2 (0.88) ve S1 (0.85) uygulamalarının ikinci ve S3 (0.77) uygulamasının son önem grubunda olduğu tespit edilmiştir. Kotseridis vd. (2012), yaptıkları çalışmada yaprak alma uygulamasının şiddeti arttıkça salkım sıklığının azaldığını bulgusuyla benzer sonuç elde edilmiştir. Araştırma bulguları salkım bölgesinden erken dönem yaprak alma ile Pinot Gris çeşidinde salkım sıklığının önemli derecede azaldığı (Wegher vd., 2022) bulgusuyla da paralel sonuç alınmıştır. Kontrole nazaran tüm yaprak alma uygulamalarında salkım sıklığı değerleri azaldığı kaydedilmiştir.

**Çizelge 6.** Farklı yaprak alma ve su potansiyeli uygulamalarının salkım sıklığına etkileri.

Table 6. Different defoliation and LWP applications effects on cluster compactness.

YSP LW P	Yıllar Years	Uygulamalar Applications				Ana Etkiler Main Effects		
		K	TP	SAP	SOP	SPT	YAT	
S0	2019	0.74	0.85	0.80	1.02			
	2020	0.72	0.84	0.78	1.04	0.85ab		
	Yıl Ort.	0.73	0.84	0.79	1.03			
S1	2019	0.95	1.05	0.84	0.87			
	2020	1.13	0.82	1.15	0.90	0.96a		
	Yıl Ort.	1.04	0.93	0.99	0.89		2019	2020
S2	2019	0.87	0.75	0.88	0.88		0.84	0.89
	2020	0.93	0.85	1.14	0.80	0.88ab		
	Yıl Ort.	0.90	0.80	1.01	0.84			
S3	2019	0.87	0.71	0.67	0.79			
	2020	1.10	0.72	0.67	0.63	0.77b		
	Yıl Ort.	0.99	0.72	0.67	0.71			
YUT		0.91	0.82	0.86	0.86			

SPT LSD 0.05: 0.11.

K=Kontrol, TP=Tam Pencere, SAP=Sağ (Batı) Pencere, SOP=Sol (Doğu) Pencere, SPT=Yaprak Su Potansiyeli Ana Etkisi, YAT=Yıl Ana Etkisi, YUT=Yaprak Uygulamaları Ana Etkisi.

### Asma Başına Verim (kg asma<sup>-1</sup>)

Asma başına verim kriterine yıl etkisi, YSP ile yaprak alma uygulamalarının etkileri ve SPT x YUT, LSD 0.05 göre önemli bulunmamıştır (Çizelge 7). YUT ve YAT bakımından neredeyse tüm uygulamaların aynı verim değerini aldığı görülmüştür. SPT açısından asma başına verime yüksek etkiyi S1 (2.26 kg asma<sup>-1</sup>) uygulaması yapmıştır. SPT x YUT interaksiyonu açısından incelendiğinde; S1 x TP (2.35 kg asma<sup>-1</sup>) interaksiyonun yüksek asma başına verim değerini aldığı, S3 x K kombinasyonun (2.03 kg asma<sup>-1</sup>) ise düşük asma başına verim değerine sahip olduğu görülmektedir.

Taneler saçma ve bezelye iriliğindeyken Sauvignon Blanc üzüm çeşidinde yaprak almanın verimi artırdığı Würz vd. (2018); bu çalışmada ise yaprak alma uygulamalarının verimi istatistiki açıdan etkilemediği görülmüştür. Bu fark uygulamanın ben düşme döneminde yapılmasından kaynaklanmış olabilir. Korkutal vd. (2017) Syrah üzüm çeşidinde yaprak alma uygulamalarının verime etkisini istatistiki olarak önemli bulmamışlar, bu araştırma ile paralel sonuca erişmişlerdir. Bahar vd. (2017) Sangiovese çeşidinde -0.3 ile -0.5 MPa arasındaki su stresindeki omcaların verim değerinin istatistiki olmamakla birlikte diğer YSP değerlerinden yüksek olduğu bulgusuyla araştırma uyum içindedir. Öte yandan erken dönem su stresinin Merlot (Korkutal vd., 2011) ve Syrah (Korkutal vd., 2019) üzüm çeşitlerinde verimi düşürdüğü bulgusuyla araştırma sonuçları çelişmektedir. Bunun erken dönem su stresinden kaynaklandığı düşünülmüştür.

**Çizelge 7.** Farklı yaprak alma ve su potansiyeli uygulamalarının asma başına verime etkileri.

Table 7. Different defoliation and LWP applications effects on yield per vine.

YSP LW P	Yıllar Years	Uygulamalar Applications				Ana Etkiler Main Effects	
		K	TP	SAP	SOP	SPT	YAT
S0	2019	2.36	2.33	2.33	2.33		
	2020	2.13	2.06	2.26	2.16	2.25	
	Yıl Ort.	2.25	2.20	2.30	2.25		
S1	2019	2.36	2.20	2.26	2.23		
	2020	2.16	2.50	2.26	2.13	2.26	
	Yıl Ort.	2.26	2.35	2.26	2.18		2019 2.22 2020 2.21
S2	2019	2.26	2.13	2.06	2.06		
	2020	2.30	2.16	2.10	2.23	2.16	
	Yıl Ort.	2.28	2.15	2.08	2.15		
S3	2019	2.10	2.10	2.23	2.23		
	2020	1.96	2.33	2.30	2.33	2.20	
	Yıl Ort.	2.03	2.21	2.26	2.28		
YUT		2.20	2.22	2.22	2.21		

Ö.D. (Önemli Değil).

K=Kontrol, TP=Tam Pencere, SAP=Sağ (Batı) Pencere, SOP=Sol (Doğu) Pencere, SPT=Yaprak Su Potansiyeli Ana Etkisi, YAT=Yıl Ana Etkisi, YUT=Yaprak Uygulamaları Ana Etkisi.

## SONUÇ

Çalışmada; su stresinin bitki gelişimini etkilediği ve yaprak alma uygulamalarının fotosentez mekanizmasına olan etkileri görülmüştür. Şaraplık üzüm çeşitlerinde kalite açısından istenilen; düşük salkım ağırlığı, salkım hacmi ve salkım sıklığı özelliklerini yaprak su potansiyeli uygulamalarından S3 vermiştir. Yaprak alma uygulamaları arasında SOP (Sol Pencere) uygulamasının en düşük; salkım eni, salkım boyu, salkım ağırlığı ve salkımdaki tane sayısı değerleri aldığı saptanmıştır.

Sonuç olarak; Tekirdağ ili Şarköy ilçesinde Merlot üzüm çeşidi yetiştiriciliğinde düşük salkım eni, salkım boyu, salkım ağırlığı ve salkımdaki tane sayısı elde edilmesi istendiğinde; SOP uygulamasının seçilebileceği, düşük salkım ağırlığı, salkım hacmi ve salkım sıklığı istendiğinde S3 stres uygulaması tercih edilebileceği sonucuna varılmıştır.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını bildirmektedirler.

## YAZAR KATKISI

Yazarlar makaleye eşit oranda katkıda bulduklarını beyan etmektedirler.

## TEŞEKKÜR

Yazarlar, 2 yıl boyunca bağında araştırma yapılmasına olanak sağlayan Kalpak Tarım Ürünleri Ltd. Şti. sahibi Sayın Bülent KALPAKLIOĞLU'na teşekkür ederler.

## KAYNAKLAR

- Alço, T. (2019). *Gamay üzüm çeşidinde farklı dönemlerde yapılan yaprak alma uygulamalarının önolojik olgunluğa etkileri* [Yüksek Lisans Tezi]. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.
- Bahar, E., Korkutal, İ., & Kabataş, İ. E. (2017). Sangiovese üzüm çeşidinde farklı yaprak su potansiyelleri ( $\Psi_{\text{yaprak}}$ ) ve salkım seyreltme uygulamalarının salkım ve tane özellikleri üzerine etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(2), 138-149. <https://doi.org/10.21597/jist.2017.156>
- Bahar, E., Korkutal, İ., & Öner, H. (2018). Cabernet-Sauvignon üzüm çeşidinde farklı kültürel işlemlerin şıra özellikleri üzerine etkileri. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 32(1), 1-7. <https://doi.org/10.15316/SJAFS.2018.56>
- Blancquaert, E. H., Oberholster, A., Ricardo-da-Silva, J. M., & Deloire, A. J. (2019). Effects of abiotic factors on phenolic compounds in the grape berry - A Review. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 40(1), 92-105. <https://doi.org/10.21548/40-1-3060>

- Bowen, P. (2009). *Foundations of canopy management: the contributions of Dr. Mark Kliewer*. In: *Recent Advances in Canopy Management*. Proceedings of W.M. Kliewer Symposium. 16, Davis, CA, pp. 1-6.
- Bubola, M., Lukic, I., Radeka, S., Sivilotti, P., Grozic, K., Vanzo, A., & Lisjak, K. (2019). Enhancement of Istrian Malvasia wine aroma and hydroxycinnamate composition by hand and mechanical leaf removal. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(2), 904-914. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9262>
- Bubola, M., Sivilotti, P., Rossi, S., Bestulić, E., Plavša, T., & Radeka, S. (2022). Impact of canopy management practices on phenolic composition and sensory profile of cv. Teran wine. *BIO Web Conferences*. 44 02001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224402001>
- Cramer, G. R., Urano, K., Delrot, S., Pezzotti, M., & Shinozaki, K. (2011). Effects of abiotic stress on plants: A systems biology perspective. *BMC Plant Biology*, 11, 1–14. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-11-163>
- De Orduna, R. M. (2010). Climate change associated effects on grape and wine quality and production. *Food Research International*, 43, 1844–1855. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.05.001>
- Ferlito, F., Allegra, M., Torrisi, B., Pappalardo, H., Gentile, A., La Malfa, S., Continella, A., Stagno, F., & Nicolosi, E. (2019). Early defoliation effects on water status, fruit yield and must quality of Nerello mascalese grapes. *Scientia Agricola*, 77, 6, e20190025. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2019-0025>
- Hirayama, T., & Shinozaki, K. (2010). Research on plant abiotic stress responses in the post-genome era: past, present and future. *The Plant Journal*, 61, 1041-1052. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2010.04124.x>
- Hunter, J. J., Ruffner, H. P., Volschenk, C. G., & Le Roux, D. J. (1995). Partial defoliation of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon/99 Richter: Effect on root growth, canopy efficiency; grape composition, and wine quality. *American Journal of Enology and Viticulture*, 46, 306–314.
- Kliewer, W. M., & Dokoozlian, N. K. (2005). Leaf area/crop weight ratios of grapevines: Influence on fruit composition and wine quality. *American Journal of Enology and Viticulture*, 56, 170–181.
- Korkutal, I., Bahar, E., & Carbonneau, A. (2011). Growth and yield responses of cv. Merlot (*Vitis vinifera* L.) to early water stress. *African Journal of Agricultural Research*, 6(29), 6281-6288. <https://doi.org/10.5897/AJAR11.1893>
- Korkutal, İ., Bahar, E., & Bayram, S. (2017). Farklı toprak işleme ve yaprak alma uygulamalarının Syrah üzüm çeşidinde tanede metabolit birikimi ve su stresi üzerine etkileri. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 31(3), 125-135.
- Korkutal, I., Bahar, E., & Carbonneau, A. (2019). Effects of early water stress on grapevine (*Vitis vinifera* L.) growing in cv. Syrah. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(1), 463-472. [https://doi.org/10.15666/aeer/1701\\_463472](https://doi.org/10.15666/aeer/1701_463472)
- Korkutal, İ., Bahar, E., & Zinni, A. (2021). Farklı zamanlarda yapılan yaprak alma ve uç alma uygulamalarının üzümde salkım özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(2), 157-164. <https://doi.org/10.25308/aduziraat.837241>
- Kotseridis, Y., Georgiadou, A., Tikos, P., Kallithraka, S., & Koundouras, S. (2012) Effects of severity of post- flowering leaf removal on berry growth and composition of three red *Vitis vinifera* L. cultivars grown under semiarid conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60(23), 6000-6010. <https://doi.org/10.1021/jf300605j>
- Lorenz, D. E. K., Bleiholder, H., Klose, R., Meier, U., & Weber, E. (1995). Phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. vinifera) codes and descriptions according to the extended BBCH scale. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 1, 100-110. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.1995.tb00085.x>
- Medrano, H., Bota, J., Cifre, J., Flexas, J., Ribas-Carbó, M., & Gulías, J. (2007). Eficiencia en el uso del agua por las plantas. *Investigaciones Geográficas*, 43, 63–84. <https://doi.org/10.14198/INGEO2007.43.04>
- Medrano, H., Tomás, M., Martorell, S., Escalona, J. M., Pou, A., & Fuentes, S. (2015). Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35, 499-517. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0280-z>
- OIV (2009). 2<sup>nd</sup> Edition of the *OIV Descriptor List for Grape Varieties and Vitis Species*. 178p.
- Palliotti, A., Gatti, M., & Poni, S. (2011). Early leaf removal to improve vineyard efficiency: Gas exchange, source-to-sink balance, and reserve storage responses. *American Journal of Enology and Viticulture*, 62, 219–228. <https://doi.org/10.5344/ajev.2011.10094>

- Pallioti, A., Gardia, T., Berrios, J. G., Civardic, S., & Poni, S. (2012). Early source limitation as a tool for yield control and wine quality improvement in a high-yielding red *Vitis vinifera* L. cultivar. *Scientia Horticulturae*, 145, 10-16. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.07.019>
- Poni, S., Bernizzoni, F., & Civardi, S. (2008). The effect of early leaf removal on whole- canopy gas exchange and vine performance of *Vitis vinifera* L. Sangiovese. *Vitis*, 47, 1-6. <https://doi.org/10.5073/vitis.2008.47.1-6>
- Rossouw, G. C., Smith, J. P., Barril, C., Deloire, A., & Holzapfel, B. P. (2017). Implications of the presence of maturing fruit on carbohydrate and nitrogen distribution in grapevines under postveraison water constraints. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 142, 71-84. <https://doi.org/10.21273/JASHS03982-16>
- Rossouw, G. C., Suklje, K., Smith, J. P., Barril, C., Deloire, A., & Holzapfel, B. P. (2018). *Vitis vinifera* berry metabolic composition during maturation: Implications of defoliation. *Physiologia Plantarum*, 164(2), 120-133. <https://doi.org/10.1111/ppl.12715>
- Tardaguila, J., de Toda, F. M., Poni, S., & Diago, M. P. (2010). Impact of early leaf removal on yield and fruit and wine composition of *Vitis vinifera* L. Graciano and Carignan. *American Journal of Enology and Viticulture*, 61(3), 372-381.
- Teker, T., & Altindisli, A. (2021). Excessive pruning levels in young grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. Sultan 7) cause water loss in seedless cluster berries. *International Journal of Fruit Science*, 21(1), 979-992. <https://doi.org/10.1080/15538362.2021.1964416>
- Tester, M., & Bacic, A. (2005). Abiotic stress tolerance in grasses. From model plants to crop plants. *Plant Physiology*, 137, 791-793. <https://doi.org/10.1104/pp.104.900138>
- TMM (2020). Tekirdağ Meteoroloji Müdürlüğü 2019 ve 2020 yılı iklim kayıtları.
- Vaillant-Gaveau, N., Wojnarowicz, G., Petit, A.N., Jacquens, L., Panigai, L., Clement, C., & Fontaine, F. (2014). Relationships between carbohydrates and reproductive development in Chardonnay grapevine: Impact of defoliation and fruit removal treatments during four successive growing seasons. *OENO-One*, 48, 219-229. <https://doi.org/10.20870/oenone.2014.48.4.1694>
- Wegher, M., Faralli, M., & Bertamini, M. (2022). Cluster-zone leaf removal and GA<sub>3</sub> application at early flowering reduce bunch compactness and yield per vine in *Vitis vinifera* cv. Pinot Gris. *Horticulturae*, 8(1), 2311-7524. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8010081>
- Würz, D. A., Allebrandt, R., Marcon Filho, J. L., Bem, B. P. de., Brighenti, A. F., Rufato, L., & Kretschmar, A. A. (2018). Leaf removal timing and its influence on wine grape performance Sauvignon Blanc in high altitude region. *Revista de Ciencias Agroveterinarias*, 17(1), 91-99. <https://doi.org/10.5965/223811711712018091>



## Determination of Genetic Diversity in Banana and Bell Pepper Lines Using Molecular Markers\*

Moleküler Markerlar Kullanarak Çarliston ve Dolmalık Biber Hatlarında Genetik Çeşitliliğin Belirlenmesi

Yahya Nas<sup>1</sup> , Hülya İlbi<sup>2</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 04.04.2022

Kabul Tarihi (Accepted): 10.06.2022

Yayın Tarihi (Published): 22.08.2022

**Abstract:** Successful hybrid cultivar breeding is depend on the high genetic diversity of the plant sources, as well as the homozygous and genetically distant lines requiring hybridization. The aim of this study is to determine the genetic distance between the inbred lines of pepper (*Capsicum annuum* L.) in order to increase efficacy of the breeding program. In this study, the genetic distances between the inbred lines of 44 bell peppers and 35 banana peppers were investigated using the SRAP (Sequence Related Amplified Polymorphism) markers. Based on pattern scores, dendrograms were produced by the UPGMA (unweighted pair-group method of mathematical averages method). Out of the 71 primer combinations tested, 50 combinations revealed polymorphisms among the banana pepper lines, and a total of 123 polymorphic bands were obtained. In the bell pepper lines, 24 SRAP primer combinations were tested and 15 combinations had 25 polymorphic bands. Based on the UPGMA cluster analysis, the pepper lines divided into groups as bell peppers and banana peppers. While the genetic similarity among the banana pepper lines varied between 0.62 and 0.98, the genetic similarity among the bell pepper lines varied between 0.54 and 1.00. As a result, it can be stated that the SRAP markers can be used successfully for determining the genetic distances of the pepper inbred lines thus will help the breeding programme.

**Keywords:** Pepper, genetic relationship, SRAP, polymorphism

&

**Öz:** Hibrit çeşit ıslahında başarının sağlanması; genetik çeşitliliği yüksek bitki kaynağına, melezlenecek hatların homozigot olmasına ve melezlenecek hatların genetik olarak birbirinden uzak olmasına bağlıdır. Bu çalışmada, biber (*Capsicum annuum* L.) saf hatları arasındaki genetik uzaklığın belirlenmesi ve ıslah programının etkinliğinin artırılması amaçlanmıştır. Çalışmada 44 adet dolmalık ve 35 adet çarliston biber saf hatları arasındaki genetik uzaklık, SRAP (Sequence Related Amplified Polymorphism) markeri ile araştırılmıştır. Dendrogramlar UPGMA (unweighted pair-group method of mathematical averages method) yöntemine göre oluşturulmuştur. Test edilen 71 primer kombinasyonundan, çarliston biber hatlarında 50 kombinasyon polimorfizm göstermiş ve toplamda 123 adet polimorfik bant elde edilmiştir. Dolmalık biber hatlarında 24 SRAP primer kombinasyonu test edilmiş ve 15 kombinasyondan 25 polimorfik bant elde edilmiştir. UPGMA küme analizine göre biber hatları dolmalık biber ve çarliston biber olarak gruplara ayrılmıştır. Çarliston biber hatları arasındaki genetik benzerlik 0.62 ile 0.98 arasında değişirken, dolmalık biber hatları arasındaki genetik benzerlik 0.54 ile 1.00 arasında değişmiştir. Sonuç olarak, SRAP markerlerinin biber saf hatlarının genetik uzaklıklarının belirlenmesinde başarılı bir şekilde kullanılarak ıslah programına yardımcı olacağı ifade edilebilir.

**Anahtar kelimeler:** Biber, genetik akrabalık, SRAP, polimorfizm

**Atıf/Cite as:** Nas Y. & İlbi H. (2022). Determination of Genetic Diversity in Banana and Bell Pepper Lines Using Molecular Markers. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 8 (2), 234-244. Doi: 10.24180/ijaws.1098482.

**İntihal-Plagiarism/Etik-Ethic:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/pub/ijaws>

**Copyright** © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi Yahya Nas, Şırnak Üniversitesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, yahya.nas@sirnak.edu.tr (Corresponding author)

<sup>2</sup> Prof. Dr. Hülya İlbi, Ege Üniversitesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, hulya.ilbi@ege.edu.tr

## INTRODUCTION

Pepper (*Capsicum annum* L.), a member of the *Solanaceae* family is one of the most globally important vegetable crops because of its consumption preferences and high nutritional value. It is becoming increasingly popular among consumers, with industrial applications also rising worldwide. In 2020, the global production of pepper was 36 million tons (FAOSTAT, 2022).

The Conservation of Plant Genetic Resources is vital both for plant breeding and society (Moreira et al., 2018). While the ability of breeders to achieve their goals depends on the plant genetic resources (Alvares Bianchi et al., 2020) and its genetic diversity. The genetic diversity of breeding lines has become smaller due to the breeding activities (Lee et al., 2016).

The pepper genotypes generally are evaluated based on their agro-morphological characteristics and disease-pest resistance in the breeding programs, resulting in genetic bottleneck. Species identification based on morphological characteristics is often difficult. The most of these characteristics are under the influence of environmental factors and might not be distinguish genotypes (Rodriguez et al., 1999). Furthermore, the limited number of morphological characteristics allow the breeders to survey only a small portion of the genetic diversity of the entire germplasm, and the resulting data cannot be used for breeding programs based genome-wide variation. The germplasm with a minimum number of accessions and maximum genetic diversity in pepper breeding programme will facilitate easy access to genetic material as well as the use of hidden genetic diversity. Therefore, molecular markers have been used efficiently to characterize the genetic diversity of germplasm in *Capsicum* sp. (Lefebvre et al., 2001; Geleta et al., 2005; Tam et al., 2005; Ibiza et al., 2012; Pacheco-Olvera et al., 2012; Zhang et al., 2016). In fact, AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism), ISSR (Inter Simple Sequence Repeats), SSR (Simple Sequence Repeat), RAPD (Random Amplification Polymorphism DNA) and SRAP (Sequence Related Amplified Polymorphism) are widely employed in the identification of genetic diversity (Finger et al., 2010; Thul et al., 2012; Wahyuni et al., 2013; Moses et al., 2014; Carvalho et al., 2014; Carvalho et al., 2015; Grover et al., 2016).

SRAP (Sequence Related Amplified Polymorphism), one of the PCR techniques is based on the reproduction of open reading regions (ORFs, Open Reading Frames) in DNA. The SRAP markers are used to determine the genetic relationships of species. It is also preferred for its practical use in gene tagging, genomics, and cDNA fingerprinting as well as map-based cloning, and for providing reliable results (Li and Quiros, 2001).

The genetic diversity of inbred pepper lines and heterotic groups studies has not yet been extensively analyzed. Some studies using AFLP (Aktas et al., 2009), AFLP, RAPD (Lefebvre et al., 2001) and RAPD (Kumar et al., 2007) markers have been reported but these surveys only considered a few accessions. The aim of this research was to determine the genetic relationships among the 79 inbred pepper lines (*Capsicum annum* L.) using SRAP molecular markers and thus to establish the basis for the selection of the lines to be used as parents in the breeding programs.

## MATERIAL AND METHOD

### *Plant Material*

Forty-four bell pepper pure lines and 35 banana pepper pure lines from the AD-Rossen Seed Company were used in the present research.

### *DNA Extraction*

The DNA isolation of the pepper lines was carried out by using CTAB protocol according to Doyle and Doyle (1990). After the quantities of the DNA samples obtained were determined using the spectrophotometer, the samples were diluted to 10 µl/ng.

### *SRAP Markers*

A total of 95 combinations were tested in the SRAP analysis, including 71 combinations for the banana genotypes, and 24 combinations for the bell peppers (Table 1).

**Table 1.** SRAP primer combinations used in the Banana and bell pepper lines.

Çizelge 1. Çarliston ve dolmalık biber hatlarında kullanılan SRAP primer kombinasyonları.

Banana Pepper					
No	Primer Combination	No	Primer Combination	No	Primer Combination
1	me1 x em1	26	me3 x em2	51	me6 x em6
2	me1 x em2	27	me3 x em3	52	me6 x em7
3	me1 x em3	28	me3 x em4	53	me6 x em9
4	me1 x em4	29	me3 x em6	54	me6 x em10
5	me1 x em6	30	me3 x em7	55	me6 x em11
6	me1 x em7	31	me3 x em8	56	me6 x em12
7	me1 x em8	32	me3 x em9	57	me6 x em13
8	me1 x em9	33	me3 x em10	58	me6 x em14
9	me1 x em10	34	me3 x em11	59	me6 x em15
10	me1 x em11	35	me3 x em12	60	me6 x em16
11	me1 x em12	36	me3 x em13	61	me7 x em6
12	me1 x em13	37	me3 x em14	62	me8 x em2
13	me1 x em14	38	me3 x em15	63	me8 x em6
14	me1 x em15	39	me3 x em16	64	me9 x em6
15	me1 x em16	40	me3 x em17	65	me10 x em5
16	me2 x em1	41	me4 x em1	66	me10 x em6
17	me2 x em2	42	me4 x em2	67	me10 x em9
18	me2 x em3	43	me5 x em1	68	me11 x em6
19	me2 x em4	44	me5 x em2	69	me11 x em7
20	me2 x em6	45	me5 x em4	70	me12 x em5
21	me2 x em7	46	me5 x em6	71	me12 x em6
22	me2 x em8	47	me6 x em1		
23	me2 x em9	48	me6 x em2		
24	me2 x em10	49	me6 x em3		
25	me3 x em1	50	me6 x em4		
Bell Pepper					
No	Primer Combination	No	Primer Combination	No	Primer Combination
1	me1 x em11	9	me3 x em3	17	me6 x em15
2	me1 x em14	10	me3 x em9	18	me8 x em2
3	me1 x em19	11	me3 x em17	19	me8 x em7
4	me2 x em1	12	me4 x em1	20	me9 x em2
5	me2 x em2	13	me4 x em13	21	me9 x em7
6	me2 x em3	14	me5 x em2	22	me10 x em15
7	me2 x em6	15	me5 x em4	23	me11 x em9
8	me2 x em2	16	me6 x em6	24	me11 x em10

**PCR Protocol**

PCR amplifications were performed in 15 µL reaction volumes containing 25 ng µL<sup>-1</sup> genomic DNA, 1 unit Taq polymerase, 1X PCR buffer, 2.5 mM of forward and reverse primers, 2mM MgCl<sub>2</sub>, 250 µM of dNTP mix.

Thermal cycling conditions using a Thermocycler Mastercycler (Eppendorf-Germany) were at 94°C for 5 min, followed by 5 cycles of 94°C 1 min, 35°C 1 min, 72°C 1 min; followed by 29 cycles of at 50°C for annealing temperature. Finally, extension was performed at 72°C for 10 min. The PCR products were separated in 2.5% of agarose gel.

**Data Analysis**

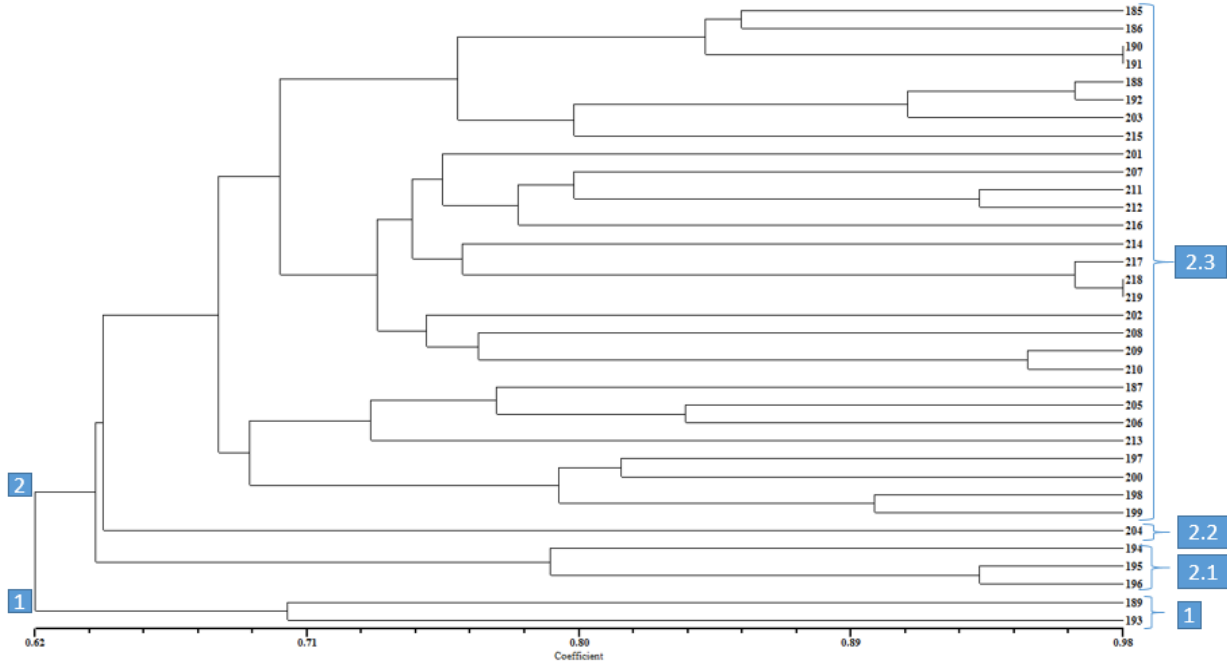
The presence or absence of a SRAP band was scored as one (1) or zero (0), respectively. The data was evaluated in the NTSYS-pc version 2.2 (Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System) (Rohlf, 1992). The distance among the genotypes was calculated by applying the Jaccard similarity coefficient. The clustering was performed using UPGMA (Unweighted Pair-Group Method Algorithm) method by SHAN

clustering program. A correlation matrix was obtained by the SIMINT and a PCA (Principal Component Analysis) was performed.

## RESULTS AND DISCUSSION

### The Genetic Distance in Banana Pepper Lines

Out of the 71 SRAP primer combinations tested to determine the genetic relationship among the 35 banana pepper lines, 50 combinations yielded 123 polymorphic bands (Table 2). The SRAP combination that provided the most polymorphic bands among these lines was Me3 x Em16. The genetic similarity of 35 banana pepper lines varied from 0.62 to 0.98, revealing two main groups (Figure1).



**Figure 1.** The genetic similarity among the Banana pepper lines created by the UPGMA method.

Şekil 1. UPGMA yöntemi ile oluşturulmuş çarliston biber hatları arasındaki benzerlik dengogramı.

The UPGMA dendrogram as defined by SRAP markers revealed two major groups. The first group included lines 189 and 193, which had genetic similarity of 69% (Figure 1).

The second group included remaining lines of the banana pepper. The genetic similarity of these genotype was 73%. Subsequently, second group was further divided in to 3 subgroups. The first subgroup consisted of lines 194, 195, 196; the second subgroup included only line 204, and the third subgroup consisted of remaining lines (Figure 1).

The genetic similarity between the lines 190 and 191 in third subgroup and between the lines 218 and 219 in second subgroup was 98%. The lines 185 and 193 had the farthest genetically distance (Figure 1).

Bozokalfa et al. (2017) found also that the genetic distance among the local pepper genotypes by SRAP markers ranged between 62 and 94% which was similar to our findings. However, the genetic similarity of the 22 accession of *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. eximium*, *C. frutescens*, and *C. luteum* species, was reported to be between 23 and 88% for the RAPD markers and 11 and 96% for the ISSR marker (Thul et al., 2012). Zhang et al. (2016) also indicated that high polymorphism among the 372 pepper accessions was achieved by the use of the SSR marker. These results showed us that the genetic distance can be varied according to the genotype and molecular markers.



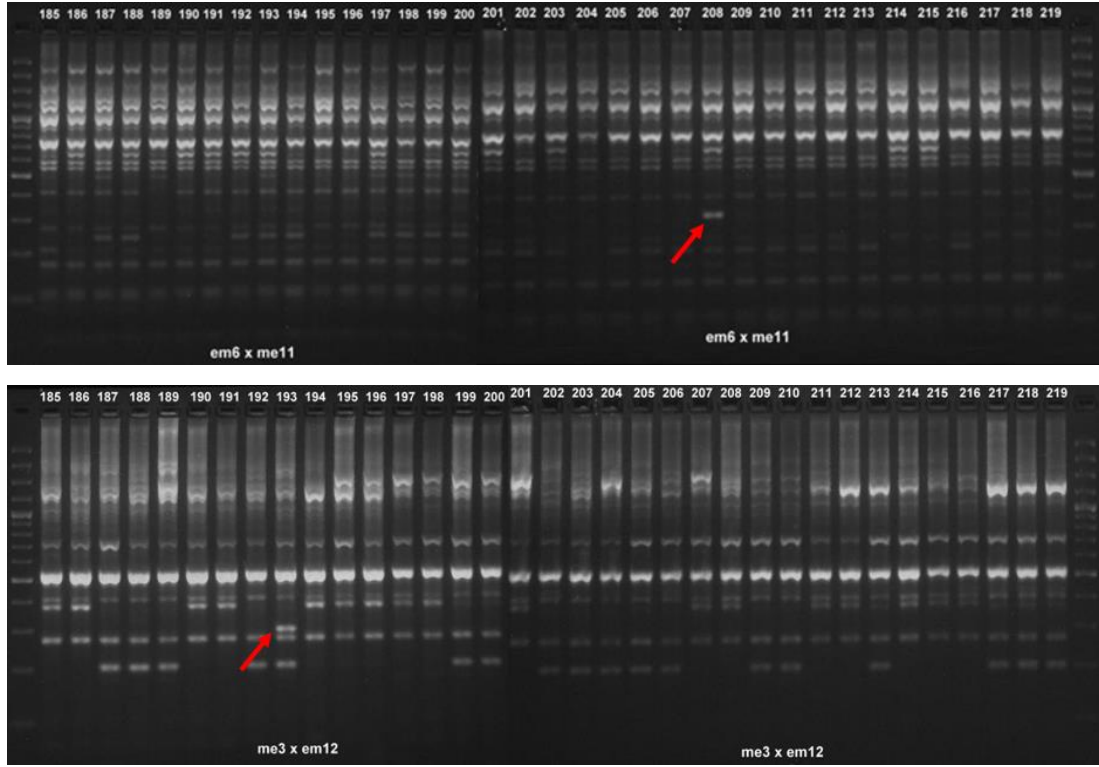
**Table 2.** SRAP primer combinations showing polymorphism in the Banana pepper lines.*Çizelge 2. Çarliston biber hatlarında polimorfizm gösteren SRAP primer kombinasyonları.*

No	Primer Combination	Number of Polymorphic Bands	No	Primer Combination	Number of Polymorphic Bands
1	em1 x me3	2	12	me1 x em2	2
2	em1 x me5	1	13	me1 x em3	3
3	em1 x me6	4	14	me1 x em4	5
4	em6 x me2	1	15	me1 x em7	3
5	em6 x me3	3	16	me1 x em8	2
6	em6 x me5	3	17	me1 x em9	2
7	em6 x me6	2	18	me1 x em11	1
8	em6 x me7	3	19	me1 x em12	4
9	em6 x me9	2	20	me1 x em13	2
10	em6 x me10	1	21	me1 x em14	1
11	em6 x me11	3	22	me1 x em15	4
23	em6 x me12	1	37	me6 x em11	1
24	em9 x me6	1	38	me6 x em12	3
25	em9 x me10	2	39	me6 x em13	1
26	em3 x me3	2	40	me6 x em14	2
27	me3 x em4	1	41	me6 x em15	3
28	me3 x em7	4	42	me1 x em16	3
29	me3 x em9	3	43	me2 x em4	3
30	me3 x em10	3	44	me2 x em7	1
31	me3 x em11	3	45	me2 x em8	2
32	me3 x em12	3	46	me3 x em13	4
33	me6 x em2	3	47	me3 x em14	3
34	me6 x em3	1	48	me3 x em15	2
35	me6 x em4	3	49	me3 x em16	6
36	me6 x em7	2	50	me3 x em17	3

We determined line specific markers for lines 208 and 193 (Table 3). While the line 208 had a specific SRAP marker at 310 bp by the Em6 x Me11 primer combination. The line 193 had 3 specific SRAP markers at 300 bp by Me3 x Em12 and by Me1 x Em12 primer combinations, and at 200 bp by Me1 x Em4 combination (Figure 2). It can be stated that these markers can be useful for parental selection during multiplication of these lines, thus improving the hybrid breeding and seed production when these lines used as parental lines.

**Table 3.** Specific markers obtained for the Banana pepper lines.*Çizelge 3. Çarliston biber hatlarında elde edilen spesifik markörler.*

Inbred lines	Primer combination	bp
208	em6 x me11	310
193	me3 x em12	300
193	me1 x em4	200
193	me1 x em12	300



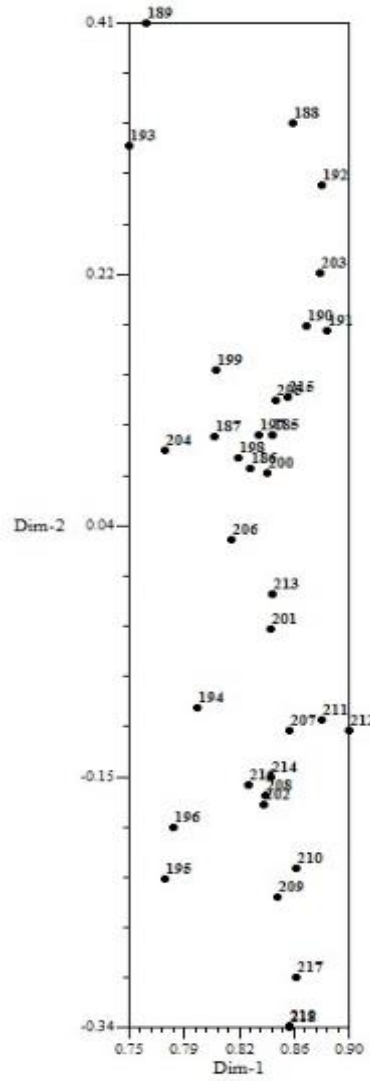
**Figure 2.** Specific markers belonging to the Banana inbred lines 208 and 193.  
 Şekil 2. 208 ve 193 nolu çarliston saf hatlarına ait spesifik markörler.

The genetic distance between banana genotypes were further examined by 2-dimensional and 3-dimensional scatter plots of different genotypes derived by the PCA (Principal Component Analysis). SRAP data showed that 77.21% of the total variation could be explained by the three principal components based on the first, second and third Eigen vectors which account for 69.91%, 3.90% and 3.40% variation respectively (Figure 3 and Table 4).

**Table 4.** Factor groups formed as a result of the SRAP marker analysis in the Banana pepper lines.

Çizelge 4. Çarliston biber hatlarında SRAP markör analizleri sonucunda oluşan faktör grupları.

PC axes	Eigenvalues	Variation (%)	Total variation (%)
1	24.46	69.91	69.91
2	1.36	3.90	73.81
3	1.19	3.40	77.21



**Figure 3.** Two dimensional PCA scaling of 35 banana peppers genotypes using SRAP markers  
 Şelil 3. SRAP markerları kullanılarak 35 çarliston biber genotipinin iki boyutlu PCA ölçeklemesi

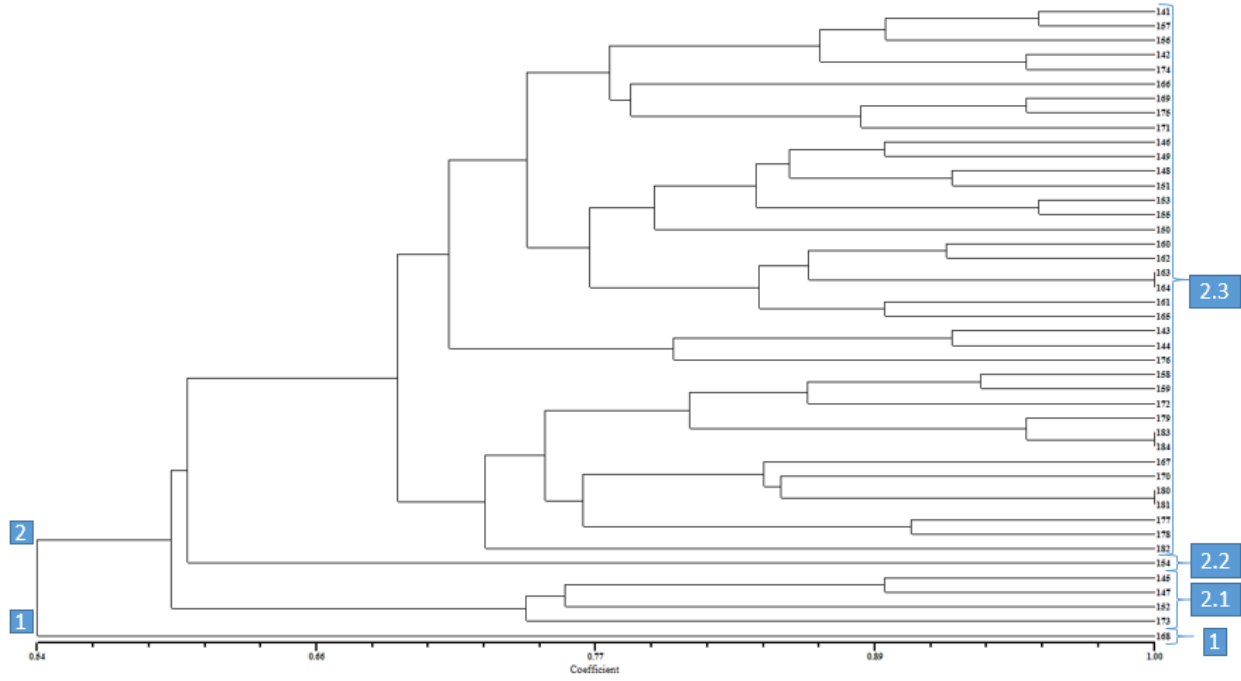
#### Genetic Distance in Bell Pepper Lines

Out of the 24 SRAP primer combinations tested to determine the genetic relationship among the 44 bell pepper lines, as well as in the Banana pepper lines (Table 1). 15 combinations yielded 25 polymorphic bands (Table 5).

**Table 5.** SRAP primer combinations showing polymorphism in the bell pepper lines.

Çizelge 5. Dolmalık biber hatlarında polimorfizm gösteren SRAP primer kombinasyonları.

No	Primer Combination	Number of Polymorphic Bands	No	Primer Combination	Number of Polymorphic Bands
1	em1 x me4	3	9	em13 x me4	4
2	em2 x me3	1	10	em15 x me6	1
3	em6 x me6	3	11	em15 x me10	1
4	em7 x me9	1	12	me1 x em19	3
5	em9 x me3	2	13	em6 x me2	1
6	em9 x me11	1	14	em2 x me2	1
7	em10 x me11	1	15	me3 x em17	1
8	em11 x me1	1			



**Figure 4.** The genetic similarity among the bell pepper lines, created by the UPGMA method.

*Şekil 4. UPGMA yöntemi ile oluşturulmuş dolmalık biber hatları arasındaki benzerlik dengogramı.*

A dendrogram was created employing the UPGMA by using the similarity index in the bell pepper lines (Figure 4). The genetic similarity of the bell pepper lines varied from 0.54 and 1.00, and consist of two main groups (Figure 4).

The UPGMA dendrogram as defined by SRAP markers revealed two major groups, as well as banana pepper. The first group included line 168 while the second group included remaining lines of the bell pepper. The second main group is also divided into 3 subgroups which had genetic similarity of 61%. The first subgroup consisted of lines 145, 147, 152, 173; the second subgroup included only line 154, and the third subgroup consisted of remaining lines (Figure 4).

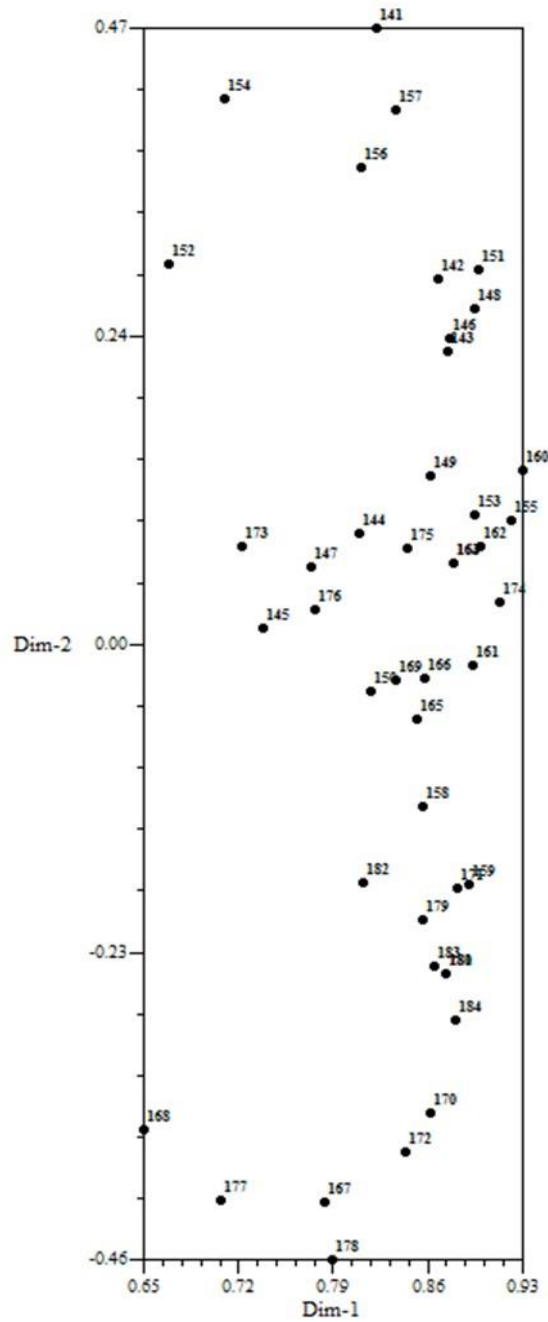
The most distant relationship in the bell pepper lines is seen between lines 141 and 168 (Figure 4). Also, the lines that are genetically closest to each other are 180-181; 183-184; 163-164.

Xu et al. (2011) on investigation of the genetic distance between 72 pepper accessions using 17 pairs of SRAP markers reported genetic similarity which varied among 0.56 and 0.91. However, Rai et al. (2013) examined the genetic diversity in 48 pepper genotypes, collected from 9 different countries, using the SSR and RAMPO (random amplified microsatellite polymorphism) markers. Genetic similarity found with the SSR markers ranged from 0.26 to 0.89, while with the RAMPO markers the similarity between the genotypes ranged from 0.37 to 0.98. These results were similar to the findings of the present study. However, Göçmen (2019), in which 16 pepper genotypes collected from different regions were investigated in terms of the phylogenetic relationship with SRAP markers, a total of 155 polymorphic bands were obtained from 31 combinations of the SRAP primers. These values were higher than the results obtained in this study. The high number of polymorphic bands is attributed to the peppers being collected from different locations.

The top five principal components were used to analyze population structure. The results showed that the five PCs had contribution rates of 31.01%, 2.57%, 2.10%, 1.51% and 1.08% respectively (Table 6). PCA separated the 44 genotypes into two major groups which were consistent with the UPGMA results (Figure 5).

**Table 6.** Factor groups formed as a result of the SRAP marker analysis in the bell pepper lines.  
 Çizelge 6. Dolmalık biber hatlarında SRAP markör analizleri sonucunda oluşan faktör grupları.

PC axes	Eigenvalues	Variation (%)	Total variation (%)
1	31.01	70.49	70.49
2	2.57	5.86	76.35
3	2.10	4.77	81.13
4	1.51	3.45	84.58
5	1.08	2.46	87.04



**Figure 5.** Two dimensional PCA scaling of 44 bell peppers genotypes using SRAP markers  
 Şekil 5. SRAP markerleri kullanılarak 44 dolmalık biber genotipinin iki boyutlu PCA ölçeklemesi

## CONCLUSION

Our study revealed that the SRAP marker system is useful for determining the genetic distances of the inbred lines. In this context, it is deduced that more primer combinations require testing, and morphological characterization should be made besides molecular characterization, thus enabling stronger results. Therefore, the findings obtained by this study demonstrated that the genetic variation between the inbred lines could easily be researched utilizing the SRAP marker.

## CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare that there are no conflicts of interest related to this article.

## AUTHORS' CONTRIBUTIONS

Both authors read and approved the final manuscript.

## ACKNOWLEDGMENT

The authors express their gratitude to the Ege University Scientific Research Projects Office for providing the financial support (grant number: 14-FBE-008) for the study and to the AD-Rossen Company for supplying the plant material used in this study.

## REFERENCES

- Aktas, H., Abak, K., & Sensoy, S. (2009). Genetic diversity in some Turkish pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes revealed by AFLP analyses. *African Journal of Biotechnology*, 8(18). <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/62388>
- Alvares Bianchi, P., Renata Almeida da Silva, L., André da Silva Alencar, A., Henrique Araújo Diniz Santos, P., Pimenta, S., Pombo Sudré, C., Erpen-Dalla Corte, L., Simões Azeredo Gonçalves, L., Rodrigues, R. (2020). Biomorphological characterization of Brazilian *Capsicum Chinense* Jacq. germplasm. *Agronomy*, 10(3), 447. <https://doi.org/10.3390/agronomy10030447>
- Bozokalfa, M. K., Aşcıoğlu, T. K., & Eşiyok, D. (2017). Genetic diversity of pepper genotypes as assessed by SRAP markers. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 32(3), 321. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.284511>
- Carvalho, S. I. C., Ragassi, C. F., Bianchetti, L. B., Reifschneider, F. J. B., Buso, G. S. C., & Faleiro, F. G. (2014). Morphological and genetic relationships between wild and domesticated forms of peppers (*Capsicum frutescens* L. and *C. chinense* Jacquin). *Genetics and Molecular Research*, 13(3), 7447-7464. <http://dx.doi.org/10.4238/2014.September.12.11>
- Carvalho, S. I. C., Ragassi, C. F., Oliveira, L. B., Amaral, Z. D. S., Faleiro, F. G., Reifschneider, F. J. B., & Buso, G. S. C. (2015). Transferability of microsatellite markers of *Capsicum annuum* L. to *C. frutescens* L. and *C. chinense* Jacq. *Embrapa Hortaliças-Artigo em periódico indexado (ALICE)*. <http://dx.doi.org/10.4238/2015.July.17.1>
- Doyle, J. J., Doyle, J. L. (1990). Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus*, 12, 13-15.
- FAOSTAT, (2022). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. [Access date: March 25, 2022].
- Finger, F. L., Lannes, S. D., Schuelter, A. R., Doege, J., Comerlato, A. P., Gonçalves, L. S. A., Ferreira, F. R. A., Clovis, L. R., & Scapim, C. A. (2010). Genetic diversity of *Capsicum chinensis* (Solanaceae) accessions based on molecular markers and morphological and agronomic traits. *Genetics and Molecular Research*, 9(3), 1852-1864. <https://doi.org/10.4238/vol9-3gmr891>
- Geleta, L. F., Labuschagne, M. T., & Viljoen, C. D. (2005). Genetic variability in pepper (*Capsicum annuum* L.) estimated by morphological data and amplified fragment length polymorphism markers. *Biodiversity Conservation* 14(10), 2361-2375. <https://doi.org/10.1007/s10531-004-1669-9>
- Göçmen, M. (2019). *Phytophthora capsici*'ye dayanıklı bazı biber genotiplerinin SRAP ve SSR belirteçlerle genetik farklılıklarının belirlenmesi [Investigation of genetic diversity of different accessions of resistance against *Phytophthora capsici* L. using SRAP and SSR markers]. *Derim*, 36(2), 124-134. <https://doi.org/10.16882/derim.2019.557877>
- Grover, A., & Sharma, P. C. (2016). Development and use of molecular markers: past and present. *Critical reviews in biotechnology*, 36(2), 290-302. <https://doi.org/10.3109/07388551.2014.959891>

- Ibiza, V. P., Blanca, J., Cañizares, J., & Nuez, F. (2012). Taxonomy and genetic diversity of domesticated *Capsicum* species in the Andean region. *Genetic resources and crop evolution*, 59(6), 1077-1088. <https://doi.org/10.1007/s10722-011-9744-z>
- Kumar, S., Singh, V., Singh, M., Rai, S., Kumar, S., Rai, S.K., & Rai, M. (2007). Genetics and distribution of fertility restoration associated RAPD markers in inbreds of pepper (*Capsicum annuum* L.). *Scientia horticulturae*, 111(3), 197-202. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.10.021>
- Lee, H. Y., Ro, N. Y., Jeong, H. J., Kwon, J. K., Jo, J., Ha, Y., Jung, A., Han, J. W., Venkatesh, J., & Kang, B. C. (2016). Genetic diversity and population structure analysis to construct a core collection from a large *Capsicum* germplasm. *BMC genetics*, 17(1), 142. <https://doi.org/10.1186/s12863-016-0452-8>
- Lefebvre, V., Goffinet, B., Chauvet, J. C., Caromel, B., Signoret, P., Brand, R., & Palloix, A. (2001). Evaluation of genetic distances between pepper inbred lines for cultivar protection purposes: comparison of AFLP, RAPD and phenotypic data. *Theoretical and Applied Genetics*, 102(5), 741-750. <https://doi.org/10.1007/s001220051705>
- Li, G., & Quiros, C. F. (2001). Sequence-related amplified polymorphism (SRAP), a new marker system based on a simple PCR reaction: its application to mapping and gene tagging in Brassica. *Theoretical and applied genetics*, 103(2-3), 455-461. <https://doi.org/10.1007/s001220100570>
- Moreira, A. F. P., Ruas, P. M., de Fátima Ruas, C., Baba, V. Y., Giordani, W., Arruda, I. M., Rodrigues, R., & Gonçalves, L. S. A. (2018). Genetic diversity, population structure and genetic parameters of fruit traits in *Capsicum chinense*. *Scientia Horticulturae*, 236, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.012>
- Moses, M., Umaharan, P., & Dayanandan, S. (2014). Microsatellite based analysis of the genetic structure and diversity of *Capsicum chinense* in the Neotropics. *Genetic resources and crop evolution*, 61(4), 741-755. <https://doi.org/10.1007/s10722-013-0069-y>
- Pacheco-Olvera, A., Hernández-Verdugo, S., Rocha-Ramírez, V., González-Rodríguez, A., & Oyama, K. (2012). Genetic diversity and structure of pepper (*Capsicum annuum* L.) from Northwestern Mexico analyzed by microsatellite markers. *Crop Science*, 52(1), 231-241. <https://doi.org/10.2135/cropsci2011.06.0319>
- Rai, V. P., Kumar, R., Kumar, S., Rai, A., Kumar, S., Singh, M., Singh, S. P., Rai, A. B., & Paliwal, R. (2013). Genetic diversity in *Capsicum* germplasm based on microsatellite and random amplified microsatellite polymorphism markers. *Physiology Molecular Biology of Plants* 19(4): 575–586. <https://doi.org/10.1007/s12298-013-0185-3>
- Rodriguez, J. M., Berke, T., Engle, L., & Nienhuis, J. (1999). Variation among and within *Capsicum* species revealed by RAPD markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 99(1-2), 147-156. <https://doi.org/10.1007/s001220051219>
- Rohlf, F. J. (1992). NTSYS-pc: Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System. Applied Biostatistics.
- Tam, S. M., Mhiri, C., Vogelaar, A., Kerkveld, M., Pearce, S. R., & Grandbastien, M. A. (2005). Comparative analyses of genetic diversities within tomato and pepper collections detected by retrotransposon-based SSAP, AFLP and SSR. *Theoretical and Applied Genetics*, 110(5), 819-831. <https://doi.org/10.1007/s00122-004-1837-z>
- Thul, S. T., Darokar, M. P., Shasany, A. K., & Khanuja, S. P. (2012). Molecular profiling for genetic variability in *Capsicum* species based on ISSR and RAPD markers. *Molecular biotechnology*, 51(2), 137-147. <https://doi.org/10.1007/s12033-011-9446-y>
- Wahyuni, Y., Ballester, A. R., Tikunov, Y., de Vos, R. C., Pelgrom, K. T. B., Maharijaya, A., Sudarmonowati, E., Bino, R. J., & Bovy, A. G. (2013). Metabolomics and molecular marker analysis to explore pepper (*Capsicum* sp.) biodiversity. *Metabolomics*, 9(1), 130-144. <https://doi.org/10.1007/s11306-012-0432-6>
- Xu, X., Liu, Z., Lin, X., Mou, S., Guan, D., & He, S. (2011). Genetic diversity and relationship analysis of pepper germplasm resources based on phenotype traits and SRAP molecular markers. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition)*, 40(1), 48-53. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113152835>
- Zhang, X. M., Zhang, Z. H., Gu, X. Z., Mao, S. L., Li, X. X., Chadœuf, J., Palloix, A., Wang, L. H., & Zhang, B. X. (2016). Genetic diversity of pepper (*Capsicum* spp.) germplasm resources in China reflects selection for cultivar types and spatial distribution. *Journal of integrative agriculture*, 15(9), 1991-2001. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61364-3](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61364-3)



**Marul (*Lactuca sativa*) Bitkisinde Sorun Olan *Verticillium dahliae*' ya Karşı Bazı Biyo Etmen ve Organik Maddelerin Etkisi**

The Effect of Some Bio-Agents and Organic Substances Against *Verticillium dahliae*, A Problem in Lettuce (*Lactuca sativa*) Plant

Hasret Güneş <sup>ID</sup>, Emre Demire Durak <sup>ID</sup>, Semra Demir <sup>ID</sup>

Geliş Tarihi (Received): 13.12.2021

Kabul Tarihi (Accepted): 01.07.2022

Yayın Tarihi (Published): 22.08.2022

**Öz:** Bu çalışmada, *Verticillium dahliae*'nin gelişimi üzerine bazı fungal (*Trichoderma harzianum*, *Trichoderma virens*, *Trichoderma asperellum*, *Trichoderma viride*) ve maya (*Saccharomyces cerevisiae*) biyolojik kontrol etmenleri ile vermikompost ve salisilik asit organik maddelerin etkisi araştırılmıştır. Çalışma *in vitro* ve *in vivo* koşullarda yürütülmüş ve *in vitro*'da antagonizmin derecesi ve yüzde olarak engelleme oranı belirlenmiştir. *In vitro*'da inhibisyon oranı en yüksek olarak belirlenen *T. asperellum* ve *S. cerevisiae* ile vermikompost ve salisilik asit organik maddelerin, *in vivo*'da marul (*Lactuca sativa*) bitkisinde sorun teşkil eden *V. dahliae*'nin gelişimine etkisi incelenmiştir. Ayrıca organik maddelerden salisilik asitin *V. dahliae*'nin gelişimini tamamen engellediği belirlenmiştir. *S. cerevisiae* ve salisilik asit, *V. dahliae* patojeninin olduğu uygulamalarda kontrol grubuna oranla bitkilerin sürgün boyunu ve kök uzunluğunu arttırmıştır. Gerek yeşil aksam gerek gövde kesiti skala değerlerinde salisilik asit ve *T. asperellum*, *V. dahliae* patojeninin etkinliğini azaltmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Trichoderma* spp., *Verticilliumdahliae*, *Saccharomyces cerevisiae*, salisilik asit, marul (*Lactuca sativa*).

&

**Abstract:** The effects of some fungal (*Trichoderma harzianum*, *Trichoderma virens*, *Trichoderma asperellum*, *Trichoderma viride*) and yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) biological control agents, as well as vermicompost and salicylic acid organic substances, on the development of the difficult-to-control *Verticillium dahliae*, were investigated in this study. The study was conducted *in vitro* and *in vivo*, and the degree of antagonism and percent inhibition rate *in vitro* was determined. The effects of *T. asperellum* and *S. cerevisiae*, which had the highest inhibition rate *in vitro*, and vermicompost and salicylic acid organic substances on the development of *V. dahliae*, which is a problem in lettuce (*Lactuca sativa*) *in vivo*, were investigated. In addition, it determined that salicylic acid, one of the organic substances, completely inhibited the development of *V. dahliae*. *S. cerevisiae* and salicylic acid increased the plant length and root length compared to the control group in applications with *V. dahliae* pathogen. Salicylic acid and *T. asperellum* reduced the effectiveness of the pathogen *V. dahliae* in both the green parts and the stem section scale values.

**Keywords:** *Trichoderma* spp., *Verticilliumdahliae*, *Saccharomyces cerevisiae*, salicylic acid, lettuce (*Lactuca sativa*).

**Atıf/Cite as:** Güneş, H., Durak, E. D., & Demir, S. (2022). Marul (*Lactuca sativa*) Bitkisinde Sorun Olan *Verticillium dahliae*' ya Karşı Bazı Biyo Etmen ve Organik Maddelerin Etkisi. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 8 (2), 245-255. DOI: 10.24180/ijaws.1036227.

**İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/pub/ijaws>

**Copyright** © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Prof. Dr. Semra DEMİR, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, semrademir@yyu.edu.tr (Sorumlu Yazar / Corresponding author)

<sup>1</sup> Doç. Dr. Emre DEMİRER DURAK, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, emredemirer@yyu.edu.tr

<sup>1</sup> Dr. Hasret GÜNEŞ, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, hasretgns02@hotmail.com



## GİRİŞ

Bir serin iklim sebzesi olan marul bitkisi papatyagiller (*Lactuca sativa*) (Asteraceae) familyasındandır. Yaprak özelliğine göre gruplara ayrılan marul bitkisi, ülkemizde en çok üretimi yapılan sebzeler arasında yer almaktadır (Şalk vd., 2008). Taze yaprakları değerlendirilen marul bitkisi, yapısında besin değeri önemli mineralleri barındırmaktadır (Günay, 2005; Akbay, 2012). Organik maddece zengin topraklarda hızla gelişim göstererek kısa bir vejetasyon döneminde yetiştiriciliği yapılmaktadır (Kılıç, 2018). Marul yetiştiriciliğinde önemli birçok toprak kökenli hastalık etmeni sorun olmaktadır (Koike vd., 2007). *Verticillium dahliae* marulda solgunluk ve aniden ölüm gibi belirtiler ile ciddi sorunlar oluşturmaktadır (Wu ve Subbarao, 2014). *Verticillium* solgunluğu birçok bitki grubunda önemli enfeksiyonlara yol açmakta ve marul için yıkıcı bir patojen durumundadır. Çünkü bu hastalık semptomları marulun vejetatif döneminde normal seyirde ancak pazarlanmaya yaklaşınca aniden hızlı bir şekilde gelişmektedir (Hayes vd., 2007). Patojen, marulun ilk dönemlerinde kök vasküler dokusunda renk değişikliği, ilerleyen dönemlerde ise yani piyasa olgunluğuna ulaşınca bitki ölümüne neden olacak açılmal kloroz, nekroz veya ani solgunluk belirtileri oluşturmaktadır (Hayes vd., 2007). *V. dahliae* kötü yapılı topraklarda yıllarca canlılığını korumakta ve sıcak bölgelerde özellikle sulak alanlarda büyük bir problem oluşturmaktadır (Vallad vd., 2005). Bu patojene karşı mücadelede kültürel önlemler ve dayanıklı çeşit kullanımı yetersiz kalmış, alternatif mücadele yöntemleri, özellikle sürdürülebilir tarım uygulamasını zorunlu hale getirmiştir (Veloşo vd., 2016).

Kimyasal gübrelere alternatif olarak kullanılan ve sürdürülebilir tarım kapsamında yer alan mikrobiyal gübreler, birçok biyotik ve abiyotik stres faktörüne karşı bitkilerde dayanıklılık sağlamaktadırlar (Kılıç, 2018). *Trichoderma* spp., mikoparazitik etkiye sahip, bitki gelişimini teşvik eden, toprak yapısını düzenleyen, fitopatogenlere karşı koruma sağlayan, tarım alanlarında biyolojik kontrol ajanı olarak kullanılan faydalı organizmaların başında gelmektedir (Guzmán-Guzmán vd., 2019). *Trichoderma* spp.'nin yapısında bulunan ikincil metabolitler bitki hastalıklarını önlemede bu organizmaların etkinliğini artırarak gerek tek başına gerekse farklı mikroorganizmalarla bitki patojenlerine karşı kullanılmaktadır (Aydın, 2015).

Bitkilerde görülen birçok stress faktörüne karşı etkinlik gösteren ve yararlı mikrobiyal aktiviteyi arttıran uygulamalardan biri de vermikomposttur (Joshi vd., 2015). Vermikompost, toprak solucanlarının kullanıldığı organik atıkların kompostlaştırılmış ürünüdür (Edwards ve Bohlen, 1996; Tutar, 2013; Ergün, 2020). Sıvı solucan gübresi ise kompostlanan gübrenin işlem görmüş halidir (Yıldırım, 2019). Rizorfer bölgesine uygulanan sıvı solucan gübresi ve vermikompost hem toprak yapısını düzenleyerek bitki gelişimi arttırmakta hem de pestisit kullanımına ihtiyaç duyulmadan birçok patojene karşı mücadele sağlamaktadır (Ergün, 2020).

Bitki büyümesinin düzenlenmesi, gelişimi ve diğer organizmalarla etkileşiminde temel rol oynayan ve biyotik ve abiyotik stres koşullarında bitkiye dayanıklılık sağlayan salisilik asit (SA) bitkilerdeki önemli fenolik gruplar arasında yer almaktadır (Harborne, 1980; Van Breusegem vd., 2001; Özeke, 2005; Karasakal, 2020). Strese maruz kalan bitkilerin zararını azaltmak için kullanılan SA, bitkinin gelişme dönemine bağlı olarak savunma mekanizmalarını harekete geçirerek etkili olduğu ifade edilmektedir (Horváth vd., 2007; Sevimay, 2009).

Zararlı mikroorganizmaların gelişimini engelleyici bir diğer uygulama ise mayalardır (Hayduck, 1909; Bedir ve Kuleşan, 2020). Mayaların üretmiş oldukları mikotoksin metabolitler antagonistik etki göstermektedir (Schmitt ve Breinig, 2002). Tarımsal üretimde *Saccharomyces* gibi antimikrobiyal üretebilen antagonistlerin kullanımı, depolama veya nakliye sırasında patojen gelişimini engellemektedir (Toffano vd., 2017). Genellikle toprakta yaşayan ve ayrıştırıcı özelliği de bulunan mayalar hücre dışında hidrolitik enzimler üreterek şeker, amino asit ve aromatik bileşikler metabolize ederler. Antibiyotik sentezledikleri için tıbbi ve endüstriyel öneme sahiptir. Mayaların biyolojik kontrolü her ne kadar yavaş etki gösterse de kalıcı, ucuz ve çevre kirliliğine zararı en az olan uygulamalardan biridir (Aghighi vd., 2004).

Bu çalışmanın amaçları,

- *Trichoderma* spp., *Saccharomyces cerevisiae*, vermikompost ve SA'in *in vitro*'da *V. dahliae* patojeni üzerine etkisini saptamak,

- *In vitro*'da *V. dahliae*'nın gelişimini en çok inhibe eden *Trichoderma* türünü belirlemek,

- Birçok kültür bitkisinde hastalık yapan ve mücadelesi çok zor olan *V. dahliae* x marul patosisteminde biyolojik etmenlerin ve organik maddelerin hastalık şiddeti ile bazı bitki gelişim parametreleri üzerine etkisini ortaya koymaktır.

## MATERYAL VE METOT

Çalışmanın *in vitro* aşaması için vermikompost organik maddesi Vermisol Natural Tarım Sanayi Tic. Ltd. Şti.'den, kuru maya (*Saccharomyces cerevisiae*) ve salisilik asit ticari firmadan temin edilmiştir. Virülanslığı ön çalışmalar ile belirlenen *V. dahliae* patojeni ve *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma virens*, *Trichoderma asperellum*, *Trichoderma viride* biyolojik kontrol etmenleri Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Mikoloji Laboratuvarından temin edilmiştir. Kullanılan *Trichoderma* spp. daha önceden topraktan izole edilmiş, moleküler olarak teyit edilmiş, antagonistik özelliği yüksek izolatlardır (Demirer Durak, 2011).

Çalışmada hem patojen hem de biyolojik kontrol etmenlerinin izolasyonu, tespiti, inokulum olarak geliştirilmesi ve bir sonraki aşamada kullanılmak üzere stok olarak saklanmasında Patates Dekstroz Agar (PDA) besi ortamı kullanılmıştır.

Çalışmanın *in vivo* aşamasında, bitkisel materyal olarak Zeta tohumculuk firmasından temin edilen Yedikule 5701 marul çeşidi kullanılmıştır. Denemede bitki yetiştirme ortamı olarak 2:1 oranında torf-perlit karışımından oluşan harç materyali kullanılmıştır.

Çalışmanın birinci aşamasında *in vitro* ortamında *Trichoderma* spp., maya, salisilik asit ve vermikompostun *V. dahliae* izolatına karşı inhibisyon oranı (%) ve antagonizm derecesi belirlenmiştir.

### *In Vitro*da *Trichoderma* spp. x *Verticillium dahliae* İkili Kültür Tekniği

Bir haftalık saf kültürlerden mantar delici ile alınan 5 mm'lik diskler PDA besi yeri içeren petrilere aralarında 6 cm olacak şekilde karşılıklı olarak ekilmiştir. İlk önce yavaş gelişen *V. dahliae* izolatı, bir hafta sonra da *Trichoderma* izolatları ekilmiştir. Kontrol petrilere her bir fungusun tek ekimi yapılmıştır. Beş tekerrürlü yapılan denemede petrilere 24°C sıcaklıkta 5 gün boyunca inkübe edilmiş daha sonra antagonizm derecesini belirlemek için 1-5 skala değeri kullanılmıştır (Bell vd., 1982; Melo ve Faull, 2000).

#### 1-5 skala değeri

1: *Trichoderma* spp. antagonistlerinin %100 patojen üzerinde gelişimi

2: *Trichoderma* spp. antagonistlerinin %75 patojen üzerinde gelişimi

3: *Trichoderma* spp. antagonistlerinin %50 patojen üzerinde gelişimi

4: Patojenin %75 *Trichoderma* spp. antagonistlerinin üzerinde gelişimi

5: Patojenin %100 *Trichoderma* spp. antagonistlerinin üzerinde gelişimi

İkili kültürde patojen inhibisyon oranı (%) formülü (Royse ve Ries 1978) kullanılarak belirlenmiştir.  $RI = (R1 - R2) / R1 \times 100$

RI: Büyümenin antagonist tarafından engellenmesi

R1: Patojenin koloni yarıçapı

R2: Patojenin antagonist yönündeki büyüme yarı çapı

Uygulamalar sonucunda en iyi sonucu veren *Trichoderma* spp. seçilerek bir sonraki aşamada kullanılmıştır.

***In Vitroda Verticillium dahliae x Organik Madde İnteraksiyonu***

Kuru mayadan (*Saccharomyces cerevisiae*) ve vermikomposttan 2.5 gm l<sup>-1</sup> konsantrasyonunda 100 ml'lik süspansiyon otoklavda steril edilmiş 60 °C'deki PDA ortamına karıştırılıp petrilere dökülmüştür. Daha sonra *V. dahliae* izolatından 0.5 cm çapında misel diskleri mantar delici ile kesilip PDA içeren petrilerin merkezine bırakılmıştır. Kontrol grubu *V. dahliae* ise PDA ortamına herhangi bir organik madde kullanılmadan petrinin merkezine gelişime bırakılmıştır.

Petriler 25 °C'de iki hafta inkübe edilerek diskler etrafındaki fungus gelişmeyen bölgenin çapı (inhibisyon zonu) mm olarak ölçülmüştür. Petri ortamında kullanılan maya, salisilik asit ve vermikompostun *V. dahliae* gelişimine etkisi kaydedilmiştir.

***In Vivo Ortamında V. dahliae İnokulasyonu***

Çalışmanın in vivo aşamasında marul tohumları %0.05'lik Sodyum hipoklorit (NaOCl içinde 3 dk tutularak saf su ile yıkanmıştır (Marschner vd., 1997). Daha sonra tohumlar bir gözü 4.7 x 4.7 x 6.0 cm ebatlarındaki 45'lik plastik viollere ekimi yapılmış fide dönemine kadar bu ortamda yetiştirilmiştir. Fide yetiştirme ortamı olarak 1:1 oranında torf-perlit karışımından oluşan harç materyali kullanılmıştır. Tohum ekiminden 4 hafta sonra yetiştirilen fideler, 3 kg karışım alabilen 20 cm çapındaki plastik saksılara şaşırtılmıştır. Şaşırtma öncesinde kullanılacak saksılar % 10'luk formalin ile dezenfekte edilmiştir. Deneme 5 tekerrürlü ve her bir tekerrürde 1'er bitki olacak şekilde tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Bitkiler deneme süresince 23±2 °C sıcaklık ve %60-70 oranlı nem koşullarına sahip 16 saat aydınlık 8 saat karanlık 6000-8000 lux ışık şiddetinde led bitki gelişim ışıklarıyla donatılmış iklim odasında yetiştirilmiştir. Sulamalar saf su ile yapılmış ve bitkilere 3 kez Hoagland besin solüsyonu verilmiştir (Hoagland ve Arnon, 1950).

İklim odasında 4 haftalık gelişmeye bırakılan marul fidelerine *V. dahliae* inokulasyonu yapılmıştır. İnokulasyon işleminden önce PDA ortamında geliştirilen *V. dahliae* izolatından mantar delici ile 5 mm'lik parçalar alınmış, stok süspansiyon çözeltisi içine aktarılmıştır. Süspansiyonun, spor yoğunluğu hemositometrede 1x10<sup>6</sup> konidi/ml' ye ayarlanmış, hazırlanan bu solüsyona marul fideleri 5 dakika süreyle daldırılmıştır (Zink ve Gubber, 1986; Yeşilova ve Karaca, 2007). Kontrol grubu ise söz konusu organik maddelerden veya *T. asperellum* kullanılmadan gelişime bırakılmıştır.

***In Vivo Ortamında V. dahliae Patojenine Karşı Organik Maddelerin Uygulanması***

In vitroda *Trichoderma* türlerinin antagonizm derecesi ve inhibisyon oranı sonuçlarına göre *V. dahliae*'ya en etkili olduğu belirlenen *T. asperellum* izolatı in vivo ortamında kullanılmıştır. Marul fidelerine patojen inokulasyonundan 7 gün sonra SA, maya, vermikompost ve *T. asperellum* uygulaması yapılmıştır. Fideler yaklaşık 4-5 yapraklı olduğu dönemde, saksı başına 0.5 mM SA (%0.02 Tween 20 içinde hazırlandı) gelecek şekilde topraktan sulamayla uygulanmıştır (Sevimay, 2009). Kuru mayadan (*Saccharomyces cerevisiae*) 2.5 gm/l konsantrasyonunda 100 ml'lik süspansiyon hazırlanarak her saksıya 15 ml ilave edilmiştir (Arafat et al., 2012). Vermikompostun hazır sıvı solüsyonu ticari preparatta önerilen dozda içme suyu ile seyreltildikten sonra sulama suyu olarak bitkiye kök boğazından 15 ml kadar verilmiştir (Yaviç vd., 2020). Petri ortamında geliştirilen *T. asperellum* izolatından 1x10<sup>6</sup> spor/ml hemositometrede belirlenerek 15 ml'lik süspansiyon hazırlanıp bitkilere topraktan içirme yöntemi ile uygulanmıştır (Boyno, 2019).

***In Vivo Ortamında Yeşil Aksam ve Gövde Kesiti Skala Dereceleri***

Patojen inokulasyonundan 4 hafta sonra bitkilerde ortaya çıkmaya başlayan hastalık belirtileri fidelerin toplam 10 haftalık gelişme periyodu sonunda değerlendirilerek hastalık şiddeti belirlenmiştir. Bu amaçla yeşil aksamda solgunluk değerlendirmesi için 0-5 skalası (Hwang vd., 1992) ve gövde kesiti incelemesi için ise 0-3 skalası kullanılmıştır (Erwin vd., 1976).

**0-5 Skalası**

0= Sağlıklı

1= Yapraklarda %25'ten az solgunluk

2= %25 - %50 solgunluk (%30 yaprak kaybı)

3= %50 - %75 solgunluk (%60 yaprak kaybı)

4= %75 - %100 solgunluk (%90 yaprak kaybı)

5= Bitki ölmüş

#### 0-3 Skalası

0= Bitkiler sağlam, gövde enine kesitinde herhangi bir renk bozulması yok

1= Bitkiler biraz hasta, gövde enine kesitinde az miktarda kahverengi lekeler var, bitki iletim demetlerinin % 1-33'ü kahverengileşmiştir

2= Bitkiler orta derecede hasta, gövde enine kesitinde çok miktarda siyah lekeler bulunmakta, bitki iletim demetlerinin % 34-67' si kahverengileşmiştir.

3= Bitkiler çok hasta, gövde enine kesiti tamamen siyah leke ile kaplı ve kurumuş bitkiler mevcut, iletim demetlerinin % 68-100' ü kahverengileşmiştir.

Gerek yeşil aksam ve gerekse gövde kesiti değerlendirmelerinde skala dereceleri göz önünde tutularak aşağıdaki eşitlik (1) yardımıyla hastalık şiddeti hesaplanmıştır.

$$\text{Hastalık şiddeti} = \frac{(0) \times (a) + (1) \times (b) + (2) \times (c) + (3) \times (d)}{n} \times 100 \quad (1)$$

n : Her skala değerine giren toplam bitki sayısı

#### İstatistiksel Analiz

Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre dizayn edilmiştir. Elde edilen veriler Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutularak istatistiksel analizleri yapılmıştır. Bu amaçla SPSS (SPSS statistic program, Ver. 21.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) bilgisayar programı kullanılmıştır.

#### BULGULAR VE TARTIŞMA

Tarımsal üretimde sorun olan toprak kökenli patojenlere yönelik olarak, kimyasal mücadeleye alternatif çeşitli uygulamalar bulunmaktadır (Erdoğan vd., 2014; Koç vd., 2018). Marul bitkisinde toprak kaynaklı patojen olan *V. dahliae*' ya karşı bazı organik ve inorganik maddelerin kullanıldığı bu çalışma *in vitro* ve *in vivo* olarak iki aşamada yürütülmüştür. İlk aşamada biyolojik mücadele elemanı türlerin patojene etkisi agar ortamında denenmiştir. *Trichoderma* spp.' nin *V. dahliae* izolatına karşı inhibisyon oranı (%) ve antagonizm derecesi Çizelge 1'de verilmiştir. Buna göre; bütün *Trichoderma* spp. izolatlarının *V. dahliae* patojeni üzerinde etkili olduğu saptanmıştır. En düşük inhibisyon oranı *T. harzianum*' da (%53.25) ve en yüksek *T. asperellum*' da (%63.99) görülmüştür. Bu oranlara yakın olarak *T. viride* (%60.80) ve *T. virens* (%58.89) sıralamada yer almıştır. Jabnoun-Khiareddine vd., (2009)'nun yaptığı çalışmada bu oranlar *T. harzianum*'da %62.15 ve *T. virens*'de %58.84 ile sonuçlarımızı desteklemiştir. Ancak Jamdar vd., (2013) ikili kültür yönteminde *T. harzianum*'un diğer *Trichoderma* türlerine göre *V. dahliae*'nin radyal büyümesini daha çok azalttığını belirtmişlerdir. Bunun sebebi kullanılan patojen izolatının çok virulent olması ya da *Trichoderma* izolatının çok etkili olmamasındandır.

Antagonizm derecesine bakıldığında *Trichoderma* türleri tamamen patojen üzerinde gelişim göstermişler ve 1-5 skalasına göre 1 değerinde yer almışlardır (Çizelge 1). Özgönen vd., (2010) tarafından yapılan çalışmada ise *T. harzianum*'un *V. dahliae* patojenini en az 2/3'sini engellediği ve skala 2 değerini verdiği ifade edilmiştir. Çalışmamızda *T. asperellum*'un *V. dahliae*'nin inhibisyon oranını arttırdığı saptanmıştır (Çizelge 1). Başka bir çalışmada da *T. asperellum*'un *V. dahliae*'nin gelişimini büyük ölçüde engellediği belirtilmiştir (Carrero-Carrón vd., 2016).

**Çizelge 1.** *Trichoderma* spp.'nin *Verticillium. dahliae*'ya karşı inhibisyon oranı (%) ve antagonizm derecesi.  
**Table 1.** Inhibition rate (%) and degree of antagonism of *Trichoderma* spp. against *V. dahliae*.

Uygulamalar	Antagonizm Derecesi	İnhibisyon oranı (%)
<i>T. harzianum</i> x <i>V. dahliae</i>	1*	53.25**
<i>T. virens</i> x <i>V. dahliae</i>	1	58.89
<i>T. asperellum</i> x <i>V. dahliae</i>	1	63.99
<i>T. viride</i> x <i>V. dahliae</i>	1	60.80

\*: Antagonizm derecesini belirlemek için 1-5 skalası kullanılmıştır.

\*\* : İnhibisyon oranının yüzdesi (%) formül kullanılarak belirlenmiştir.

In vitroda *Saccharomyces cerevisiae*, salisilik asit ve vermikompostun *V. dahliae* gelişimine etkisi Çizelge 2'de verilmiştir. Salisilik asidin petri ortamında *V. dahliae*'nin gelişimini tamamen baskıladığı ve diğer uygulama gruplarıyla aralarında istatistiksel fark olduğu belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ). *Saccharomyces cerevisiae* ve vermikompost uygulamalarının patojen gelişimini azalttığı ve bu uygulamalar ile kontrol arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür ( $p < 0.05$ ) (Çizelge 2.). Başka bir çalışmada in vitro ortamında ikili kültür yöntemine göre vermikompostun *V. dahliae*'nin gelişimini %2.28-58.74 oranları arasında engellediği belirtilmiştir (Soylu vd., 2020).

**Çizelge 2.** In vitroda *Saccharomyces cerevisiae*, salisilik asit ve vermikompostun *Verticillium. dahliae* misel gelişimi üzerine etkisi.

**Table 2.** Effect of *Saccharomyces cerevisiae*, salicylic acid and vermicompost on *Verticillium dahliae* mycelial growth in vitro.

Uygulamalar	$\bar{x} \pm s.s$ ***
<i>S. cerevisiae</i> -x <i>V. dahliae</i>	1.24** $\pm$ 0.33 <sup>b</sup>
Salisilik Asit x <i>V. dahliae</i>	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>
Vermikompost x <i>V. dahliae</i>	1.05 $\pm$ 0.13 <sup>b</sup>
Kontrol ( <i>V. dahliae</i> )	2.66 $\pm$ 0.35 <sup>c</sup>

\*: Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $P < 0.05$ ).

\*\* : İn vitroda inhibisyon zonu mm olarak ölçülmüştür.

\*\*\*:  $\bar{x}$ : verilerin ortalamaları, s.s : standart sapma

In vitroda *V. dahliae* patojenine karşı denenen *Trichoderma* türlerinin birbirine yakın engelleme oranları verdikleri belirlenmiş fakat aralarından en iyi sonucu veren *T. asperellum* izolatu in vivo da kullanılmak üzere seçilmiştir. Yine in vitroda SA, vermikompost ve *S. cerevisiae*'nin patojeni baskılamada başarılı olduğu istatistiksel olarak da ispatlanmış ve in vivo da bitki gelişimine ve hastalığa karşı test edilmiştir. İklim odasında gerçekleştirilen uygulamaların bitki gelişim parametrelerine etkisi Çizelge 3'te verilmiştir. Buna göre *T. asperellum*'un gelişim parametrelerini arttırdığı ve istatistiki olarak diğer uygulama gruplarına göre yaş ve kuru ağırlıkta önemli olduğu saptanmıştır ( $p < 0.05$ ). Başka bir çalışmada da *Verticillium* solgunluğuna *T. asperellum*'un %76 oranında etkili olduğu ve bitki gelişimini arttırdığı belirtilmektedir (Ślusarski ve Pietr, 2009). Benzer şekilde, *T. asperellum* biyolojik kontrol elemanının *V. dahliae* solgunluğunda bitki ölümünü azaltarak kök gelişimini arttırdığı ve sürgün boyunu geliştirdiği ifade edilmektedir (Vitullo vd., 2013). *S. cerevisiae* x *V. dahliae* uygulaması kontrole oranla sürgün boy ve kök uzunluğu değerlerinde artış sağlanmıştır. Ancak bu artış istatistiksel olarak önemsiz olup ( $p > 0.05$ ) sürgün boyunun tüm uygulamaları pozitif kontrol ile aynı grupta yer almıştır (Çizelge 3). Mayanın, *V. dahliae* gibi birçok bitki patojeninin gelişimini inhibe ettiği ve bitki gelişim parametrelerini artırarak koruma sağladığı belirtilmektedir (Aghighi vd., 2004; Sarhan, 2011). SA x *V. dahliae* kombinasyonunda sürgün boyu ve kök uzunluğu parametrelerinde fark olduğu fakat kontrol grubuna göre aralarındaki istatistiksel farkın önemsiz bulunduğu tespit edilmiştir ( $p > 0.05$ ). Başka bir çalışmada tohumla kaplanan SA'ın *V. dahliae* gelişimini %39.25 oranında düşürdüğü ve bitkinin vejetatif büyüme parametrelerini kontrol grubuna göre arttırdığı ifade edilmiştir (Mahesh vd., 2017). Gong vd. (2017) SA'ın sinyal iletme yolunu kullanarak vasküler solgunluğa neden olan *V. dahliae* patojeninin gelişimini engellediğini belirtilmiştir. Bu çalışmada vermikompost x *V. dahliae* interaksyonlu uygulama (76.60 cm) ile kontrol grubu (69.00 cm) kıyaslandığında %11'lik bir artış sağlanmıştır. Ancak bu artış uygulamalar arasındaki farkı önemsiz kılmıştır. ( $p > 0.05$ ).

Yaviç vd. (2020) sonuçlarımızla paralel olarak vermikompostun bitki gelişimi üzerindeki etkisinin az olduğunu bildirmişlerdir.

Yaş ve kuru ağırlık parametrelerinde en yüksek değer *T. asperellum* ve vermikompost, en düşük değer *S. cerevisiae* x *V. dahliae* uygulamalarında görülmüştür. Bu uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. ( $p < 0.05$ ) (Çizelge 3). Bitkilerin gelişim parametreleri üzerinde *V. dahliae* izolatının etkinliğinin en çok *T. asperellum* uygulamasında azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 3). Başka bir çalışmada *V. dahliae*'ya karşı kullanılan *T. asperellum*' un bitki büyümesini önemli ölçüde artırırken hastalık şiddetini azalttığı belirtilmiştir (Carrero-Carrón vd., 2016).

**Çizelge 3.** Marulda *Verticillium dahliae*'ya karşı SA, *S. cerevisiae*, *T. asperellum* ve vermikompost uygulamalarının gelişim parametrelerine etkisi.

Table 3. The effects of SA, *S. cerevisiae*, *T. asperellum* and vermikompost applications on growth parameters against *Verticillium dahliae* in lettuce.

Uygulamalar	Sürgün Boyu (cm)	Kök Uzunluk (cm)	Yaş Ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)
	$\bar{X} \pm S.S^{**}$	$\bar{X} \pm S.S$	$\bar{X} \pm S.S$	$\bar{X} \pm S.S$
Kontrol	69.00±7.38 <sup>a*</sup>	20.40±6.30 <sup>a</sup>	50.80±15.49 <sup>ab</sup>	7.07±0.77 <sup>cd</sup>
SA	68.40±15.04 <sup>a</sup>	22.20±4.20 <sup>ab</sup>	38.32±7.08 <sup>a</sup>	6.71±0.42 <sup>bcd</sup>
Vermikompost	66.92±38.42 <sup>a</sup>	22.00±7.38 <sup>ab</sup>	47.74±4.41 <sup>ab</sup>	7.87±1.88 <sup>d</sup>
<i>S. cerevisiae</i>	60.20±8.10 <sup>a</sup>	23.60±6.34 <sup>ab</sup>	46.83±7.22 <sup>ab</sup>	7.15±2.77 <sup>cd</sup>
<i>T. asperellum</i>	68.40±22.94 <sup>a</sup>	31.00±11.02 <sup>b</sup>	57.79±14.41 <sup>b</sup>	7.71±1.83 <sup>d</sup>
SA x <i>V. dahliae</i>	77.20±6.68 <sup>a</sup>	23.00±6.20 <sup>ab</sup>	39.90±4.12 <sup>a</sup>	5.01±1.14 <sup>ab</sup>
Vermikompost x <i>V. dahliae</i>	76.60±8.67 <sup>a</sup>	19.20±3.89 <sup>a</sup>	41.88±5.58 <sup>a</sup>	6.16±0.35 <sup>abcd</sup>
<i>S. cerevisiae</i> x <i>V. dahliae</i>	71.80±11.81 <sup>a</sup>	24.00±7.77 <sup>ab</sup>	37.98±5.58 <sup>a</sup>	4.50±0.84 <sup>a</sup>
<i>T. asperellum</i> x <i>V. dahliae</i>	84.80±13.25 <sup>a</sup>	20.40±7.40 <sup>a</sup>	40.20±9.81 <sup>a</sup>	5.47±1.14 <sup>abc</sup>
<i>V. dahliae</i>	75.80±20.11 <sup>a</sup>	18.20±3.56 <sup>a</sup>	44.27±3.02 <sup>a</sup>	5.47±1.08 <sup>abc</sup>

\*: Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $P < 0.05$ ).

\*\* :  $\bar{x}$ : verilerin ortalamaları, s.s : standart sapma

*Verticillium dahliae*, bitkilerin iletim demetlerinde tıkanıklıklara neden olarak, yeşil aksamında solgunluğa sebep olmaktadır. Bu nedenle bitkilerde patojenin zararı hem solgunluğa hem de gövde kesitine bakılarak farklı skalalar ile tespit edilmiştir. Marulda *V. dahliae*'nın skala değerleri Çizelge 4'te verilmiştir.

**Çizelge 4.** Marulda *Verticillium dahliae*'nin yeşil aksam ve gövde kesiti hastalık şiddeti indeksleri.

Table 4. Disease severity indexes of green part and stem section of *Verticillium dahliae* in lettuce.

Uygulamalar	Yeşil Aksam H. Ş. İ. *	Gövde Kesiti H. Ş. İ. **
	$\bar{X} \pm S.S^{***}$	$\bar{X} \pm S.S$
SA x <i>V. dahliae</i>	20.00±14.14 <sup>a***</sup>	6.60±14.75 <sup>a</sup>
Vermikompost x <i>V. dahliae</i>	28.00±10.95 <sup>a</sup>	13.20±18.07 <sup>a</sup>
<i>S. cerevisiae</i> x <i>V. dahliae</i>	32.00±10.95 <sup>a</sup>	19.80±18.07 <sup>ab</sup>
<i>T. asperellum</i> x <i>V. dahliae</i>	20.00±14.14 <sup>a</sup>	6.60±14.75 <sup>a</sup>
<i>V. dahliae</i>	52.00±10.95 <sup>a</sup>	39.60±14.75 <sup>b</sup>

\*: Hastalık şiddeti indeksi yeşil aksamda 0-5 solgunluk skalası üzerinden yüzde olarak Tawsend-Hauberger formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

\*\* : Hastalık şiddeti indeksi gövde kesitinde 0-3 skalası üzerinden yüzde olarak Tawsend-Hauberger formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

\*\*\*: Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $P < 0.05$ ).

\*\*\*\*:  $\bar{x}$ : verilerin ortalamaları, s.s : standart sapma

Buna göre gerek yeşil aksam gerek gövde kesitinde SA ve *T. asperellum*'un *V. dahliae* patojeninin etkinliğini azalttığı gözlemlenmiştir. Uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ( $P > 0.05$ ). Bu konuda yapılan başka çalışmalarda da *Trichoderma* spp.'nin *V. dahliae* patojeninin hastalık şiddeti üzerindeki etkisi sonuçlarımızı desteklemiştir (Jabnoun-Khiareddine vd., 2009; Carrero-Carrón vd., 2016). SA bitki

büyümesini teşvik ederek birçok patojene karşı koruma sağlamaktadır. Patojen-konukçu etkileşimi sırasında bitki savunma sistemini harekete geçirerek hastalık şiddetini düşürmektedir (Mahesh vd., 2017).

Her iki skala değerine göre hastalık belirtisi en çok *V. dahliae*, daha sonra da *S. cerevisiae* x *V. dahliae* uygulamalarında saptanmıştır. Dolayısıyla *S. cerevisiae*'nin diğer uygulamalara göre patojen zararına etkisi daha az bulunmuştur (Çizelge 4). Ancak Shalaby ve El-Nady'ye göre (2008) maya uygulanan gruplarda patojen gelişiminin %50 oranında inhibe edilebildiği belirtilmiştir. Bununla birlikte hastalığı baskılamak amacıyla yapılan uygulamaların başka faktörlere de bağlı olduğu, bir denemede alınan sonuçların başka bir denemede farklılık gösterebileceği göz önünde tutulmalıdır. Sonuçta test edilen uygulamaların hepsi hastalığın etkisini azaltmış, özellikle gövde kesiti incelemesindeki fark istatistiki olarak önem arz etmiştir ( $P < 0.05$ ) (Çizelge 4.).

## SONUÇ

Günümüzde sürdürülebilir tarımda alternatif yöntemler ve iyi tarım uygulamalarının önemi artmıştır. Bitki hastalıklarına karşı mücadelede, *Trichoderma* spp. kullanılmasının önemi ve bu konuda yapılan çalışmalar sürekli ivme kazanmaktadır. Toprağın doğal dengesini bozmadan, sürekli iyileşme sağlayan organik maddelerden solucan gübresi ve salisilik asit son yıllarda araştırmalara sıkça konu olmaktadır. Literatürlerde ve pratik anlamda oldukça ilgi çeken ve kullanım alanı bulan maya, vermikompost ve SA ülkemizde istenilen düzeyde kullanılmamaktadır. Bu bağlamda, çalışmada özellikle sürdürülebilir tarım açısından oldukça önemli olan bu maddeler kullanılarak marulda *V. dahliae*'nin zararının en aza indirilmesi hedeflenmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde;

- 1.) 1 – 5 skalasına göre *Trichoderma* türlerinin *V. dahliae*'nin gelişimini %50'nin üzerinde engellediği tespit edilmiştir.
- 2.) *T. asperellum*'un kullanılan diğer antagonistlere oranla *V. dahliae*'ya karşı daha etkili olduğu belirlenmiştir.
- 3.) Organik maddelerden ise; salisilik asitin *V. dahliae*'nin gelişimine tamamen engel olduğu, vermikompostun salisilik asitten sonra diğerlerine oranla daha iyi sonuç verdiği saptanmıştır.

Marulda özellikle pazarlama dönemine yaklaşınca kendini gösteren ve ciddi sorunlara sebebiyet veren *V. dahliae* patojenine karşı kullanılan *T. asperellum*, SA ve vermikompostun sürdürülebilir tarım açısından önemi çalışmanın özgünlüğünü arttırmaktadır. Toprak kaynaklı ve dayanıklı yapılar oluşturabilen *V. dahliae*, mücadelesi en zor patojenlerden biridir. Bu tip mikroorganizmalar özellikle de geniş konukçu çevresine sahip olanlarla tarımsal savaşa girmek yoğun kimyasal kullanımına sebep olmaktadır. Küresel açıdan çevre sorunlarına yol açan bütün uygulamaların yeni tarımsal sistemlerde minimum düzeyde yer alacağı muhakkaktır. Bu bağlamda kolay elde edilebilen ve üretilebilen, çevreye dost mikroorganizmalar ile organik, doğayı kirletmeyen maddelerin daha çok tarımsal üretime girmesi ve yerleşmesi teşvik edilmelidir. Bu maddelerin birbirleriyle ve ürün çeşitleriyle uyumları ve sürdürülebilirlikleri daha çok araştırılmalıdır. Çalışmaların laboratuvar ortamlarında denenip, ümitvar olanların sera ve tarla denemelerinin de yapılması ve sonuçların üretim aşamasına taşınması yeni tarım uygulamaları için gereklidir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## YAZAR KATKISI

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamıştır.

## KAYNAKLAR

Aghighi, S., Shahidi Bonjar, G. H., Rawashdeh, R., Batayneh, S., & Saadoun, I. (2004). First report of antifungal spectra of activity of Iranian actinomycetes strains against *Alternaria solani*, *Alternaria alternate*, *Fusarium solani*, *Phytophthora megasperma*, *Verticillium dahliae* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Asian Journal of Plant Sciences*, 3(4), 463-471. <http://dx.doi.org/10.3923/ajps.2004.463.471>

- Akbay, F. (2012). *Farklı Azot Dozlarında Yetiştirilen Marulda (*Lactuca sativa* L.) *Paenibacillus polymyxa* Uygulamalarının Verim, Bitki Gelişimi ve Besin Elementi İçeriğine Etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Arafat, K. H., Mohamed, A. M., & Elsharabasy, S. (2012). Biological control of date palm root rots disease using Egyptian isolates of *streptomyces*. *Research journal of agriculture and biological sciences*, 8(2), 224-230.
- Aydın, M. H. (2015). Bitki fungal hastalıklarıyla biyolojik savaşta *Trichoderma*'lar. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2(2), 135-148. <https://doi.org/10.19159/tutad.10042>
- Bedir, T. B., & Kuleşan, H. (2020). Doğal mayaların yaygın patojenler üzerindeki inhibitör etkileri. *Gıda Journal*, 45(1), 182-191. <https://doi.org/10.15237/gida.GD19115>
- Bell, D. K., Wells, H. D., & Markham, C. R. (1982). In vitro antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. *Phytopathology journal*, 72(4), 379-382.
- Boyno, G. (2019). *Van'da Domates Alanlarından İzole Edilen *Alternaria solani* (Ell. ve G. Martin) Sor.'nin Biyolojik Mücadele Olanaklarının Belirlenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van.
- Carrero-Carrón, I., Trapero-Casas, J. L., Olivares-García, C., Monte, E., Hermosa, R., & Jiménez-Díaz, R. M. (2016). *Trichoderma asperellum* is effective for biocontrol of *Verticillium* wilt in olive caused by the defoliating pathotype of *Verticillium dahliae*. *Crop protection journal*, 88, 45-52. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.05.009>
- Demir Durak, E., (2011). Erzurum ilinde çilek bitkilerinden izole edilen *Rhizoctonia* türlerinin anastomosis grupları, patojeniteleri ve biyolojik mücadeleleri [Doktora Tezi]. Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Edwards, C. A., & Bohlen, P. J. (1996). *Biology and ecology of earthworms*. (3th ed.) Chapman & Hall, New York. USA.
- Erdoğan, O., Çelik, A., Yıldız, Ş., & Kökten, K. (2014). Pamukta fide kök çürüklüğü etmenlerine karşı bazı bitki ekstrakt ve uçucu yağlarının antifungal etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 1(3), 398-404. <https://dergipark.org.tr/en/pub/turkjans/issue/13307/160776>
- Erdoğan, O., Celik, A., & Zeybek, A. (2016). In Vitro Antifungal Activity of Mint, Thyme, Lavender Extracts and Essential Oils on *Verticillium dahliae* Kleb. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(11), 4856-4862. <https://hdl.handle.net/20.500.12809/2656>
- Ergün, R. (2020). *Bitki gelişimini uyarıcı rizobakteri (PGPR) ve sıvı vermikompost uygulamalarının marul bitkisinin (*Lactuca sativa* L.) verimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Ege Üniversitesi, İzmir.
- Erwin, D. C., Tsoi, S. D., & Khan, R. A. (1976). Reduction of severity of *Verticillium* wilt of cotton by the growth retardant tributyl (5-chloro-2-thienyl methyl) phosphonium chloride. *Phytopathology journal*, 66, 106-110.
- Gong, Q., Yang, Z., Wang, X., Butt, H. I., Chen, E., He, S., & Li, F. (2017). Salicylic acid-related cotton (*Gossypium arboreum*) ribosomal protein GaRPL18 contributes to resistance to *Verticillium dahliae*. *BMC plant biology journal*, 17(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s12870-017-1007-5>.
- Guzmán-Guzmán, P., Porrás-Troncoso, M. D., Olmedo-Monfil, V., & Herrera-Estrella, A. (2019). *Trichoderma* species: versatile plant symbionts. *Phytopathology Journal*, 109(1), 6-16. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-07-18-0218-RVW>
- Günay, A. (2005). *Sebze yetiştiriciliği*. Cilt-II, Meta Basımevi, İzmir.
- Harborne, J. B. (1980). Plant phenolics, Secondary plant products. EA Bell & BV Charwood, B.V., (Eds.), Springer-Verlag, Berlin.
- Hayes, R. J., Vallad, G. E., Qin, Q. M., Grube, R. C., & Subbarao, K. V. (2007). Variation for resistance to *Verticillium* wilt in lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Plant disease journal*, 91(4), 439-445. <https://doi.org/10.1094/PDIS-91-4-0439>
- Horváth, E., Szalai, G., & Janda, T. (2007). Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. *Journal of Plant Growth Regulation*, 26(3), 290-300. <https://doi.org/10.1007/s00344-007-9017-4>
- Jabnoun-Khiareddine, H., Daami-Remadi, M., Ayed, F., & El Mahjoub, M. (2009). Biological control of tomato *Verticillium* wilt by using indigenous *Trichoderma* spp. *The African Journal of Plant Science and Biotechnology*, 3(1), 26-36.
- Jamdar, Z., Mohammadi, A. H., & Mohammadi, S. (2013). Study of Antagonistic Effects of *Trichoderma* Species on Growth of *Verticillium dahliae*, the Causal Agent of *Verticillium* Wilt of Pistachio under Laboratory Condition. *International Journal of Nuts and Related Sciences*, 4(4), 53-56.



- Joshi, R., Singh, J., & Vig, A. P. (2015). Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology journal*, 14(1), 137-159. 10.1007/s11157-014-9347-1
- Karasakal, İ. (2020). *Marulda farklı azot dozları ve salisilik asit uygulamalarının agro-morfolojik özellikler üzerine etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Ordu Üniversitesi, Ordu.
- Kılıç, B. (2018). *Bazı organik gübrelerin marul yetiştiriciliğinde gelişme ve verim üzerine etkilerinin belirlenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- Koç, İ., Yardım, E. N., Çelik, A., Mendes, M., Mirtağoğlu, H., & Namlı, A. (2018). Fındık kabuklarından elde edilmiş odun sirketi'nin in-vitro şartlarında antifungal etkisinin belirlenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 296-300. <https://doi.org/10.17798/bitlisfen.425809>
- Koike, S. T., Gladders, P., & Paulus, A. O. (2007). *Vegetable diseases: A color handbook*. Ed Academic Press: San Diego, California, USA.
- Mahesh, H. M., Murali, M., Pal, M. A. C., Melvin, P., & Sharada, M. S. (2017). Salicylic acid seed priming instigates defense mechanism by inducing PR-Proteins in *Solanum melongena* L. upon infection with *Verticillium dahliae* Kleb. *Plant Physiology and Biochemistry journal*, 117, 12-23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.05.012>
- Melo, I. S. D., & Faull, J. L. (2000). Parasitism of *Rhizoctonia solani* by strains of *Trichoderma* spp. *Scientia Agricola Journal*, 57(1), 55-59. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162000000100010>
- Özgönen, H., Candan, M., & Arıcı, Ş. E. (2010). *The Effects of mycorrhizal fungi and Trichoderma harzianum on Verticillium dahliae in cucumber*. In: 2nd International Symposium on Sustainable Development, Sarajevo.
- Royse, D. J., & Ries, S. M. (1978). The influence of fungi isolated from peach twigs on the pathogenicity of *Cytospora cincta*. *Phytopathology journal*, 68(4), 603-607.
- Sarhan, TZ. (2011). Effect of Bread Yeast Application and Seaweed Extract on Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Plant Growth, Yield And Fruit Quality. *Mesopotamia Journal of Agriculture*, 39(2), 26-32. 10.33899/magj.2011.30359
- Sevimay, N. (2009). *Kuraklık Stresi Altındaki Marul Bitkilerinde Salisilik Asidin Etkileri* [Yüksek Lisans Tezi]. Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.
- Schmitt, M. J., & Breinig, F. (2002). The viral killer system in yeast: from molecular biology to application. *FEMS Microbiology Reviews Journal*, 26(3), 257-276. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2002.tb00614.x>
- Shalaby, M. E. S., & El-Nady, M. F. (2008). Application of *Saccharomyces cerevisiae* as a biocontrol agent against *Fusarium* infection of sugar beet plants. *Acta Biologica Szegediensis journal*, 52(2), 271-275.
- Soylu, E. M., Soylu, S., Kara, M., & Kurt, Ş. (2020). Sebzelerde sorun olan önemli bitki fungal hastalık etmenlerine karşı verimikomposttan izole edilen mikrobiyomların in vitro antagonistik etkilerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(1), 7-18. 10.18016/ksutarimdog.2020.23.1.01936
- Ślusarski, C., & Pietr, S. J. (2009). Combined application of dazomet and *Trichoderma asperellum* as an efficient alternative to methyl bromide in controlling the soil-borne disease complex of bell pepper. *Crop protection journal*, 28(8), 668-674. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.03.016>
- Şalk A., Arın L., Devenci M., & Polat S. (2008). *Özel Sebzeçilik*. Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Onur Grafik, Matbaa ve Reklam, Tekirdağ. 978-9944-0786-0-3
- Toffano, L., Fialho, M. B., & Pascholati, S. F. (2017). Potential of fumigation of orange fruits with volatile organic compounds produced by *Saccharomyces cerevisiae* to control citrus black spot disease at postharvest. *Biological Control journal*, 108, 77-82. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.02.009>
- Tutar, U. (2013). Toprak solucanlarından elde edilen verimikompostun bazı bitki patojenleri üzerindeki antimikrobiyal aktivitelerinin araştırılması. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, 34(2), 1-12. <https://dergipark.org.tr/en/pub/cumusci/issue/4327/57948>
- Vallad, G. E., Bhat, R. G., Koike, S. T., Ryder, E. J., & Subbarao, K. V. (2005). Weedborne reservoirs and seed transmission of *Verticillium dahliae* in lettuce. *Plant Disease Journal*, 89(3), 317-324. <https://doi.org/10.1094/PD-89-0317>
- Van Breusegem, F., Vranová, E., Dat, JF., & Inzé, D. (2001). The role of active oxygen species in plant signal transduction. *Plant Science journal*, 161(3), 405-414. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(01\)00452-6](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(01)00452-6)

- Veloso, J., Alabouvette, C., Olivain, C., Flors, V., Pastor, V., Garcia, T., & Diaz, J. (2016). Modes of action of the protective strain Fo47 in controlling *Verticillium* wilt of pepper. *Plant Pathology journal*, 65(6), 997-1007. <https://doi.org/10.1111/ppa.12477>
- Vitullo, D., Altieri, R., Esposito, A., Nigro, F., Ferrara, M., Alfano, G., & Lima, G. (2013). Suppressive biomasses and antagonist bacteria for an eco-compatible control of *Verticillium dahliae* on nursery-grown olive plants. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 10(2), 209-220. 10.1007/s13762-012-0145-4
- Yaviç, Ş., Demir, S., & Boyno, G. (2020). Solucan Gübresi (Vermikompost)'nin Domates (*Solanum lycopersicum*)'te *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary'un Neden Olduğu Kök Çürüklüğü Hastalığına Etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(1), 13-20. <https://dergipark.org.tr/en/pub/yyufbed/issue/54093/634291>
- Yeşilova, O., & Karaca, G. (2007). Determination of the effects of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and *Fusarium* wilt of melon plants. *Acta Horticulturae Journal*, 729, 493-498. 10.17660/ActaHortic.2007.729.84
- Yıldırım, E. (2019). *Sıvı Solucan Gübresinin Raf Ömrünün Uzatılması* [Yüksek Lisans Tezi]. Karabük Üniversitesi, Karabük. <https://dergipark.org.tr/en/pub/jonas/issue/56186/738186>
- Zink, F. W., & Gubler, W. D. (1986). Inheritance of resistance to races 0 and 2 of *Fusarium oxysporum* f sp. *melonis* of gynoecious muskmelon. *Plant disease journal*, 70, 676-678. 10.1094/PD-70-676
- Wu, B. M., & Subbarao, K. V. (2014). A model for multiseasonal spread of *Verticillium* wilt of lettuce. *Phytopathology*, 104(9), 908-917. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-12-13-0333-R>



## METRIC Modeli ve Google Earth Engine Flux ile Hesaplanan Günlük Bitki Su Tüketimi ve Referans Bitki Su Tüketimi Fraksiyonu Değerlerinin Karşılaştırılması

Comparison of Daily Evapotranspiration and Reference Evapotranspiration Fraction Values Calculated using METRIC Model and Google Earth Engine FLux

Emre Tunca<sup>1</sup> , Eyüp Selim Köksal<sup>2</sup> , Sakine Çetin Taner<sup>3</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 23.01.2022

Kabul Tarihi (Accepted): 14.06.2022

Yayın Tarihi (Published): 22.08.2022

**Öz:** Evapotranspirasyonun (ET) hassas bir biçimde belirlenmesi su kaynakları yönetiminde oldukça önemlidir. Son yıllarda ET'nin uzaktan algılama teknikleri yardımıyla belirlenmesinde çeşitli modeller geliştirilmiştir. Bu modeller arasında Evapotranspirasyon Haritalamasında Yüksek Çözünürlük ve İçsel Kalibrasyon Modeli (METRIC) en yaygın kullanılanlardan biridir. METRIC modelinde içsel kalibrasyon amacıyla ET'nin potansiyel seviyede ve ET'nin sıfır olduğu iki ekstrem koşulu temsilen seçimler yapılması gerekmektedir. Bu seçimleri hem uzaktan algılama hem de ET üzerine deneyimli kişilerin yapması gerekmektedir. Ancak bu durum METRIC modelinin kullanımını kısıtlamaktadır. Oluşan bu boşluğun doldurulması için Google Earth Engine platformunda Earth Engine Evapotranspiration Flux (EEFlux) uygulaması geliştirilmiştir. Bu uygulamayla METRIC modeli otomatik olarak kalibre edilmektedir. Bu çalışmanın amacı elle METRIC modeli ile EEFlux modelinden elde edilen günlük ET (ET<sub>d</sub>) ve Referans ET fraksiyonu (ET<sub>r</sub>F) değerlerinin karşılaştırılmasıdır. Çalışma Amasya ili Merzifon ilçesinde yer alan Uzunyazı, Çayırözü ve Yeşilören köylerindeki arpa, ayçiçeği, buğday, mısır, şeker pancarı, patates ve soğan yetiştiriciliği yapılan tarım alanlarında gerçekleştirilmiştir. Araştırmada üç farklı tarihe ait Landsat 8 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre METRIC ve EEFLUX ile hesaplanan ET<sub>d</sub> değerleri uyumlu olmasına rağmen ( $R^2=0,87$ ), genel olarak EEFlux-ET<sub>d</sub> değerleri METRIC-ET<sub>d</sub> değerlerinden daha düşük gerçekleşmiştir (RMSE=2,5 mm gün<sup>-1</sup> ve MAE=2,38 mm gün<sup>-1</sup>). ET<sub>r</sub>F değerleri ise ET<sub>d</sub> değerlerine benzer uyumlu hesaplanmıştır ( $R^2=0,88$ , RMSE=0,11 ve MAE=0,09). Buna göre EEFLUX ve METRIC ile hesaplanan ET<sub>d</sub> ve ET<sub>r</sub>F değerleri arasında belirli farklılıklar olmasına rağmen, EEFLUX ile oldukça hızlı, yerel iklim verileri ve deneyimli bir kullanıcı ihtiyacı olmadan ET<sub>d</sub> değerleri belirlenebilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Bitki su tüketimi, uzaktan algılama, METRIC, EEFlux, ET<sub>r</sub>F.

&

**Abstract:** Accurate evapotranspiration (ET) calculation is crucial in water resources management. In recent years, various remote sensing techniques based models have been developed to determine ET. Among these models, Mapping EvapoTranspiration at High Resolution with Internalized Calibration (METRIC) is one of the most widely used. In the METRIC model, anchor pixels must be selected to represent extreme conditions where ET is at potential level and ET is zero in the internal calibration process. These choices should be made by experienced users in both remote sensing and ET. However, this limits the use of the METRIC model. In order to fill this gap, the Earth Engine Evapotranspiration Flux (EEFlux) application was developed in the Google Earth Engine platform. With this application, the METRIC model is calibrated automatically. The aim of this study was to compare the daily ET (ET<sub>d</sub>) and Reference ET fraction (ET<sub>r</sub>F) values obtained from the METRIC and EEFlux model. The study was carried out in the agricultural fields of barley, sunflower, wheat, corn, sugar beet, potato and onion cultivation in Uzunyazı, Çayırözü and Yeşilören villages in Merzifon district of Amasya province. Landsat 8 satellite images of three different dates were used in this research. According to the results obtained from this study, although the ET<sub>d</sub> values calculated with METRIC and EEFlux were compatible ( $R^2=0.87$ ), the EEFlux-ET<sub>d</sub> values were generally lower than the METRIC- ET<sub>d</sub> values (RMSE=2.5 mm day<sup>-1</sup> and MAE=2.38 mm day<sup>-1</sup>). Calculated ET<sub>r</sub>F values were calculated with similar agreement to ET<sub>d</sub> values ( $R^2=0.88$ , RMSE=0.11 and MAE=0.09). Accordingly, although there are certain differences between ET<sub>d</sub> and ET<sub>r</sub>F values calculated with EEFlux and METRIC, ET<sub>d</sub> values can be determined very quickly with EEFlux, without the need for local climate data and an experienced user.

**Keywords:** Evapotranspiration, Remote Sensing, METRIC, GEEFLUX, ET<sub>r</sub>F.

**Atıf/Cite as:** Tunca, E., Köksal, E. S., & Taner S. Ç. (2022). METRIC Modeli ve Google Earth Engine Flux ile Hesaplanan Günlük Bitki Su Tüketimi ve Referans Bitki Su Tüketimi Fraksiyonu Değerlerinin Karşılaştırılması. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 8 (2), 256-267. DOI: 10.24180/ijaws.1061823.

**İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijaws>

**Copyright** © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Araş. Gör. Emre Tunca, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, emre.tunca@omu.edu.tr (Sorumlu Yazar / Corresponding author)

<sup>2</sup> Prof. Dr. Eyüp Selim Köksal, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, eselim@omu.edu.tr

<sup>3</sup> Dr. Öğr. Üyesi Sakine Çetin, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, sakine.cetin@omu.edu.tr

## GİRİŞ

Evapotranspirasyon (ET) hidrolojik döngünün en önemli bileşenlerinden birisidir. Küresel yağışın  $\frac{2}{3}$ 'ü ve kurak/yarı kurak bölgelerde gerçekleşen etkili yağışın ise yaklaşık %90'ı (Li vd., 2021) ET yoluyla atmosfere iletilmektedir. Bu durum, özellikle su eksikliği çekilen bölgelerde, bitkisel üretimi önemli ölçüde kısıtlamaktadır. Söz konusu eksikliğin giderilmesi ise ET'nin bitki gelişme dönemi boyunca hassas bir biçimde izlenmesini gerektirmektedir. ET'nin düzenli olarak izlenmesi, tarımsal üretimin artırılmasının yanı sıra, su kaynaklarının etkin kullanımı, kuraklık izleme ve iklim değişikliği etkilerinin ortaya konulması açısından da oldukça önemlidir (Nassar vd., 2021).

Toprak su bütçesi, yüzey enerji dengesi ve iklim verilerine dayalı yaklaşımlarla konuma özel ET değerleri hesaplanabilmektedir (Park vd., 2021). Fakat noktasal olan bu ET değerlerinin elde edilmesi yoğun işçilik ve zaman gerektirmektedir. Ayrıca vejetasyon ve toprak özelliklerinin homojen dağılım göstermediği bitkisel üretim alanlarında, noktasal olarak belirlenen bu ET değerlerinin geniş alanları temsil etme kabiliyeti oldukça düşüktür (Khan vd., 2021). Bu nedenle hem su kaynaklarının etkin kullanımı hem de tarımsal üretimi artırmak için ET'nin konumsal ve zamansal değişiminin hassas bir biçimde ortaya konulması gerekmektedir. Uzaktan algılama (UA) teknikleri hem vejetasyon düzeyinin hem de ET'nin konumsal ve zamansal değişiminin ortaya konulmasında en güvenilir yöntemlerden biri olarak öne çıkmaktadır (Park vd., 2021). UA ile ET tahmini genel olarak dört ana kategoriden oluşmaktadır (Courault vd., 2005; Nouri vd., 2015): (1) UA verileri ile ET değerleri arasında ampirik eşitliklerin oluşturulması; (2) yüzey enerji dengesi modelleri; (3) UA verilerinden hesaplanan vejetasyon indeksi değerleri ile bitki katsayılarının tahmin edilmesi; (4) toprak-bitki atmosfer taşınımına (SVAT) dayalı deterministik yöntemler. Belirtilen bu yaklaşımlardan yüzey enerji dengesi modelleri UA'ya dayalı ET tahmininde en yaygın kullanılan yöntemdir (Burchard-Levine vd., 2021). Bu yaklaşımda ET, yüzey enerji dengesi bileşenlerinin artanı olarak hesaplanmaktadır. Yüzey enerji dengesi bileşenleri (Net Radyasyon ( $R_n$ ), Hissedilebilir Isı Akısı ( $H$ ) ve Toprak Isı Akısı ( $G$ )) ise UA görüntülerinden çeşitli fiziksel ve ampirik eşitlikler yardımıyla hesaplanmaktadır (Kalma vd., 2008). Yüzey enerji dengesi ile ET tahmininde en sık kullanılan modellerin başında Evapotranspirasyon Haritalamasında Yüksek Çözünürlük ve İçsel Kalibrasyon Modeli (METRIC)

(Allen vd., 2007b) ve Arazi için Yüzey Enerji Dengesi Algoritması (SEBAL) (Bastiaanssen vd., 1998) gelmektedir. METRIC, SEBAL modelinin temelleri üzerine geliştirilmiş ve uygulamada en sık tercih edilen ET tahmin modelidir (de Oliveira Costa vd., 2020). Literatürde METRIC, lizimetre (Tasumi vd., 2005; Allen vd., 2007a), scintillometre (Al-Gaadi vd., 2016) ve eddy kovaryans kulesi (Ortega-Salazar vd., 2021) ölçümleri karşılaştırılmış ve METRIC modelinin yüksek seviyede başarılı olduğu değerlendirilmiştir.

METRIC modeli sahip olduğu içsel kalibrasyon mekanizması ile atmosferik etkiler, yüzey sıcaklığı,  $G$  ve  $H$  kaynaklı hataları elimine edebilmektedir (Allen vd., 2007a). Bu yaklaşımda görüntü hücreleri arasından iki uç nokta (sıcak ve soğuk hücre) seçilerek  $H$  kalibre edilmektedir (Ortega-Salazar vd., 2021). Söz konusu görüntü hücrelerinin seçimi subjektif ve oldukça zaman alıcıdır (Çetin ve ark., 2017). Bu nedenle METRIC modelinin uzman bir kullanıcı tarafından kalibre edilmesi ET tahminlerindeki başarı için oldukça önemlidir (Morton vd., 2013). Bu durum genellikle METRIC modelinin akademik çalışmalar ile kısıtlı olmasına sebep olmuştur (Carrasco-Benavides vd., 2021). Oluşan bu boşluğun doldurulması için Google, Nebraska Üniversitesi (ABD), Çöl Araştırma Enstitüsü (ABD) ve Idaho Üniversitesi (ABD) iş birliği ile geliştirilen ve kullanıcı dostu arayüzü ile METRIC-Google Earth Engine ET Akısı (EEFlux) platformu geliştirilmiştir. Bu sistemde Landsat görüntüleri METRIC modeli kullanılarak otomatik olarak işlenmekte ve modelin çıktıları tüm kullanıcıların hizmetine sunulmaktadır (Nisa vd., 2021). EEFlux ile yer verisi (meteorolojik veriler, yükseklik haritaları, bitki türü sınıflandırma haritaları vs.) ve kalibrasyon işlemine ihtiyaç duymadan tüm dünyaya ait ET haritalarına ulaşılabilmektedir. Bu kapsamda EEFlux ile tahmin edilen ET değerleri mısır (Filgueiras vd., 2019) ve soya fasulyesinde (Venancio vd., 2020) başarılı bir biçimde değerlendirilmiştir.

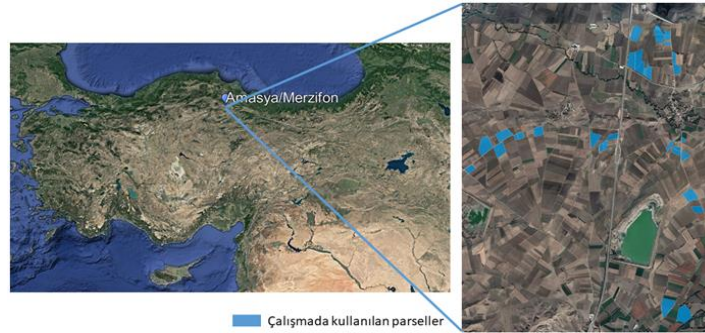
EEFlux ile ET tahmini üzerine belirli sayıda çalışmalar olmasına rağmen, EEFlux'daki otomatik kalibrasyonunun başarı düzeyi üzerine yapılmış çalışmalar oldukça azdır. Bu nedenle, bu çalışmanın

amacı elle kalibre edilen METRIC modeli ET değerleri ile otomatik kalibre edilen EEFlux ET değerlerinin karşılaştırılmasıdır. Ayrıca METRIC ve EEFlux ile gerçekleştirilen hesaplamalar arasında kalibrasyon yönteminin ötesinde bir takım farklı algoritma ve model girdileri (iklim veri kaynağı) kullanılmaktadır. Bu farklılıkların METRIC ve EEFlux'ın ara çıktısı olan referans ET fraksiyonu (ET<sub>rF</sub>) üzerine olan etkileri incelenmiş ve buna ek olarak farklı kullanıcılar tarafından seçilen sıcak ve soğuk hücrelerin METRIC modelinin çıktıları üzerine olan etkileri değerlendirilmiştir.

## MATERYAL VE METOT

### Çalışma Alanı

Elle kalibre edilmiş METRIC modeli ile otomatik kalibre edilmiş EEFlux modelinin karşılaştırılması için, 2015 tarımsal üretim dönemi sırasında, Amasya ili Merzifon ilçesine bağlı Çayırözü, Uzunyazı ve Yeşilören köyleri sulu tarım alanları çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 1). Bu arazilerin seçilmesinin en önemli nedeni, bölgede suyun oldukça önemli olması ve bölge ekonomisine oldukça fazla katkıda bulunmasıdır. Araştırma alanı içerisinde yer alan köyler Merzifon ovasında yer almakta ve denizden yükseklikleri sırasıyla 535, 565 ve 525 m'dir. Tarla tarımı yapılan bu köylerde yaygın olarak arpa, buğday, ayçiçeği, mısır, şeker pancarı ve soğan üretimi gerçekleştirilmektedir. Bölgedeki tarım alanları genel olarak düz ve düze yakın arazilerden oluşmaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı genel görünümü ve araştırmada kullanılan tarımsal üretim parselleri.  
Figure 1. Research area and plots used in this study.

### Çalışma Alanındaki Bitkisel Üretim Deseni

Çizelge 1'de 2015 yılında Çayırözü, Uzunyazı ve Yeşilören köylerindeki toplam bitkisel üretim alanları ve ekiliş oranları verilmiştir (ÇKS, 2016). Buna göre çalışma alanı içerisinde en fazla buğday tarımı gerçekleştirilmiştir (7.305,2 da). Buğday üretimini arpa ve ayçiçeği üretimi takip etmektedir.

Çizelge 1. Çalışma alanında 2015 yılı yetiştirme dönemi sırasında yetiştirilen bitkilerin ekim alanları ve ekiliş oranları.  
Table 1. The cropping area and cultivation rates of the crops during the 2015 growing season in the study area.

Bitki adı	Toplam üretim alanı (da)	Ekiliş Oranı (%)
Arpa	3.052,60	14,26
Ayçiçeği	2.926,60	13,67
Buğday	7.305,27	34,12
Mısır (dane)	2.821,56	13,18
Mısır (silaj)	92,83	0,43
Patates	1.313,02	6,13
Soğan (kuru)	1.949,72	9,11
Şeker Pancarı	708,44	3,31
Diğer	1.243,2	5,81
Toplam	21.413,24	100,0

### Çalışmada Kullanılan Uydu Görüntüleri

Bu çalışmada Landsat 8 uydusuna ait multispektral ve termal görüntüler kullanılmıştır. Landsat 8 uydusu 2'si termal 1'i pankromatik ve 8'i VNIR olmak üzere toplam 11 adet banta sahiptir. Yersel çözünürlük termal bant için 100 m, pankromatik bant 15 m ve VNIR bantlarda ise 30 m'dir (Çizelge 2). Landsat 8 uydusunun zamansal çözünürlüğü 16 gündür (USGS, 2022). Çalışmada 2015 yılına ait 22 Haziran, 24 Temmuz ve 9 Ağustos tarihli üç adet Landsat 8 uydu görüntüsü kullanılmıştır. Söz konusu görüntü tarihlerinin tercih edilmesindeki en önemli neden yaz aylarında sulama yapılan ve yapılmayan parseller arasında bitki su tüketimi farklılığının yüksek olmasıdır. Bu farklılık ile EEFlux modelinin hem yüksek hem de düşük bitki su tüketimi koşulları altında değerlendirmesi amaçlanmıştır.

**Çizelge 2.** Çalışmada kullanılan uydu görüntülerine ait spektral ve konumsal çözünürlükler.

Table 2. Spectral and spatial resolution information of satellite images used in this study.

Bantlar	Spektral Çözünürlük (µm)	Konumsal Çözünürlük (m)
Mavi	0,452-0,512	30
Yeşil	0,533-0,590	30
Kırmızı	0,636-0,673	30
Yakın Kızılötesi	0,851-0,879	30
SWIR-1*	1,566-1,651	30
SWIR-2**	2,107-2,294	30
Termal-1	10,60-11,19	100
Termal-2	11,50-12,51	100

\*SWIR-1=Kısa Dalga Boylu Kızılötesi-1, \*\*SWIR-2=Kısa Dalga Boylu Kızılötesi-2

### METRIC ve EEFlux Yöntemleri

Bu bölümde söz konusu iki yöntemin benzerlikleri ve farklılıkları verilmiştir. EEFLUX uygulaması Nebraska Üniversitesi, Idaho Üniversitesi ve Çöl Araştırma Enstitüsü tarafından aktif olarak geliştirilmeye devam etmektedir. Bu çalışmada kullanılan EEFLUX sürümü 0.20.4'tür (Erişim Tarihi: 29.12.2021). EEFLUX ve METRIC'de ET hesaplamaları yüzey enerji dengesi eşitliğine dayalı olarak gerçekleştirilmektedir. Bu yaklaşımda suyun sıvı halden gaz haline geçişi sırasında kullanılan ısı enerjisi (LE, W m<sup>-2</sup>), enerji dengesi bileşenlerinin artanı olarak tahmin edilmektedir (Eşitlik 1).

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

Eşitlikte, Rn, net radyasyon akısı (W m<sup>-2</sup>), G, toprak ısı akısı (W m<sup>-2</sup>) ve H ise hissedilebilir ısı akısıdır (W m<sup>-2</sup>). Gerçekleşen bitki su tüketimi değeri (ET<sub>a</sub>), LE değerlerinin buharlaşma gizli ısı değerine oranlanması ile hesaplanmaktadır. (Eşitlik 2).

$$ET_{ins} = 3600 \times \frac{LE}{\lambda \times p_w} \quad (2)$$

ET<sub>ins</sub> anlık ET akısıdır (mm h<sup>-1</sup>); 3600, saniyelik zaman dilimi değerinin saatliğe çevrilmesi için kullanılmaktadır; p<sub>w</sub>, suyun yoğunluk değeri (~1000 kg m<sup>-3</sup>); λ, buharlaşma gizli ısı değeridir (J kg<sup>-1</sup>). λ değeri yüzey sıcaklığı (T<sub>s</sub>) değerlerine dayalı olarak hesaplanmaktadır (Eşitlik 3).

$$\lambda = [2.501 - 0.00236 \times (T_s - 273.15)] \times 10^6 \quad (3)$$

ET<sub>rF</sub> değeri, uydu görüntüsünün her bir hücresi için ayrı olarak hesaplanan ET<sub>ins</sub> değerinin aynı zaman dilimine ait uzun boylu referans bitki su tüketimine (ET<sub>r</sub>) oranı ile hesaplanmaktadır (Eşitlik 4).

$$ET_{rF} = \frac{ET_{ins}}{ET_r} \quad (4)$$

Eşitlik 4 ile hesaplanan ETrF değeri, anlık olarak hesaplanan ETins değerinin günlük ET (ETd)'ye çevrilmesinde kullanılmaktadır. Bunun amaçla her bir görüntü hücresi için ayrı olarak hesaplanan ETrF değeri günlük toplam ETr değeri ile çarpılarak ETd değeri elde edilmektedir (Eşitlik 5). ETr hesaplamaları ASCE Standardized Penman-Monteith yöntemi dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir (ASCE-EWRI, 2005)

$$ET_d = ETrF \times ET_r \quad (5)$$

EEFLUX ile METRIC modeli arasındaki başlıca farklılık modelin kalibrasyonu ve hesaplamalar sırasında kullanılan iklim verileri kaynaklarıdır. METRIC modelinde, yüzey enerji dengesi eşitliğinin çözümü için kullanılan ETr'nin hesaplanmasında yersel iklim verileri kullanılırken, EEFLUX'da UA ile tahmin edilen saatlik ve günlük iklim verileri kullanılmaktadır. Amerika içindeki lokasyonlar için saatlik Kuzey Amerikan Arazi Veri Asimile Sistemi (NLDAS) iklim verileri kullanılırken, Amerika dışındaki lokasyonlar için altı saatlik CFSv2 (Saha vd., 2014; Yuan vd., 2011) ve İklim Tahmin Analiz Sistemine (CFSR) ait UA-ızgara iklim verileri kullanılmaktadır. EEFLUX ile günlük ET tahmini için UA ile tahmin edilen iklim verilerinin kullanılması bu iki model arasındaki başlıca farklılıklardan biridir.

METRIC ve EEFLUX modellerinde düşük ve yüksek ET koşullarındaki günlük ET değerini tahmin etmek için kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu işlem sıcak ve soğuk hücre adı verilen uç noktaların belirlenmesini gerektirmektedir. Söz konusu uç noktalar METRIC modelinde bir kullanıcı tarafından belirlenirken, EEFLUX'da ise otomatik olarak belirlenmektedir. Bu uç noktalardaki LE değeri, ETr ile sıcak ve soğuk noktalardaki ETr fraksiyonu değerinin (genellikle, sıcak nokta için 0 ile 0,1 arası ve soğuk nokta için 1 ile 1,05 arası) çarpılmasıyla elde edilmektedir (Allen vd., 2007a).

METRIC ve EEFLUX yöntemleri arasındaki diğer bir önemli fark ise G'nin hesaplanması sırasında kullanılan eşitliklerdir. METRIC modelinde G, yaprak alan indeksine (LAI) dayalı olarak tahmin edilmektedir (Eşitlik 6a, b):

$$\frac{G}{R_n} = 0.05 + 0.18e^{-0.521 \times LAI} \quad (LAI > 0.5) \quad (6a)$$

$$\frac{G}{R_n} = \frac{1.80 \times (T_s - 273.15)}{R_n + 0.084} \quad (LAI < 0.5) \quad (6b)$$

EEFLUX ile G hesaplaması ise Eşitlik 7'de belirtilen formül kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Foolad vd., 2018).

$$G = (0.1 + 0.17e^{-0.55 \times LAI}) \times R_n \quad (7)$$

LAI, EEFLUX modelinde Normalize Edilmiş Vejetatif Değişim İndeksi (NDVI) kullanılarak tahmin edilirken, METRIC modelinde Toprak Yansımalarını Dikkate Alan Vejetasyon İndeksi (SAVI) ile tahmin edilmektedir. METRIC modelinin detayları Allen vd., (2007a)'da, EEFLUX modelinin detayları ise Allen vd., (2015)'de yer almaktadır.

#### **Örnekleme Yöntemi ve Karşılaştırma Kriterleri**

METRIC ve EEFLUX modellerinin karşılaştırılması için, çalışma alanı içerisindeki arpa, ayçiçeği, buğday, mısır, şeker pancarı, patates ve soğan tarımı yapılan parseller seçilmiştir. Belirtilen parseller 2015 yılında arazide gözlem yoluyla tespit edilmiş ve konumları GPS sistemi ile kaydedilmiştir. Bu kapsamda seçilen tarım alanlarında üç farklı tarih için toplam 162.000 adet görüntü hücresi kullanılmıştır. Ayrıca parsel kenarlarındaki hücrelerde karışmanın (mixed) olmaması için parsel sınırları ve negatif NDVI değerine sahip görüntü hücreleri veri setine dahil edilmemiştir.

### İstatistiksel Analiz ve Değerlendirme

Bu çalışmada METRIC ve EEFLUX ile hesaplanan ET değerlerinin aralarındaki ilişkinin ortaya konulmasında doğrusal regresyon analizi yapılmış ve belirleme katsayısı ( $R^2$ ), hata karelerinin toplamının karekökü (RMSE) ve ortalama mutlak hata (MAE) hesaplanmıştır. Hesaplamalar sırasıyla Eşitlik 8,9 ve 10'a göre gerçekleştirilmiştir.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - E_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \underline{O_i})^2} \quad (8)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (O_i - E_i)^2}{N}} \quad (9)$$

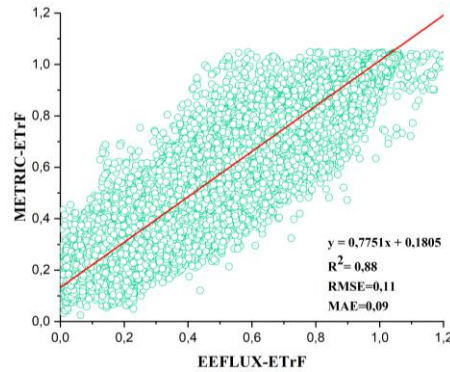
$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^N |O_i - E_i|}{N} \quad (10)$$

Eşitliklerdeki,  $O_i$  ve  $E_i$  sırasıyla METRIC ve EEFLUX ile hesaplanan değerlerdir. N ise örnek sayısını ifade etmektedir.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

#### ETrF Değerlerinin Karşılaştırılması

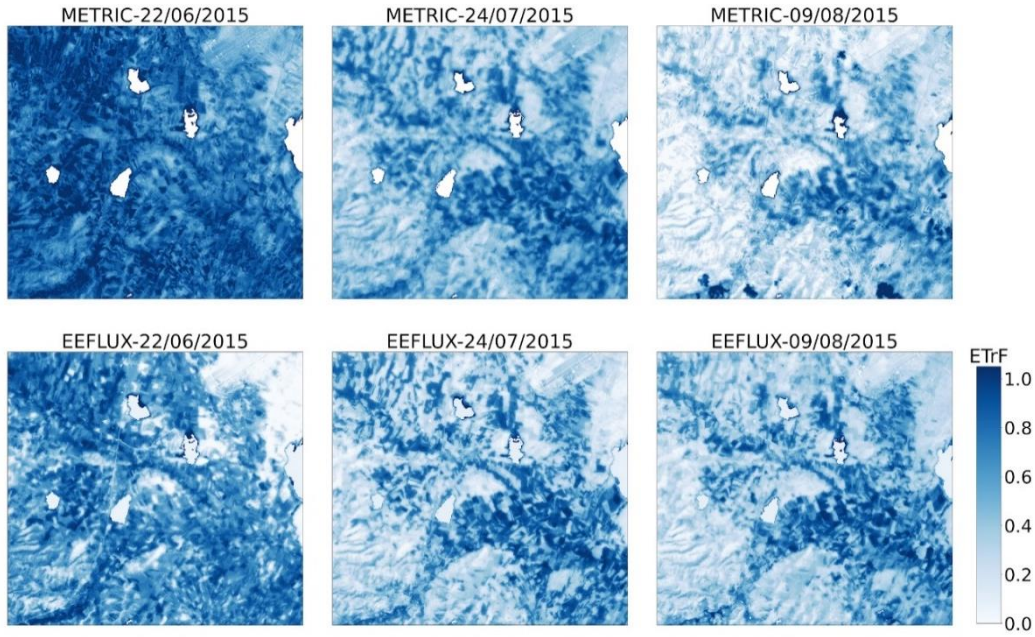
METRIC ve EEFlux yöntemleri ile ETrF hesaplanmış ve bu iki yöntem ile hesaplanan değerlerin istatistiksel karşılaştırma sonuçları Şekil 2'de, hesaplanan ETrF haritaları ise Şekil 3'te verilmiştir. Şekil 2 incelendiğinde genel olarak manuel kalibre edilmiş METRIC modeli ile hesaplanan ETrF değerlerinin otomatik kalibre edilen EEFlux değerleri ile uyumlu olduğu görülmektedir ( $R^2=0,88$ ). METRIC ve EEFlux yöntemleri ile hesaplanan en yüksek ve en düşük ETrF değerleri sırasıyla 1,05-0,02 ve 1,20-0,00'dir. Ortalama METRIC ETrF değeri 0,54 olarak hesaplanırken bu değer EEFlux yöntemi ile 0,47 olarak hesaplanmıştır. METRIC ve EEFlux ile hesaplanan ETrF değerleri genel olarak 1:1 çizgisi etrafında yer almış olsa da bu iki yöntem ile hesaplanan ETrF değerleri arasında bazı farklılıklar bulunmuştur (RMSE=0,11 ve MAE=0,09). Oluşan bu farklılığın en önemli sebeplerinden birisi H'nin hesaplanması sırasında meydana gelmektedir. METRIC yöntemi ile yapılan hesaplamada H, kullanıcı tarafından sıcak ve soğuk hücre seçilerek kalibre edilmekte, EEFlux yönteminde ise H, sistem içerisinde bulunan bir algoritma kullanılarak otonom olarak kalibre edilmektedir. Fakat iki yöntem arasında meydana gelen bu farklılıklar genel olarak %10'un altında gerçekleşmiştir. Allen vd. (2011), UA teknikleri ile ET tahmininde %10 düzeyinde hataların meydana gelebileceğini belirtmişlerdir. Şekil 3 incelendiğinde hem METRIC hem de EEFLUX ile hesaplanan ETrF haritalarında Haziran ayından Ağustos ayına doğru gidildikçe ETrF değerleri azalma göstermiştir. Sulama yapılan parsellerde ETrF değeri yüksek iken sulama gerçekleştirilmeyen parsellerde ETrF değeri düşük olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 2. METRIC ve EEFLUX yöntemleri ile elde edilen ETrF değerlerinin doğrusal regresyon analizi sonucu.

Figure 2. Comparison of ETrF values obtained by METRIC and EEFLUX methods.



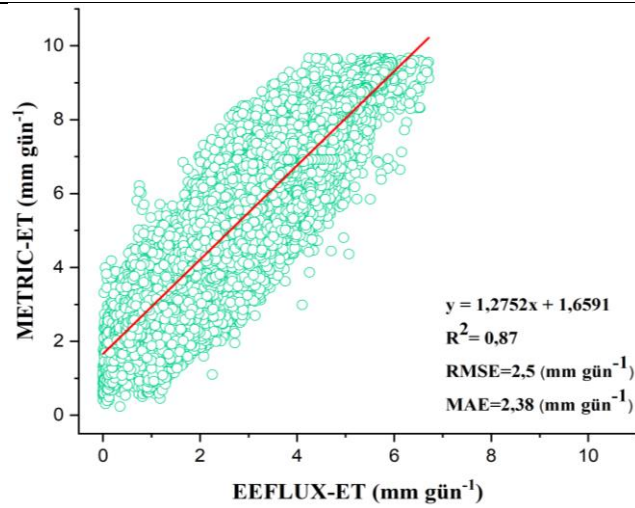


Şekil 3. METRIC ve EEFLUX yöntemleri ile elde edilen ETrF haritaları.

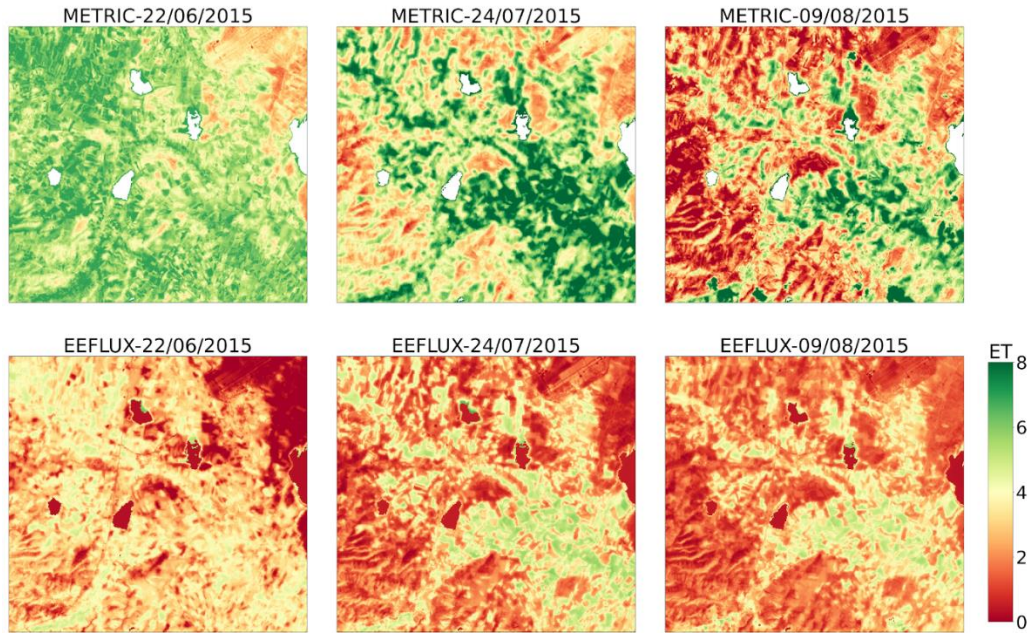
Figure 3. ETrF maps obtained by METRIC and EEFLUX methods.

#### **METRIC ve EEFlux ile Belirlenen ET Değerlerinin Karşılaştırılması**

Çayırözü, Uzunyazı ve Yeşilören köylerinden seçilen tarım arazileri METRIC yöntemi ve otomatik kalibre EEFlux sistemi ile ETd haritaları hesaplanmış ve bu haritalardan elde edilen değerlerin karşılaştırma sonuçları Şekil 4'te ve söz konusu haritalar Şekil 5'te verilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde METRIC ve EEFlux ile hesaplanan ETd değerleri arasında benzer bir eğilim olmasına rağmen ( $R^2=0.87$ ) hesaplanan bu değerler arasında birtakım farklılıklar ( $RMSE=2,5$  mm gün<sup>-1</sup>,  $MAE=2,38$  mm gün<sup>-1</sup>) bulunmaktadır. Genel olarak EEFlux-ETd değerleri METRIC-ETd değerlerinden düşüktür. METRIC ile hesaplanan ETd değerleri 9,68 mm gün<sup>-1</sup> ile 0,23 mm gün<sup>-1</sup> arasında değişim gösterirken, EEFlux tarafından hesaplanan ETd değerleri ise 6,71 mm gün<sup>-1</sup> ile 0,002 mm gün<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir. METRIC ve EEFlux ile hesaplanan ortalama ETd değerleri sırasıyla 5,02 mm gün<sup>-1</sup> ve 2,63 mm gün<sup>-1</sup>'dir. METRIC ve EEFlux yöntemleri ile hesaplanan ETd değerleri arasındaki uyumsuzluğun en önemli nedenleri arasında kullanılan iklim veri kaynaklarının farklı olması gösterilebilir. METRIC yönteminde çalışma alanına oldukça yakın bir yerel iklim verileri kullanılırken, EEFlux yönteminde ise UA teknikleri ile tahmin edilen iklim verileri kullanılmıştır. Söz konusu iklim verilerinden ETr hesaplamasında yararlanılmış ve ETins haritalarının ETd'ye çevrilmesi işlemi kullanılmıştır. İklim veri kaynaklarının farklı olması, aynı bölge ve aynı zaman dilimi için farklı ETr değerlerinin hesaplanmasına ve bu değerlerden yararlanılarak elde edilen ETd değerleri arasında uyumsuzluk olmasına neden olmuştur. Fooland ve ark. (2018) tarafından Amerika Birleşik Devletleri'nde (Nebraska, Wyoming ve California) gerçekleştirilen bir çalışmada METRIC ve EEFlux ile hesaplanan ETd değerleri istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda  $R^2$  değeri 0,91 ve RMSE değeri ise 2,14 mm gün<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Yapılan bir diğer çalışmada ise soya fasulyesi yetiştirilen bir tarım alanında EEFlux ve FAO-PM yöntemi ile hesaplanan günlük ET değerleri karşılaştırılmış ve EEFlux ile tahmin edilen ET değerlerinin daha düşük olduğu belirtilmiştir (Venancio ve ark., 2020).



Şekil 4. METRIC ve EEFLUX yöntemleri ile elde edilen günlük ET değerlerinin karşılaştırılması.  
Figure 4. Comparison of daily ET values obtained by METRIC and EEFLUX methods.

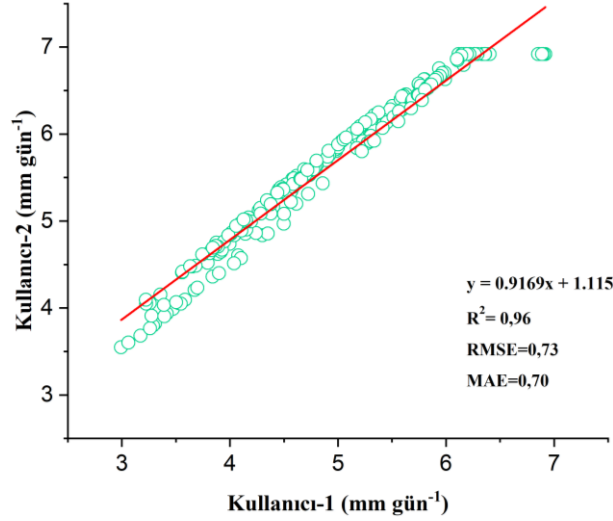


Şekil 5. METRIC ve EEFLUX yöntemleri ile elde edilen günlük ET haritaları.  
Figure 5. Daily ET maps obtained by METRIC and EEFLUX methods.

#### Farklı Kullanıcılar Tarafından Kalibre Edilen METRIC ET Bulguları

METRIC ve EEFLUX yöntemleri ile hesaplanan ETrf ve ETD değerleri arasındaki farklılığın bir diğer nedeni de METRIC modelinde H'nin kalibrasyonu sırasında kullanıcı tarafından seçilen sıcak ve soğuk hücre seçimidir. Bu nedenle METRIC kullanıcılarının ETD değerlerine olan etkilerini ortaya koymak için 24 Temmuz 2015 tarihli Landsat 8 uydu görüntüsü iki farklı deneyime sahip kullanıcı tarafından METRIC algoritması kullanılarak işlenmiş ve modelin çıktıları karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 6'da verilmiştir. Buna göre iki farklı kullanıcı tarafından hesaplanan ETD değerleri birbirleriyle büyük bir uyum içerisindedir ( $R^2=0,96$ ,  $RMSE=0,73$  ve  $MAE=0,7$ ). 1. ve 2. kullanıcı tarafından hesaplanan en yüksek ETD değeri  $6,92 \text{ mm gün}^{-1}$  iken en düşük ETD değerleri ise sırasıyla  $3,00 \text{ mm gün}^{-1}$  ve  $3,54 \text{ mm gün}^{-1}$ 'dir. 1. kullanıcı ortalama ETD değerini  $4,95 \text{ mm gün}^{-1}$  olarak hesaplarken, 2. kullanıcı ise  $5,65 \text{ mm gün}^{-1}$  olarak hesaplamıştır. 2. kullanıcı tarafından hesaplanan ETD değerleri 1. kullanıcıya ait ETD değerlerinden daha yüksek gerçekleşmiştir. Oluşan bu farklılığın en önemli sebebi ise kullanıcılar arasında sıcak ve soğuk hücre seçiminde kullanılan yöntemlerdir. İlk kullanıcı sıcak ve soğuk hücre seçiminde Ts ve NDVI

değerlerini kullanırken, ikinci kullanıcı ise Ts ve NDVI değerlerine ek olarak Albedo ve LAI değerlerini kullanmıştır. Genel olarak farklı iki kullanıcı tarafından hesaplanan ETd değerleri arasında önemli bir fark meydana gelmiştir. Oluşan bu fark METRIC modelinin subjektif olduğunu göstermektedir. Wolff vd. (2022) çalışmalarında METRIC modelinin sıcak ve soğuk hücre seçimine gereksinim duymasının söz konusu modeli stokastik yaptığını ve bu durumun seçilen hücrelerin optimize edilmesiyle ETd tahmin performansının iyileştirilmesini sağladığını belirtmişlerdir.



Şekil 6. Farklı kullanıcılar tarafından hesaplanan METRIC-ET<sub>a</sub> değerlerinin karşılaştırılması.  
Figure 6. Comparison of METRIC-ET<sub>a</sub> values calculated by different users.

## SONUÇ

Çalışmada METRIC ve EEFlux modelleri ile hesaplanan ETd ve ETrF değerleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca farklı kullanıcılar tarafından seçilen sıcak ve soğuk hücrelerin METRIC modelinin çıktıları üzerine olan etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, genel olarak, EEFlux modeli ile hesaplanan ETd değerleri METRIC modeli ile hesaplanan ETd değerlerinden daha düşük gerçekleşmiştir. Hesaplanan değerler arasında belirli seviyede farklılıklar olmasına rağmen, genel olarak ETd değişimi iki model arasında benzerlik göstermektedir. ETrF değerleri ise ETd değerlerine oranla daha uyumlu hesaplanmıştır. Farklı kullanıcıların model üzerine olan etkileri ise oldukça düşüktür. Elde edilen bu sonuçlara göre EEFlux ile oldukça hızlı bir biçimde herhangi bir iklim verisi ve deneyimli bir kullanıcı ihtiyacı olmadan ETd haritaları oluşturulabilir. Elde edilen bu haritalar su kaynaklarının izlenmesi ve değerlendirilmesi amacıyla tarımda su yöneticileri, sulama birlikleri, bireysel çiftçiler tarafından etkin bir biçimde kullanılabilir. Ayrıca METRIC modeli yerde ölçülen iklim verilerine ihtiyaç duymaktadır. Söz konusu olan ihtiyaç modelin meteoroloji istasyonu olmayan bölgelerde kullanımını kısıtlamaktadır. Bununla birlikte METRIC modeli sıcak ve soğuk hücre seçimini gerektirmektedir. Söz konusu işlem subjektiftir ve ETd hesaplamalarında bazı hatalara neden olabilir. Ayrıca kurak bölgelerde soğuk hücrenin belirlenmesi ise oldukça zor ve zaman alıcıdır. Tüm bunlar göz önünde bulundurulduğunda, EEFlux modeli su kaynaklarının izleme ve değerlendirilmesinde büyük bir potansiyele sahiptir. Gelecekte farklı iklim koşulları altında hesaplanan EEFlux-ETd değerlerinin yer ölçümleriyle değerlendirilmesine ve sulama suyu yönetiminde kullanılabilirliğinin ortaya konulmasına ihtiyaç bulunmaktadır.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## YAZAR KATKISI

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamıştır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir (Proje No: 114O534).

## KAYNAKLAR

- Al-Gaadi, K. A., Patil, V. C., Tola, E., Madugundu, R., & Gowda, P. H. (2016). Evaluation of METRIC-derived ET fluxes over irrigated alfalfa crop in desert conditions using scintillometer measurements. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(6), 1-12. <https://doi.org/10.1007/s12517-016-2469-8>
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Howell, T. A., & Jensen, M. E. (2011). Evapotranspiration information reporting: I. Factors governing measurement accuracy. *Agricultural Water Management*, 98(6), 899-920. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.12.015>
- Allen, R. G., Tasumi, M., Morse, A., Trezza, R., Wright, J. L., Bastiaanssen, W., Kramber, W., Lorite, I., & Robison, C. W. (2007). Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC)—Applications. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 133(4), 395-406. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(2007\)133:4\(395\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(2007)133:4(395))
- Allen, R. G., Tasumi, M., & Trezza, R. (2007). Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC)—Model. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 133(4), 380-394. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(2007\)133:4\(380\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(2007)133:4(380))
- Allen, R. G., Morton, C., Kamble, B., Kilic, A., Huntington, J., Thau, D., Gorelick, N., Erickson, T., Moore, R., Trezza, R., Ratcliffe, I., & Clarence, R. (2015). *EEFlux: A Landsat-based evapotranspiration mapping tool on the Google Earth Engine*. ASABE/IA Irrigation Symposium: Emerging Technologies for Sustainable Irrigation Proceedings of the 10-12 November 2015 Symposium, Long Beach, California, USA.
- ASCE-EWRI, (2005). *The ASCE Standardized Reference Evapotranspiration Equation*. Technical Committee report to the Environmental and Water Resources Institute of the American Society of Civil Engineers from the Task Committee on Standardization of Reference Evapotranspiration, American Society of Civil Engineers Press, USA. <https://doi.org/10.13031/irrig.20152143511>
- Bastiaanssen, W. G., Menenti, M., Feddes, R. A., & Holtslag, A. A. M. (1998). A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL). 1. Formulation. *Journal of Hydrology*, 212, 198-212. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(98\)00253-4](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(98)00253-4)
- Burchard-Levine, V., Nieto, H., Riaño, D., Migliavacca, M., El-Madany, T. S., Guzinski, R., Carrara, A., & Martín, M. P. (2021). The effect of pixel heterogeneity for remote sensing based retrievals of evapotranspiration in a semi-arid tree-grass ecosystem. *Remote Sensing of Environment*, 260, 112440. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112440>
- Carrasco-Benavides, M., Ortega-Farías, S., Gil, P. M., Knopp, D., Morales-Salinas, L., Lagos, L. O., de la Fuente, D., López-Olivari, R., & Fuentes, S. (2021). Assessment of the vineyard water footprint by using ancillary data and EEFlux satellite images. Examples in the Chilean central zone. *Science of The Total Environment*, 811, 152452. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152452>
- Çetin, S., Köksal, E. S., & Tunca, E. (2017). Enerji dengesine dayalı evapotranspirasyon haritalamada içsel kalibrasyon için temel hücrelerin görüntü filtreleme yaklaşımı ile seçilmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 32(3), 330-339. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.319335>
- ÇKS (2015). Çiftçi kayıt sistemi. <https://tbs.tarbil.gov.tr/>. [Erişim Tarihi: 10 Haziran 2016]
- Courault, D., Seguin, B., & Olioso, A. (2005). Review on estimation of evapotranspiration from remote sensing data: From empirical to numerical modeling approaches. *Irrigation and Drainage systems*, 19(3), 223-249. <https://doi.org/10.1007/s10795-005-5186-0>
- de Oliveira Costa, J., José, J. V., Wolff, W., de Oliveira, N. P. R., Oliveira, R. C., Ribeiro, N. L., Coelho, R.D., da Silva, T.J.A., Bonfim-Silva, E.M., & Schlichting, A. F. (2020). Spatial variability quantification of maize water consumption based on Google EEflux tool. *Agricultural Water Management*, 232, 106037. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106037>



- Filgueiras, R., Mantovani, E. C., Althoff, D., Ribeiro, R. B., Venancio, L. P., & dos Santos, R. A. (2019). Dynamics of actual crop evapotranspiration based in the comparative analysis of sebal and metric-eeflux. *Irriga*, 1(1), 72-80. <https://doi.org/10.15809/irriga.2019v1n1p72-80>
- Foolad, F., Blankenau, P., Kilic, A., Allen, R. G., Huntington, J. L., Erickson, T. A., Ozturk, D., Morton, C. G., Ortega, S., Ratcliffe, I., Franz, T. E., Thau, D., Moore, R., Gorelick, N., Kamble, B., Reville, P., Trezza, R., Zhao, W., & Robison, C. W. (2018). Comparison of the automatically calibrated Google evapotranspiration application – EEFlux and the manually calibrated METRIC application. *Preprints*. <https://doi.org/10.20944/preprints201807.0040.v1>
- Kalma, J. D., McVicar, T. R., & McCabe, M. F. (2008). Estimating land surface evaporation: A review of methods using remotely sensed surface temperature data. *Surveys in Geophysics*, 29(4), 421-469. <https://doi.org/10.1007/s10712-008-9037-z>.
- Khan, M. S., Baik, J., & Choi, M. (2021). A physical-based two-source evapotranspiration model with Monin–Obukhov similarity theory. *GIScience & Remote Sensing*, 58(1), 88-119. <https://doi.org/10.1080/15481603.2020.1857625>.
- Li, C., Li, Z., Gao, Z., & Sun, B. (2021). Estimation of Evapotranspiration in Sparse Vegetation Areas by Applying an Optimized Two-Source Model. *Remote Sensing*, 13(7), 1344. <https://doi.org/10.3390/rs13071344>.
- Morton, C. G., Huntington, J. L., Pohll, G. M., Allen, R. G., McGwire, K. C., & Bassett, S. D. (2013). Assessing calibration uncertainty and automation for estimating evapotranspiration from agricultural areas using METRIC. *Journal of the American Water Resources Association*, 49(3), 549-562. <https://doi.org/10.1111/jawr.12054>.
- Nassar, A., Torres-Rua, A., Kustas, W., Alfieri, J., Hipps, L., Prueger, J., Nieto, H., Alsina, M. M., White, W., McKee, L., Coopmans, C., Sanchez, L., & Dokoozlian, N. (2021). Assessing daily evapotranspiration methodologies from one-time-of-day sUAS and EC information in the GRAPEX project. *Remote Sensing*, 13(15), 2887. <https://doi.org/10.3390/rs13152887>.
- Nisa, Z., Khan, M.S., Govind, A., Marchetti, M., Lasserre, B., Magliulo, E., & Manco, A. (2021). Evaluation of SEBS, METRIC-EEFlux, and QWaterModel actual evapotranspiration for a Mediterranean cropping system in southern Italy. *Agronomy*, 11(2), 345. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020345>.
- Nouri, H., Beecham, S., Anderson, S., Hassanli, A. M., & Kazemi, F. (2015). Remote sensing techniques for predicting evapotranspiration from mixed vegetated surfaces. *Urban Water Journal*, 12(5), 380-393. <https://doi.org/10.5194/hessd-10-3897-2013>.
- Ortega-Salazar, S., Ortega-Farías, S., Kilic, A., & Allen, R. (2021). Performance of the METRIC model for mapping energy balance components and actual evapotranspiration over a superintensive drip-irrigated olive orchard. *Agricultural Water Management*. 251, 106861. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106861>.
- Park, S., Ryu, D., Fuentes, S., Chung, H., O'Connell, M., & Kim, J. (2021). Mapping very-high-resolution evapotranspiration from unmanned aerial vehicle (UAV) imagery. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(4), 211. <https://doi.org/10.3390/ijgi10040211>.
- Saha, S., Moorthi, S., Wu, X., Wang, J., Nadiga, S., Tripp, P., Behringer, D., Hou, Y. T., Chuang, H. Y., Iredell, M., Ek, M., Meng, J., Yang, R., Mendez, M. P., van den Dool, H., Zhang, Q., Wang, W., Chen, M., & Becker, E. (2014). The NCEP Climate Forecast System version 2. *Journal of Climate*, 27(6), 2185-2208. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00823.1>.
- Tasumi, M., Trezza, R., Allen, R. G., & Wright, J. L. (2005). 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. <https://doi.org/10.1007/s10795-005-8138-9>.
- USGS (2022). United States Geological Survey, Landsat 8 Mission. <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8>. [Erişim Tarihi: 22.04.2022].
- Venancio, L. P., Eugenio, F. C., Filgueiras, R., França da Cunha, F., Argolo Dos Santos, R., Ribeiro, W. R., & Mantovani, E. C. (2020). Mapping within-field variability of soybean evapotranspiration and crop coefficient using the Earth Engine Evaporation Flux (EEFlux) application. *Plos One*, 15(7), e0235620. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235620>.
- Wolff, W., Francisco, J. P., Flumignan, D. L., Marin, F. R., & Folegatti, M. V. (2022). Optimized algorithm for evapotranspiration retrieval via remote sensing. *Agricultural Water Management*, 262, 107390. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107390>.

Yuan, X., Wood, E. F., Luo, L., & Pan, M. (2011). A first look at Climate Forecast System version 2 (CFSv2) for hydrological seasonal prediction. *Geophysical Research Letters*, 38(13), L13402. <https://doi.org/10.1029/2011GL047792>.



## Marmara Bölgesinde Referans Bitki Su Tüketiminin Alansal ve Zamansal Değişimi\*

Spatial and Temporal Change of Reference Crop Evapotranspiration in Marmara Region

Charifa Arabi<sup>1</sup> , Burak Nazmi Candoğan<sup>2</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 28.02.2022

Kabul Tarihi (Accepted): 14.06.2022

Yayın Tarihi (Published): 22.08.2022

**Öz:** Bu çalışmada, Marmara Bölgesinde bulunan 18 meteoroloji istasyonu için 1990-2020 yılları arası aylık iklim verileri kullanılmış ve FAO Penman-Monteith yöntemi ile yıllık toplam ETo değerleri tahmin edilerek alansal ve zamansal değişimleri değerlendirilmiştir. Bu amaçla, her bir istasyon için parametrik olmayan Mann-Kendall testi ve Sen yöntemi kullanılarak yıllık toplam ETo eğilimleri belirlenmiş ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon yöntemi kullanılarak ta ETo haritaları hazırlanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, yıllık toplam ETo değerleri 742.3-1440.7 mm arasında değişim göstermiştir. Edirne, Kocaeli, Sakarya, Bozcaada, Çanakkale, Kırklareli, Uzunköprü, Tekirdağ, İpsala ve Dursunbey istasyonları için ETo değerlerinde istatistiksel olarak önemli artış eğilimleri belirlenirken, Kumköy-Kilyos ve Keles istasyonları için eğilimler önemli düzeyde azalan yönde olmuştur. Bununla birlikte, Bandırma, Bursa, Şile, Florya ve Gönen istasyonları için gerçekleşen ETo artış eğilimleri ile Bilecik için belirlenen azalış eğilimi istatistiksel olarak önemli olmamıştır. Yıllık ortalama ETo haritası değerlendirildiğinde, Marmara Bölgesi'nin batı kesimlerinde (Edirne'nin güneyi, Balıkesir'in batısı ve Çanakkale) ETo yüksek değerlere ulaşmıştır. Bölgenin kuzey kesimlerinde; Kırklareli ve Tekirdağ'ın doğusunda ve bölgenin doğu kesimlerinde; İstanbul'un doğusu, Kocaeli ve Sakarya'da ETo değerleri düşmüştür. Ayrıca Kırklareli, Tekirdağ'ın doğusu, Kocaeli ve Sakarya'da uzun yıllar ortalama ETo değerleri düşük bulunurken, bu illerde ki meteoroloji istasyonları verilerinden hesaplanan yıllık toplam ETo değerlerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde artış eğilimleri belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Referans bitki su tüketimi, FAO Penman-Monteith yöntemi, eğilim analizi, ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon, Marmara Bölgesi

&

**Abstract:** In this study, the annual total ETo values were estimated using the FAO Penman-Monteith method for 18 meteorological stations in the Marmara Region between the years 1990-2020 and their spatial and temporal changes were evaluated. For this purpose, annual total ETo trends were determined for each station using the non-parametric Mann-Kendall test and Sen method, and ETo maps were prepared using the Geographical Information System (GIS) Inverse Distance Weighted (IDW) interpolation method. According to the results of the study, the annual total ETo values varied between 742.3-1440.7 mm. While statistically significant increasing trends were determined in ETo values for Edirne, Kocaeli, Sakarya, Bozcaada, Çanakkale, Kırklareli, Uzunköprü, Tekirdağ, İpsala and Dursunbey stations, the trends were significantly decreasing for Kumköy-Kilyos and Keles stations. However, the increasing trends in ETo for Bandırma, Bursa, Şile, Florya and Gönen stations and the decreasing trend determined for Bilecik were not statistically significant. According to the annual average ETo map, ETo has reached high values in the western parts of the Marmara Region (south of Edirne, west of Balıkesir and Çanakkale), while ETo values have decreased in the east of Kırklareli and Tekirdağ (in the northern parts of the region) and east of İstanbul, Kocaeli and Sakarya (in the eastern parts of the region). In addition, while the average ETo values for long-term years were low in Kırklareli, the east of Tekirdağ, Kocaeli and Sakarya, statistically significant increasing trends were determined in the annual total ETo values calculated from the data of meteorology stations in these provinces.

**Keywords:** Reference crop evapotranspiration, FAO Penman-Monteith method, trend analysis, inverse distance weighted interpolation, Marmara Region.

**Atıf/Cite as:** Arabi, C., & Candoğan, B. N. (2022). Marmara Bölgesinde Referans Bitki Su Tüketiminin Alansal ve Zamansal Değişimi. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 8 (2), 268-281. DOI: 10.24180/ijaws.1080376

**İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/pub/ijaws>

Copyright © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Charifa Arabi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, charifaara@yahoo.com

<sup>2</sup> Doç. Dr. Burak Nazmi Candoğan, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, bncandogan@uludag.edu.tr (Sorumlu Yazar / Corresponding author)

\*Bu çalışma Charifa Arabi'nin Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

## GİRİŞ

Küresel olarak tarım, tatlı su tüketiminin yaklaşık %70'inden sorumludur (Panchasara vd., 2021). Bu nedenle su, sürdürülebilir gıda üretimi için miktar ve kalite bakımından mevcudiyeti gerekli olan bir kaynaktır. Küresel ısınma bağlamında, rasyonel ve etkin su yönetimi ihtiyacı, özellikle tarım dünyasında herkes için önemli bir gerekliliktir (Adoko, 2020).

İklim değişikliğinden etkilenen küresel sıcaklık önemli ölçüde artmakta ve diğer meteorolojik parametreler de küresel veya bölgesel değişiklik eğilimi göstermektedir. Bu durum doğal ekosistemlerin ve tarımsal üretimin gelişimine geniş kapsamlı etkiler getirmiştir. Referans bitki su tüketimi (ET<sub>o</sub>), atmosferin buharlaşma kapasitesini ifade eden ve sulama sistemlerinin tasarımı ve su tasarrufunun araştırılmasına ilişkin çalışmalarda temel verileri oluşturan meteorolojik bir parametredir. İklim değişikliği altındaki bölgelerin referans bitki su tüketimi alansal dağılım özelliklerini incelemek, bitki su ihtiyacını tahmin etmek, su döngüsünü araştırmak, su kaynaklarını değerlendirmek, sulama planlaması ve yönetimi için önemli bir yol gösterici öneme sahiptir (Zhang vd., 2018).

ET<sub>o</sub> değerlerinin tahmin edilmesinde Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından geliştirilen ve önerilen FAO Penman-Monteith eşitliği (Allen vd., 1998) günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. ET<sub>o</sub> değerlerinin bölgesel tahminleri için ise bölgeye/iklime özgü parametrik basitleştirilmiş modeller kullanılmakta (Tegos vd., 2015) veya diğer ölçülmemiş konumlardaki tahminler, bu nokta ET<sub>o</sub> değerlerinin enterpolasyonu ile elde edilmektedir. Mekansal ET<sub>o</sub> haritaları, nokta ET<sub>o</sub> değerlerinin uzamsal enterpolasyon kullanılarak alansal/bölgesel ET<sub>o</sub> tahminlerine genişletilmesiyle üretilebilmektedir (Hodam vd., 2017).

Diğer taraftan, ET<sub>o</sub> eğilimlerini anlamak herhangi bir bölgede suyun sistematik yönetimi için kritik öneme sahiptir (Jerin vd., 2021). ET<sub>o</sub> değişimleri, iklim faktörleri, hava kirliliği, bitki türleri ve kentleşme gibi çok sayıda faktörün entegre sonuçlarıdır (Xu vd., 2017). Değişen iklim koşullarında buharlaşma ve evapotranspirasyonun (ET) mekansal-zamansal eğilimlerinin analizi, özellikle tarımsal su kaynaklarının kullanımını iyileştirmek için önemlidir ve ekolojik ve çevresel su gereksinimlerinin mekansal-zamansal değişimini anlamak için yardımcı olur (Zuo vd., 2012).

Dünya'da ve ülkemizde ET<sub>o</sub> değerlerinin mekansal ve zamansal değişimi üzerine çalışmalar yapılmıştır (Altalib vd., 2021; Altındağ, 2007; Anlı, 2014; Bayramoğlu, 2013; Çetin, 2018; Güler, 2014; Jerin vd., 2021; Karaca vd., 2017; Mubialiwo vd., 2020; Ndiaye vd., 2020; Talae vd., 2014; Xu vd., 2017; Yürekli vd., 2010; Zhang vd., 2018). Fakat ülkemizde bölgesel bazda Marmara Bölgesi'nde ET<sub>o</sub>'nin mekansal ve alansal değişimini ele alan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmanın amacı, tarımsal potansiyeli yüksek Marmara Bölgesi'nde 18 adet meteoroloji istasyonu için 1990-2020 yılları arası iklim verileri kullanılarak tahmin edilen yıllık toplam ET<sub>o</sub> eğilimlerini belirlemek ve farklı amaçlar için yaygın olarak kullanılan Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon yöntemi ile ET<sub>o</sub> haritaları oluşturarak ET<sub>o</sub>'nin mekansal ve zamansal değişimlerini değerlendirmektir.

## MATERYAL VE METOT

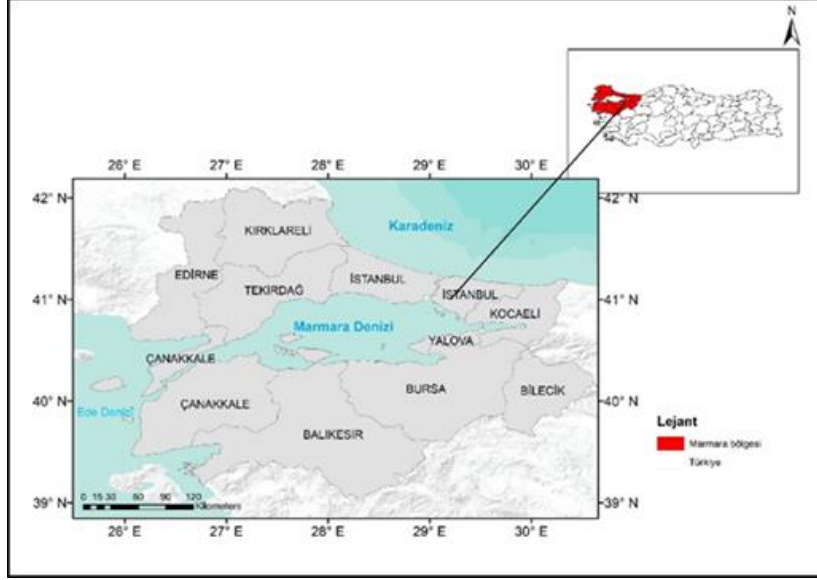
### *Çalışma Bölgesi ve İklim Özellikleri*

Marmara Bölgesi, adından da anlaşılacağı üzere konum olarak Marmara denizinin çevresinde yer alır. Bölgede Trakya ile Anadolu toprakları, Marmara denizi, Çanakkale ve İstanbul boğazları ile birbirinden ayrılmaktadır. Marmara Bölgesi, Türkiye'nin %8'ine yakını kaplamaktadır. Bölge, Güneydoğu Anadolu'dan sonra, Türkiye'nin 2. küçük bölgesidir. Yer şekilleri bakımından Marmara Bölgesi'nin başlıca özelliği sade bir yapıya sahip olmasıdır. Bölgede dağlık alanlar fazla yer kaplamamakta ve bulunan dağlar da devamlı sıralar halinde değildir (Anonim, 2021a). Marmara Bölgesi, Balıkesir, Bilecik, Bursa, Çanakkale, Edirne, İstanbul, Kırklareli, Kocaeli, Sakarya, Tekirdağ ve Yalova illerinden oluşmakta ve Türkiye'nin kuzey batısında yer almaktadır (Şekil 1).

Dünya ölçüsünde yapılan iklim sınıflandırmalarında kullanılan ölçütler esas alınarak ülkemizde, Karasal, Akdeniz, Marmara (geçiş) ve Karadeniz iklim tiplerine rastlanmaktadır (Atalay, 1997). Marmara Bölgesi'nin güney bölümünde kuzey Ege'yi de içine alacak şekilde Marmara (geçiş) iklimi görülür. Kışları



Akdeniz ikliminde olduğu kadar ılık değildir, yazları Karadeniz ikliminde olduğu kadar yağış görülmez. Kışları Karasal iklim kadar soğuk, yazları da kurak geçmemektedir. Bu özellikleri nedeniyle Marmara iklimi, karasal Karadeniz ve Akdeniz iklimleri arasında bir geçiş özelliğine sahiptir. Bu sebeple, alçak kesimlerde doğal bitki örtüsünü Akdeniz kökenli bitkiler oluşturmakta, Karadeniz bitki topluluğu tipindeki nemli ormanlar ise yüksek kesimlerde kuzeye bakan yamaçlarda yer almaktadır. Ocak ayı, Temmuz ayı ve yıllık ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla 4.9 °C, 23.7 °C ve 14.0 °C olarak ölçülmüştür. Yağışların büyük miktarı kış mevsiminde düşmüş olup, ortalama yıllık toplam yağış 595.2 mm'dir. Yaz yağışlarının yıllık toplam içindeki payı %11.7 olarak hesaplanmıştır. Yıllık ortalama nispi nem ise %73'tür (Anonim, 2021b).

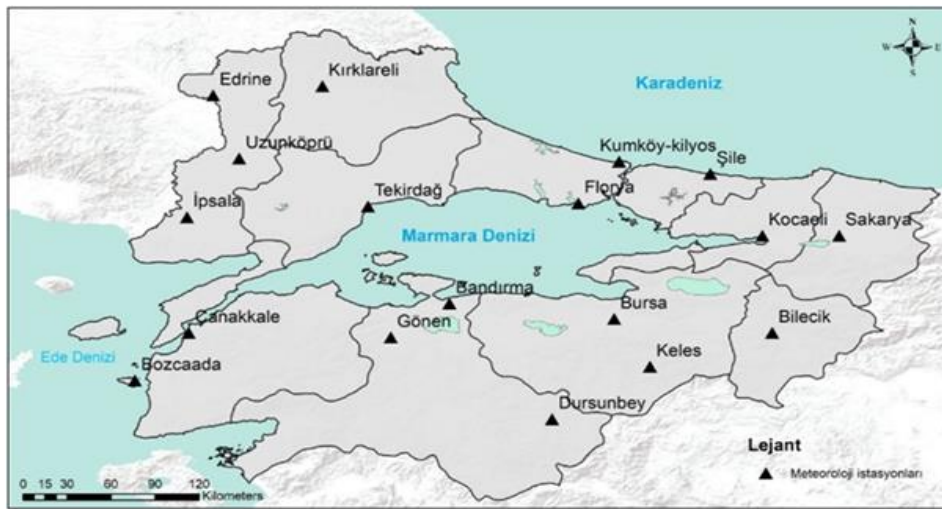


Şekil 1. Marmara Bölgesi'nin konumu.

Figure 1. Location of the Marmara Region.

#### Çalışmada Kullanılan Meteorolojik Veriler

Bu çalışma için gerekli meteorolojik veriler, Marmara Bölgesinde faaliyet gösteren Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne (MGM) bağlı 18 adet meteoroloji istasyonundan sağlanmıştır. Çalışmada ele alınan istasyonların bazı özellikleri ve konumları sırasıyla Çizelge 1 ve Şekil 2'de gösterilmiştir. Çalışmada, 1990-2020 yılları arası en yüksek sıcaklık, en düşük sıcaklık, nispi nem, rüzgar hızı ve günlük toplam güneşlenme süresi aylık ortalama değerleri kullanılmıştır.



Şekil 2. Çalışmada ele alınan meteoroloji istasyonları konumları.

Figure 2. Locations of meteorology stations whose data were used in the study.

**Çizelge 1.** Çalışmada ele alınan meteoroloji istasyonları bazı özellikleri.

*Table 1. Some characteristics of meteorology stations whose data were used in the study.*

Sıra no	İstasyon no	İstasyon adı	Enlem (Kuzey) (Ondalık derece)	Boylam (Doğu) (Ondalık derece)	Rakım (m)
1	17050	Edirne	41.68	26.55	51
2	17052	Kırklareli	41.74	27.22	232
3	17056	Tekirdağ	40.96	27.50	4
4	17059	Kumköy-Kilyos	41.25	29.04	38
5	17066	Kocaeli	40.77	29.92	74
6	17069	Sakarya	40.77	30.39	30
7	17111	Bozcaada	39.83	26.07	30
8	17112	Çanakkale	40.14	26.40	6
9	17114	Bandırma	40.33	28.00	63
10	17116	Bursa	40.23	29.01	100
11	17120	Bilecik	40.14	29.98	539
12	17608	Uzunköprü	41.27	26.71	45
13	17610	Şile	41.17	29.60	83
14	17632	İpsala	40.89	26.39	81
15	17636	Florya	40.98	28.79	37
16	17674	Gönen	40.11	27.64	37
17	17695	Keles	39.92	29.23	1063
18	17700	Dursunbey	39.58	28.63	637

#### Çalışmada Kullanılan Bilgisayar Programları

Meteoroloji istasyonları aylık verilerinden Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından geliştirilmiş olan ETo Calculator (Anonim, 2009) kullanılarak ay bazında günlük referans bitki su tüketimi değerleri hesaplanmıştır. Her bir ay için hesaplanan günlük ETo değerlerinden önce aylık sonra yıllık değerler belirlenmiştir. Çalışmada, yıllık toplam ETo değerlerine uygulanan eğilim analizlerinde MAKESENS 1.0 Excel programı (Anonim, 2002) kullanılmıştır. Yıllık ETo değerleri ArcGIS programı yardımıyla ilişkilendirilerek Marmara Bölgesi için ETo haritaları üretilmiştir.

#### Referans Bitki Su Tüketiminin Hesaplanması

Çalışmada, Marmara Bölgesi'nde yer alan 18 adet meteoroloji istasyonu 1990-2020 yılları arası aylık verilerinden FAO Penman-Monteith yöntemi kullanılarak her bir ay için günlük ETo değerleri hesaplanmıştır. Penman-Monteith yöntemine ait denklem Eşitlik 1'de verilmiştir (Allen vd., 1998).

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (1)$$

Eşitlikte;  $ET_o$ , referans evapotranspirasyon ( $\text{mm gün}^{-1}$ ),  $R_n$ , bitki yüzeyindeki net radyasyon ( $\text{MJ m}^{-2} \text{gün}^{-1}$ ),  $G$ , toprak ısı akış yoğunluğu ( $\text{MJ m}^{-2} \text{gün}^{-1}$ ),  $T$ , 2 m yükseklikte ortalama günlük hava sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $u_2$ , 2 metre yükseklikte rüzgar hızı ( $\text{m s}^{-1}$ ),  $e_s$ , doymuş buhar basıncı (kPa),  $e_a$ , gerçek buhar basıncı (kPa),  $e_s - e_a$ , doymuş buhar basıncı açığı (kPa),  $\Delta$ , buhar basıncı eğrisinin eğimi ( $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ) ve  $\gamma$ , psikrometrik sabiti ( $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ) göstermektedir. Eşitlik 1'de, 0.408 değeri,  $\text{MJ m}^{-2} \text{gün}^{-1}$  olarak ifade edilen net radyasyon  $R_n$ 'yi  $\text{mm gün}^{-1}$  olarak ifade edilen eşdeğer buharlaşmaya dönüştürür. Toprak ısı akışı  $R_n$ 'ye kıyasla küçük olduğundan, özellikle yüzey bitki örtüsüyle kaplandığında ve hesaplama zaman adımları 24 saat veya daha uzun olduğunda,  $G$ 'nin tahmini ETo Calculator'da göz ardı edilir ve sıfır olarak kabul edilir. Bu, günlük ve 10 günlük zaman periyotları için Allen vd. (1998)'de rapor edilen varsayımlara karşılık gelmektedir. Allen vd. (1998), çim referans yüzeyinin altındaki toprak ısı akışının bu süre için nispeten küçük olduğunu belirtmektedir.

Çalışmada, günlük toplam güneşlenme süresi aylık ortalama değerleri (n, saat), Dursunbey, Keles, Uzunköprü, Gönen, İpsala, Şile, Edirne, Bandırma ve Florya istasyonlarından 1990-2010 yılları arası için,

Bozcaada istasyonundan ise 2006-2016 yılları arası için sağlanabilmiştir. ETo Calculator, güneş ışığı veya radyasyon verileri eksikse veya radyasyonun tahmin edilebileceği birkaç iklim parametresi mevcutsa, ETo değerinin hesaplanmasına imkan tanımaktadır (Raes, 2012). Buna göre, öncelikle yukarıda sözü edilen istasyon ve yıllar için n değerleri kullanılarak ETo değerleri hesaplanmış ve bu değerlere ETo adı verilmiş, sonra n değerleri kullanılmadan ETo değerleri hesaplanmış ve bu değerlere de ETo\_n adı verilmiş, son olarak ETo ile ETo\_n arasında regresyon analizleri yapılmış ve istatistiksel olarak önem düzeyleri belirlenmiştir. Regresyon analizi sonuçları bu çalışmanın Bulgular ve Tartışma bölümünde verilmiş ve sözü edilen 10 istasyon için n verilerinin eksik olduğu yıllara ait ETo değerleri de ETo calculator kullanılarak hesaplanmıştır.

### *ETo Değerlerinin Eğilim Analizi*

Çalışmada, 18 istasyon için 1990-2020 yılları arası yıllık toplam ETo değerlerine eğilim (trend) analizi yapılmıştır. Yıllık ETo değerlerinin artış yada azalış eğilimleri parametrik olmayan Mann-Kendall testine ve eğilimin büyüklüğü parametrik olmayan Sen yöntemine göre belirlenmiştir (Gilbert, 1987; Salmi vd., 2002). Man-Kendall testi sonuçlarında bulunan önem seviyeleri ( $\alpha$ ) sırasıyla 0.001, 0.01, 0.05 ve 0.1 olarak sıralanmaktadır.

Mann-Kendall testi, bir zaman serisinin  $x_i$  veri değerlerinin modele (Eşitlik 1) uyduğu varsayıldığında uygulanabilir.

$$x_i = f(t_i) + \varepsilon_i \quad (2)$$

Eşitlikte;  $f(t_i)$ , zamanın sürekli monotonik artan veya azalan fonksiyonudur ve  $\varepsilon_i$ , sıfır ortalamalı aynı dağılımdan olduğu varsayılan hatalardır. Bu nedenle, dağılımın varyansının zaman içinde sabit olduğu varsayılır.

Burada amaçlanan,  $x_i$  gözlemlerinin zaman içinde rastgele sıralandığı eğilim olmayan sıfır hipotezini ( $H_0$ ), artan veya azalan monotonik bir eğilimin olduğu alternatif hipotez  $H_1$ 'e karşı test etmektir. Bu istatistiksel test hesaplamasında MAKESENS, hem Gilbert (1987)'de verilen S istatistiklerinden hem de normal yaklaşımdan (Z istatistiklerini) faydalanmaktadır. Modelde 10'dan az veri noktasına sahip zaman serileri için S testi ve 10 veya daha fazla veri noktasına sahip zaman serileri için normal yaklaşım kullanılmaktadır (Salmi vd., 2002).

Mevcut bir eğilimin gerçek eğimini (yıllık değişim olarak) tahmin etmek için Sen'in parametrik olmayan yöntemi kullanılır. Sen'in yöntemi, eğilimin doğrusal olduğu varsayılabilirliği durumlarda kullanılabilir. Buna göre, Eşitlik 2'deki  $f(t)$ 'nin eşitliği aşağıda verilmiştir (Eşitlik 3).

$$f(t) = Qt + B \quad (3)$$

Eşitlikte; Q, eğim ve B bir sabittir.

### *Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) Enterpolasyon Yöntemi*

Ters Mesafe Ağırlıklı (Inverse Distance Weighted=IDW) enterpolasyon, birbirine yakın olan noktaların birbirinden uzak olanlardan daha fazla benzer olduğu varsayımını uygulamaktadır. Herhangi bir ölçülmemiş konum için bir değer tahmin etmek amacıyla IDW, tahmin konumunu çevreleyen ölçülen değerleri kullanır. Tahmin konumuna en yakın olan ölçülen değerler, tahmin edilen değer üzerinde uzaktakilerden daha fazla etkiye sahiptir. Böylece IDW, ölçülen her noktanın mesafe ile azalan yerel bir etkiye sahip olduğunu varsayar. Tahmin konumuna daha yakın olan noktaları, daha uzaktakilerden daha fazla ağırlıklandırır, bu nedenle yöntemin adı ters mesafe ağırlıklıdır (Johnstone vd., 2001). Genel IDW enterpolasyon denklemi Eşitlik 4'de verilmiştir.

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i) \quad (4)$$

Eşitlikte;  $\hat{Z}(s_0)$ ,  $s_0$  konumu için tahmin etmeye çalıştığımız değeri,  $N$ , tahminde kullanılacak tahmin konumunu çevreleyen ölçülen örnek noktalarının sayısını ve  $\lambda_i$ , kullanacağımız ölçülen her noktaya atanan ağırlıkları ifade etmektedir. Bu ağırlıklar mesafe ile azalacaktır.  $Z(s_i)$  ise  $s_i$  konumunda gözlemlenen değerdir. Ağırlıkları belirlemek için denklemler Eşitlik 5 ve 6'te verilmiştir.

$$\lambda_i = d_{i0}^{-p} / \sum_{i=1}^N d_{i0}^{-p} \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1 \quad (6)$$

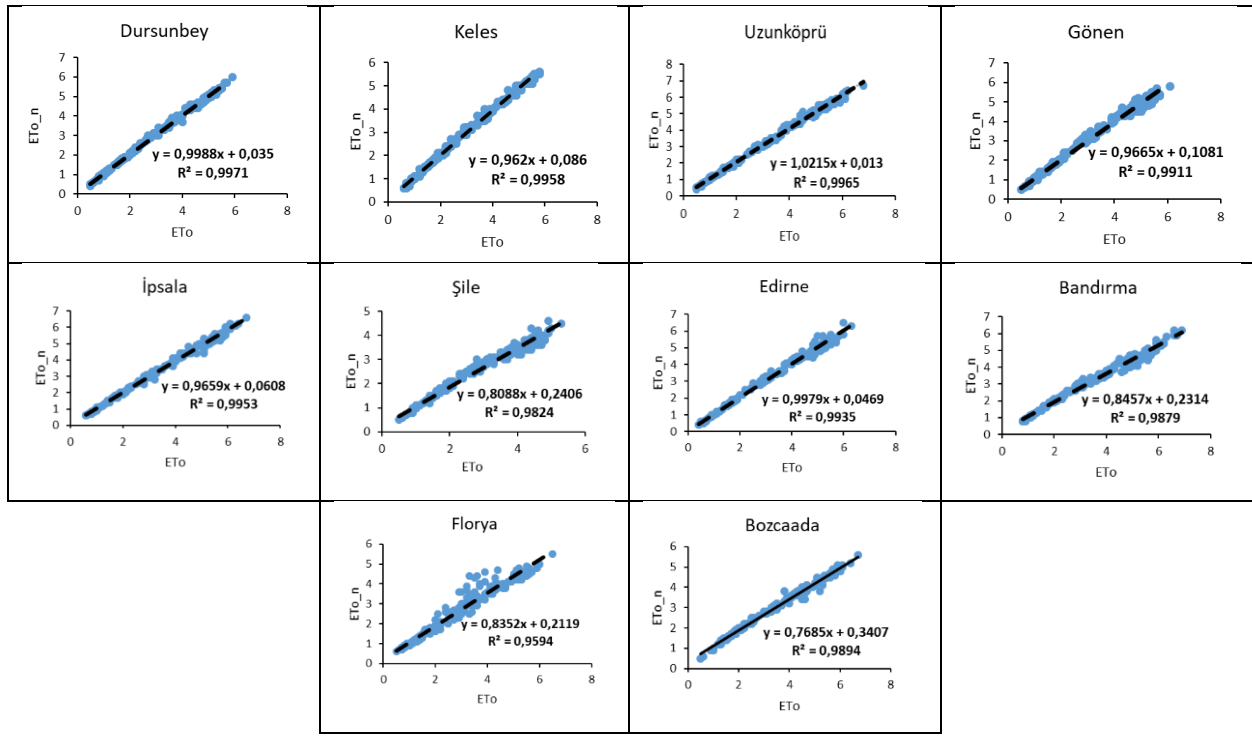
Mesafe büyüdükçe, ağırlık bir  $p$  faktörüyle azalır. Eşitlik 5'te  $d_{i0}$ , tahmin konumu  $s_0$  ile ölçülen konumların her biri olan  $s_i$  arasındaki mesafedir. Üs parametresi  $p$ , ölçülen konumun değerinin tahmin konumunun değeri üzerindeki ağırlığını etkiler; yani, ölçülen örnek konumlar ile tahmin konumu arasındaki mesafe arttıkça, ölçülen noktanın tahmin üzerindeki ağırlığı (veya etkisi) üstel olarak azalacaktır. Tahminde kullanılacak ölçülen konumların ağırlıkları, toplamı 1'e eşit olacak şekilde ölçülendirilir.

Bu çalışmada, Marmara Bölgesi için yıllık toplam ETo değerlerinin alansal ve zamansal değişimi IDW enterpolasyon yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Hodam vd. (2017), ETo'nin Hindistan üzerindeki mekansal dağılım özelliklerini anlamak için, IDW ve Kriging enterpolasyon yöntemlerini kullanmışlar, çapraz doğrulama sırasında aylık yüzeyleri geliştirirken Kriging'in daha iyi olduğunu bulmuşlar ve istasyon bazında doğrulamada, IDW'nin neredeyse tüm durumlarda Kriging'den daha iyi performans gösterdiğini belirlemişlerdir. Bu nedenle, ETo'nin uzaysal enterpolasyonu ve ona hükmeden meteorolojik parametreler için IDW enterpolasyon yöntemini tavsiye etmişlerdir. Okechukwu ve Mbajiorgu (2020), Güneydoğu Nijerya'da yağış ve ETo'nin yıllık ve mevsimlik tahminlerini, IDW ve Kriging enterpolasyon yöntemleri ile karşılaştırmışlar ve her ikisinin de yağış analizi için oldukça iyi performans gösterdiğini, ancak IDW'nin tüm analizlerde ETo için Kriging'den daha tutarlı olduğunu bulmuşlardır. Ha vd. (2011), Sıradan Kriging (OK) ve IDW yöntemlerini kullanarak Texas High Plains için günlük çim ETo haritaları geliştirmişler ve IDW'nin 2179 günün yaklaşık %68'i için OK'dan daha iyi performans gösterdiğini belirlemişlerdir. Ayrıca IDW yöntemi, sağlam yapısı nedeniyle çoğu araştırmacı tarafından farklı amaçlarla yaygın olarak kullanılmıştır (Aksu ve Hepdeniz, 2016; Hamad, 2016; Moharir vd., 2019; Taşkın vd., 2018; Vural, 2021; Ya'acov vd., 2016).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Referans Bitki Su Tüketimi Bulguları

Çalışmada; Dursunbey, Keles, Uzunköprü, Gönen, İpsala, Şile, Edirne, Bandırma, Florya ve Bozcaada istasyonları için ETo ile ETo\_n arasında gerçekleştirilen regresyon analizi sonuçları Şekil 3'te gösterilmiştir. Sözü edilen 10 istasyon için ETo ile ETo\_n arasında belirleme katsayıları yüksek ve istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.001$ ) doğrusal ilişkiler elde edilmiştir. Bu sonuçlarla bağlantılı olarak 18 istasyon için 1990-2020 yılları arası yıllık toplam ETo değerleri hesaplanmıştır. En düşük yıllık ETo 1993 yılında Florya istasyonu için 742.3 mm olarak hesaplanırken, en yüksek değer 2004 yılında Bandırma istasyonu için 1440.7 mm olarak bulunmuştur. Uzun yıllar ortalama ETo ise 871.6 mm (Şile istasyonu) ile 1106.8 mm (İpsala istasyonu) arasında değişim göstermiştir (Çizelge 2). "Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri" rehberinde Marmara bölgesi için toplam ETo değerleri 792-1198 mm arasında değişmiştir (Anonim, 2017). Çalışmamızda elde edilen uzun yıllar ortalama ETo sonuçları ile "Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri" rehberinde belirlen değerlerle uyumlu olmuştur.



Şekil 3. Regresyon analizi sonuçları.

Figure 3. Regression analysis results.

### Referans Bitki Su Tüketimi Eğilim Testi Bulguları

Çalışmada, 18 istasyon için 1990-2020 yılları arası yıllık toplam ETo değerlerine uygulanan eğilim testi sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Edirne, Kocaeli, Sakarya, Bozcaada ve Çanakkale istasyonları için  $\alpha=0.001$  önem düzeyinde ETo artış eğilimleri belirlenmiştir. Kırklareli ve Uzunköprü için ETo artış eğilimleri  $\alpha=0.01$  önem düzeyinde belirlenirken, Tekirdağ ve İpsala için artış eğilimleri  $\alpha=0.05$  önem düzeyinde gerçekleşmiştir. Dursunbey için ETo artış eğiliminin  $\alpha=0.1$  önem düzeyinde olduğu bulunmuştur. Bandırma, Bursa, Şile, Florya ve Gönen istasyonları için gerçekleşen ETo artış eğilimleri ise istatistiksel olarak önemli olmamıştır. Diğer taraftan, Kumköy-Kilyos ve Keles istasyonları için  $\alpha=0.05$  önem düzeyinde ETo azalış eğilimleri belirlenmiş, Bilecik için belirlenen hafif azalış eğilimi (Z testi = -0.37) ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 2). Kumköy-Kilyos ve Keles istasyonları için belirlenen önemli düzeydeki ETo azalış eğilimleri, sıcaklıkta artış eğilimi olmasına rağmen, rüzgar hızındaki azalış ve bağıl nemdeki artış eğilimlerine bağlanabilir.

Yürekli vd. (2010), Kayseri koşullarında farklı referans dönemler için ETo değişiminin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmalarında mevsimsel değerlerde herhangi bir eğilimin olmadığını belirlemişlerdir. Talaei vd. (2014), İran'ın batısındaki 1982-2003 dönemi için 12 istasyonda Hargreaves referans evapotranspirasyon (ETo), kap buharlaşması (Epan) ve kap katsayısı (Kpan) serilerinin eğilimlerini araştırdıkları çalışmalarında, ETo zaman serisinde önemli bir trend olmadığını belirlemişler, 1998 yılında başlayan Epan serisinde 16 mm yıl<sup>-1</sup>lık bir yükseliş trendi gözlemlemişler ayrıca 1994 yılında başlayan Kpan serisinde azalan bir trend elde etmişlerdir. Çalışmamızda da Bandırma, Bursa, Şile, Florya ve Gönen istasyonları için gerçekleşen ETo artış eğilimleri ve Bilecik için belirlenen hafif azalış eğilimi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Altındağ (2007), Güneydoğu Anadolu Projesi bölgesinde 9 adet meteoroloji istasyonu için ETo değerlerini belirlediği ve gidiş analizlerini değerlendirdiği çalışmada, 3 istasyon için önemli düzeyde artış eğilimleri, 6 istasyon için de önemli düzeyde azalış eğilimleri belirlemiştir. Bu sonuca küresel ısınma, şehirleşme, artan nüfus gibi faktörlerin etki etmiş olabileceğini belirtmiştir. Trabzon'da aylık ve yıllık referans bitki su tüketimindeki değişimleri ortaya koymak amacıyla yapılan bir araştırmada 2009-2012

yılları arasında referans su tüketiminde sıcaklık artışı ve değişen iklim verileriyle birlikte yıllar arasında artış meydana geldiğini belirlenmiştir (Bayramoğlu, 2013).

**Çizelge 2.** 1990-2020 yılları arası yıllık toplam ETo değerleri eğilim testi sonuçları.

Table 2. Trend test results of annual total ETo values between 1990-2020.

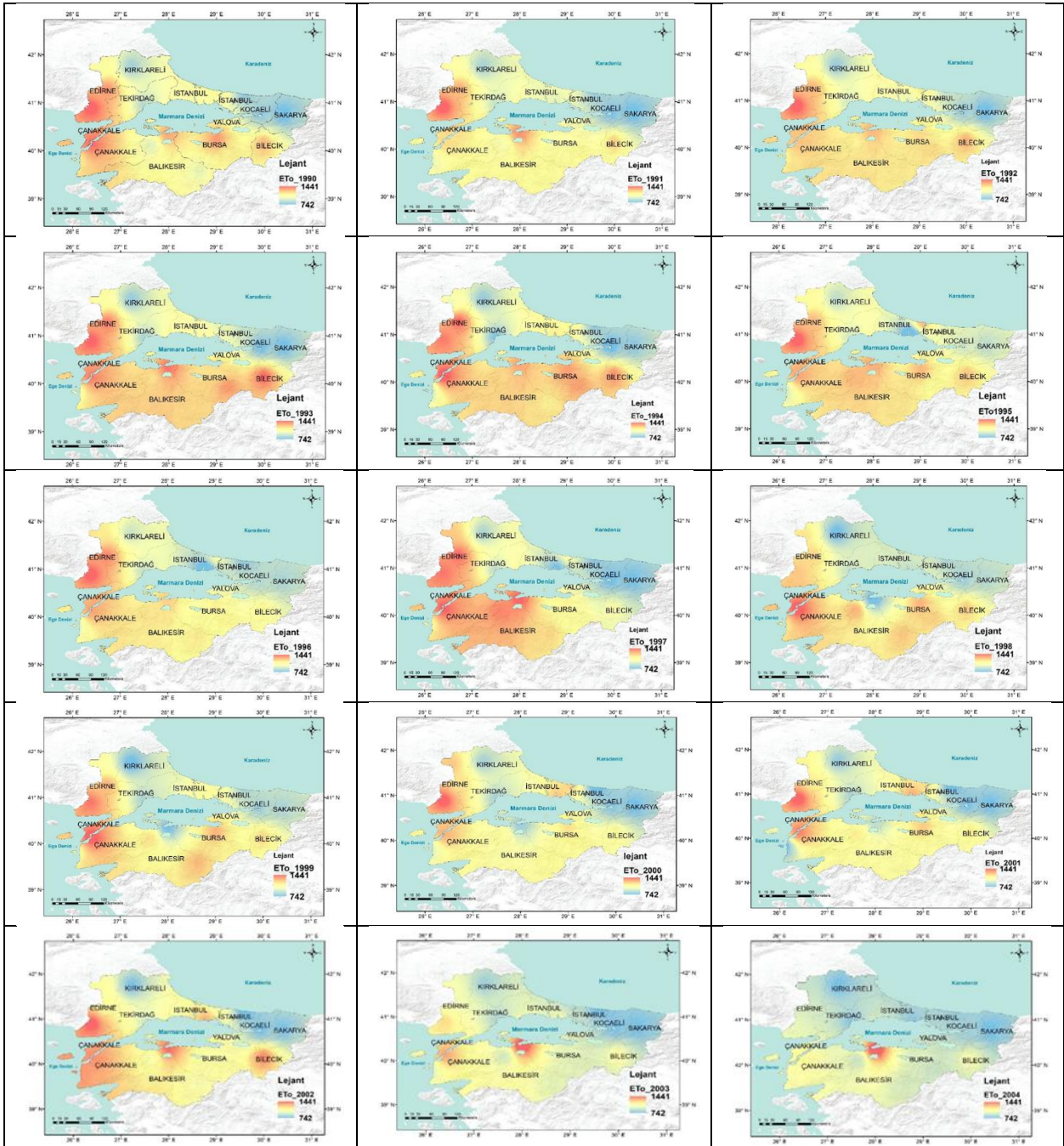
Sıra no	Dönem	İstasyon adı	Yıllık ort. ETo (mm)	n	Z testi	Önemlilik
1	1990-2020	Edirne	1005.3	31	4,15	***
2	1990-2020	Kırklareli	905.0	31	2,55	**
3	1990-2020	Tekirdağ	908.4	31	2,46	*
4	1990-2020	Kumköy-Kilyos	935.2	31	-2,21	*
5	1990-2020	Kocaeli	903.9	31	4,11	***
6	1990-2020	Sakarya	897.3	31	3,77	***
7	1990-2020	Bozcaada	1041.5	31	4,45	***
8	1990-2020	Çanakkale	1104.1	31	3,48	***
9	1990-2020	Bandırma	1044.6	31	0,20	öd
10	1990-2020	Bursa	1002.6	31	0,31	öd
11	1990-2020	Bilecik	1027.9	31	-0,37	öd
12	1990-2020	Uzunköprü	1059.3	31	2,89	**
13	1990-2020	Şile	871.6	31	0,14	öd
14	1990-2020	İpsala	1106.8	31	2,55	*
15	1990-2020	Florya	970.0	31	0,82	öd
16	1990-2020	Gönen	990.4	31	1,02	öd
17	1990-2020	Keles	963.6	31	-1,99	*
18	1990-2020	Dursunbey	991.1	31	1,80	+

\*\*\* $\alpha=0,001$ , \*\* $\alpha=0,01$ , \* $\alpha=0,05$ , + $\alpha=0,1$ , öd: önemli değil, -: azalış

Anlı (2014) tarafından Güneydoğu Anadolu bölgesi için yapılan çalışmada, ETo değerlerinin zaman içerisinde değişimi araştırılmış, ETo değerlerinde önemli artış eğilimleri olduğu belirlenmiştir. Xu vd. (2017), 1957'den 2014'e kadar Çin'in doğusundaki Yangtze Nehri Deltası'nda bulunan 46 adet meteoroloji istasyonu için ETo hesapladıkları çalışmalarında, ağırlıklı olarak güneydoğuda yer alan 34 meteoroloji istasyonunda (toplamın %73.91'i) yıllık artış eğilimleri belirlemişlerdir. Senegal Nehri Havzası için ETo eğilimini ve iklim değişkenlerine duyarlılığını analiz etmek amacıyla yapılan diğer bir çalışmada, 1984–2017 döneminde havza alanının %32'si için yıllık ETo'da önemli bir artış olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, havzanın Sahel bölgesinin bazı kesimlerinde rüzgar hızında önemli bir düşüş kaydedilmiştir. Rüzgar hızının azalması ve bağıl nem artışı, ETo'nun düşmesine neden olmuş ve Senegal Nehri havzasının Sahel kısmında bir "buharlaşma paradoksu" işaret edilmiştir (Ndiaye vd., 2020). Jerin vd. (2021), Bangladeş'te 1975–2017 yılları arasında 25 yerin günlük meteorolojik veri setlerine dayanan Penman-Monteith FAO-56 modelini kullanarak aylık, yıllık ve on yıllık ETo veri setlerini değerlendirmeyi amaçladıkları çalışmalarında hem artış hem de azalış eğilimleri belirlemişlerdir. Bir bütün olarak, Bangladeş genelinde ETo'nin azalan eğilim yapısı nedeniyle paradoksal bir durum ortaya çıkabileceğini bildirmişler ve bunun nedenin, mevcut iklim ısınmasının etkisiyle güneşlenme süresi ve rüzgar hızındaki azalma olabileceğini belirtmişlerdir. Çalışmamızda 10 istasyon için önemli düzeyde ETo artış eğilimleri belirlenirken, 2 istasyon için önemli düzeyde ETo azalış eğilimleri belirlenmiştir. ETo değişimleri, iklim faktörleri, hava kirliliği, bitki türleri ve kentleşme gibi çok sayıda faktörün entegre sonuçlarıdır (Xu vd., 2017).

#### Referans Bitki Su Tüketiminin Alansal ve Zamansal Dağılımı

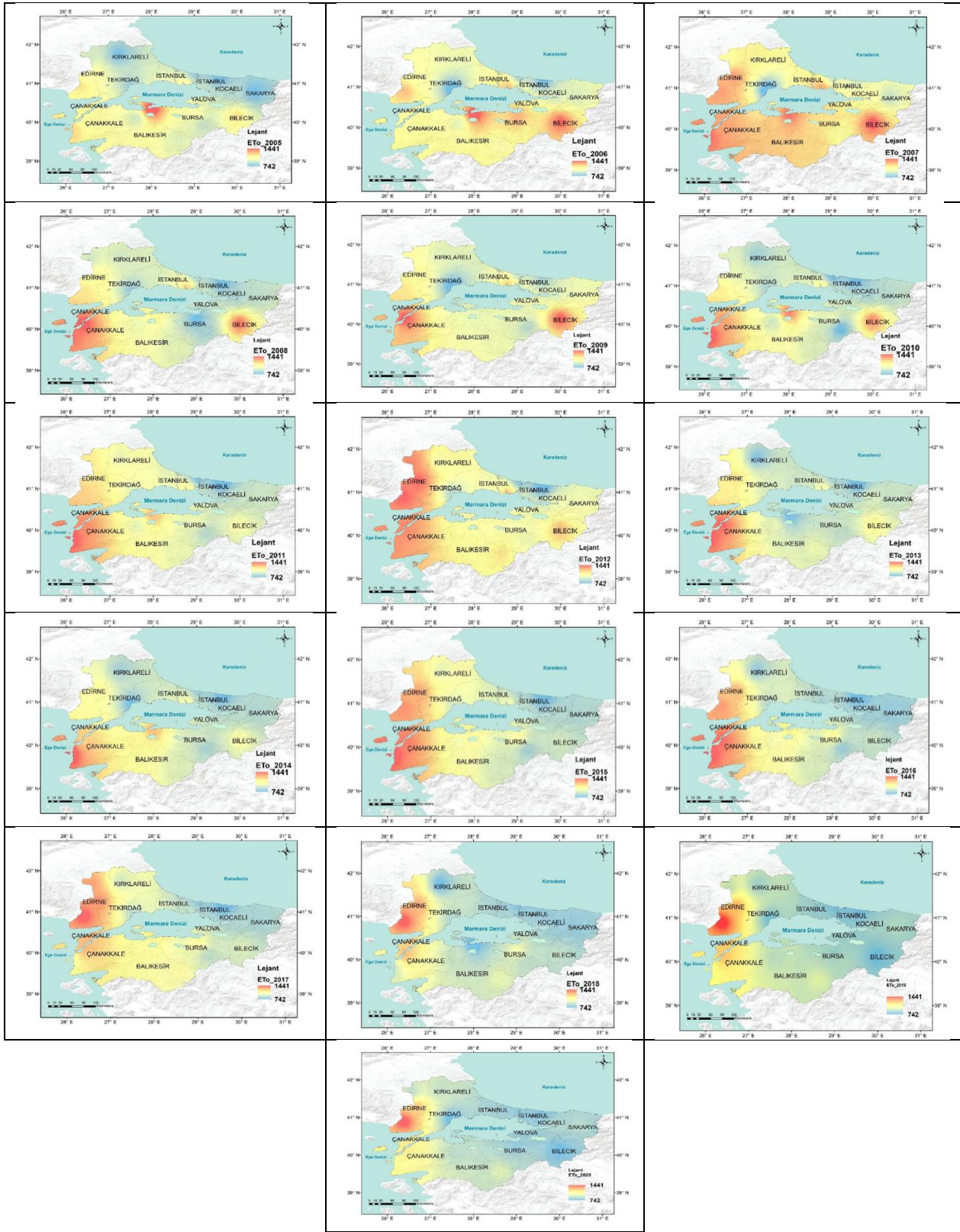
IDW enterpolasyon yöntemi kullanılarak hazırlanan 1990-2020 yılları arası Marmara Bölgesi yıllık toplam ETo haritaları Şekil 4'te gösterilmiştir. Çalışmada elde edilen bulgulara göre, 1990, 1996, 1999-2002, 2012, 2015 ve 2016 yıllarında Edirne'nin güneyi ve Çanakkale'nin batı kesimlerinde ETo yüksek değerlere ulaşmıştır. Kırklareli, Kocaeli ve Sakarya illeri için 1990-1994 ve 2000-2003 yıllarında ETo değerlerinin düşük olduğu belirlenmiştir



Şekil 4. Marmara Bölgesi 1990-2020 yılları arası ETo değerleri zamansal ve alansal değişimi.

Figure 4. Temporal and spatial changes of ETo values between 1990-2020 in Marmara Region.

## Marmara Bölgesinde Referans Bitki Su Tüketiminin Alansal ve Zamansal Değişimi

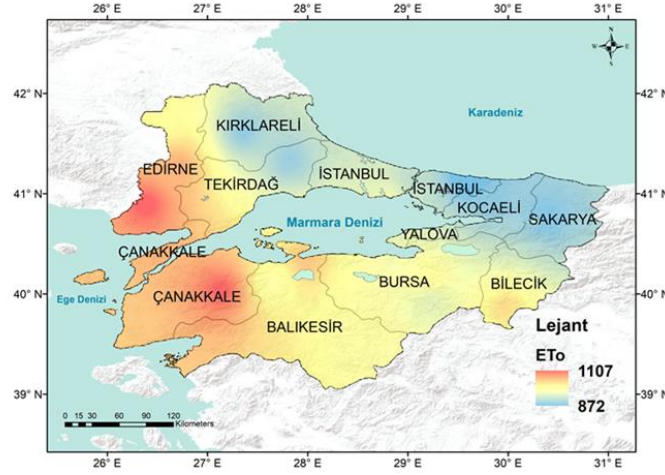


Şekil 4. Marmara Bölgesi 1990-2020 yılları ETo değerleri zamansal ve alansal değişimi (devamı).  
Figure 4. Temporal and spatial changes of ETo values between 1990-2020 in Marmara Region (continued).

Marmara Bölgesi'nin güney kesimlerinde 1992-1995, 1997 ve 2007 yıllarında ETo değerlerinin diğer yıllara göre yüksek olduğu görülmüştür. 2003-2005 yıllarında Balıkesir'in kuzey kesimlerinde ETo değerlerinin diğer bölgeler ve yıllara göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan İstanbul'un batı kesimlerinde



ETo değerleri 1995 ve 1996 yıllarında diğer bölgelere ve yıllara göre düşük bulunmuştur. Ayrıca Bilecik'te 2006-2010 yılları arasında ardışık olarak yüksek ETo değerlerinin tekrarlandığı belirlenmiştir. Benzer şekilde Edirne'nin kuzey kesimlerinde de 1990-1997, 1999-2002 ve 2015-2020 yılları arasında yüksek ETo değerleri tekrarlanmıştır. Çalışmada, IDW enterpolasyon yöntemi kullanılarak hazırlanan Marmara Bölgesi uzun yıllar (1990-2020) yıllık ortalama ETo haritası Şekil 5'te verilmiştir. Genel olarak, Marmara Bölgesi'nin batı kesimlerinde (Edirne'nin güneyi, Balıkesir'in batısı ve Çanakkale) ETo yüksek değerlere ulaşırken, bölgenin kuzey kesimlerinde Kırklareli ve Tekirdağ'ın doğusu ile bölgenin doğu kesimlerinde İstanbul'un doğusu, Kocaeli ve Sakarya'da ETo değerleri düşmüştür (Şekil 5). Ayrıca Kırklareli, Tekirdağ'ın doğusu, Kocaeli ve Sakarya'da uzun yıllar ortalama ETo değerleri düşük bulunurken (Şekil 5), bu illerde ki meteoroloji istasyonları verilerinden hesaplanan yıllık toplam ETo değerlerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde artış eğilimleri belirlendiği unutulmamalıdır (Çizelge 2).



Şekil 5. Marmara Bölgesi uzun yıllar (1990-2020) yıllık ortalama ETo haritası.  
Figure 5. Long term (1990-2020) annual average ETo map of Marmara Region.

Güler (2014), Türkiye'nin kuzeyinde 8 farklı enterpolasyon yöntemi kullanarak aylık ETo alansal değişimini belirlemek için yaptığı çalışmasında, ETo haritalarının oluşturulması için ETo hesaplamasında Hargreaves yönteminin kullanımının daha kolay olduğunu ve LR (dorsal regresyon modeli) kullanımının diğer enterpolasyon yöntemlerine göre daha güvenilir olduğunu belirlemiştir. Yukarıdaki çalışmada Türkiye'nin kuzeyinde yer alan bir bölge için ETo haritalarının üretilmesi yanında çalışmamızdan farklı olarak bazı enterpolasyon yöntemleri karşılaştırılmıştır. Yıldırım vd. (2019), Gediz Havzası'nda FAO Penman Monteith yöntemi kullanılarak uzun yıllar iklim verilerinden Nisan-Eylül ayları için aylık ve yıllık ETo değerlerini hesapladıkları çalışmalarında, jeostatistiksel yaklaşımla ETo haritaları üretmişler, Co-Kriging yöntemi ve Spherical modelin ETo haritalamada güvenilir olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Karaca vd. (2017), Antalya ilinde ETo değerlerinin aylık bazda zamansal ve mekânsal değişimlerinin belirlenmesini amaçladıkları çalışmalarında, Spline yöntemini kullanarak Aylık ETo haritaları oluşturmuşlar, tarım yapılan bölgede iklim verilerinin sağlanabileceği bir meteoroloji istasyonu yoksa sulama suyu gereksiniminin belirlenmesinde bu haritaların kullanılabilmesini bildirmişlerdir. Çalışmamızda yukarıdaki çalışmalardan farklı olarak yaygın şekilde kullanılan IDW enterpolasyon yöntemi ile 1990-2020 yılları için Marmara Bölgesi yıllık toplam ETo haritaları oluşturulmuş ve sonuçların su yöneticilerine su kaynaklarının planlanmasında karar vermede yardımcı olacağı düşünülmüştür.

Xu vd. (2017), 1957'den 2014'e kadar Çin'in doğusundaki Yangtze Nehri Deltası'nda bulunan 46 adet meteoroloji istasyonu için Penman-Monteith yöntemini kullanarak ETo hesapladıkları çalışmalarında, ArcGIS yazılımını dağıtım haritaları üretmek için kullanmışlar, yıllık ETo'nun kuzeyde güneye göre daha yüksek değerlerde açık bir mekânsal dağılım gösterdiğini belirlemişlerdir. Ayrıca araştırmacılar bu sonuçların eğilim analizi sonuçlarıyla birlikte araştırma bölgesinde daha iyi planlama kararları vermede

su kaynakları yöneticilerine ve politika yapıcılara yardımcı olmasını beklediklerini bildirmişlerdir. Zhang vd. (2018), çalışmalarında Penman-Monteith yöntemini kullanarak Hangjiahu bölgesi için ETo hesaplamışlar ve CBS mekânsal analiz fonksiyonu içinde IDW enterpolasyon yöntemi ile haritalar üretmişler, ETo değerlerinin 811.2 mm ile 1039.9 mm arasında değiştiğini ve çalışma alanının doğusundan batısına düştüğünü göstermişlerdir. Ayrıca ova alanının ETo değerlerinin, sıcaklık trendinin mekânsal dağılım eğilimi ile aynı dağılımı gösterdiği dağlık alana göre daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Yıldırım vd. (2019), Gediz Havzası'nın Nisan-Eylül ayları için yıllık ETo değerlerini hesaplayarak Co-Kriging yöntemiyle ETo haritası hazırlamışlar, havzanın batısındaki Menemen ilçesi çevresi ve havzanın güneyindeki Alaşehir ve Sarıgöl ilçeleri çevresinde yüksek değerlere (en yüksek 1377 mm) ulaşıldığını ve en düşük değerlerin en yüksek bölgede bulunan Gediz ilçesi çevresinde dağılım gösterdiğini belirlemişlerdir. Çalışmamızda uzun yıllar ortalama ETo değerleri 871.6-1106.8 mm arasında değişmiş ve Marmara Bölgesi'nin batısından doğusuna doğru azalacak şekilde bir alansal dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum bölgenin ikliminin karasal Karadeniz ve Akdeniz iklimleri arasında bir geçiş özelliğine sahip olmasına bağlanabilir.

## SONUÇ

Çalışmada, Marmara Bölgesi'nde 18 adet meteoroloji istasyonu için 1990-2020 yılları arası iklim verileri kullanılarak tahmin edilen yıllık toplam ETo eğilimleri belirlenmiş ve Ters Mesafe Ağırlıklı (IDW) enterpolasyon yöntemi ile ETo haritaları oluşturularak mekânsal ve zamansal değişimleri değerlendirilmiştir. En düşük yıllık toplam ETo değeri 1993 yılında Florya istasyonu için 742.3 mm olarak hesaplanırken, en yüksek değer 2004 yılında Bandırma istasyonu için 1440.7 mm olarak bulunmuştur.

Edirne ( $\alpha=0.001$ ), Kocaeli ( $\alpha=0.001$ ), Sakarya ( $\alpha=0.001$ ), Bozcaada ( $\alpha=0.001$ ), Çanakkale ( $\alpha=0.001$ ), Kırklareli ( $\alpha=0.01$ ), Uzunköprü ( $\alpha=0.01$ ), Tekirdağ ( $\alpha=0.05$ ), İpsala ( $\alpha=0.05$ ) ve Dursunbey ( $\alpha=0.1$ ) istasyonları için ETo artış eğilimleri istatistiksel olarak önemli bulunurken, Kumköy-Kilyos ve Keles istasyonları için önemli düzeyde ( $\alpha=0.05$ ) azalış eğilimleri belirlenmiştir. Ayrıca Bandırma, Bursa, Şile, Florya ve Gönen istasyonları için gerçekleşen ETo artış eğilimleri ile Bilecik için belirlenen hafif azalış eğilimi istatistiksel olarak önemli olmamıştır.

Genel olarak, IDW enterpolasyon yöntemi kullanılarak hazırlanan Marmara Bölgesi uzun yıllar (1990-2020) yıllık ortalama ETo haritası değerlendirildiğinde, Marmara Bölgesi'nin batı kesimlerinde (Edirne'nin güneyi, Balıkesir'in batısı ve Çanakkale) ETo yüksek değerlere ulaşırken, bölgenin kuzey kesimlerinde Kırklareli ve Tekirdağ'ın doğusu ile bölgenin doğu kesimlerinde İstanbul'un doğusu, Kocaeli ve Sakarya'da ETo değerleri düşmüştür. Sonuç olarak, Marmara Bölgesi'nin batı ve güney kesimleri ile kuzey kesimlerinde Tekirdağ ve İstanbul'un batı yakasında su kaynaklarının korunumu bakımından tarımsal su yönetiminin etkin bir şekilde sürdürülmesi gerektiği söylenebilir. Ayrıca Kırklareli, Tekirdağ'ın doğusu, Kocaeli ve Sakarya'da uzun yıllar ortalama ETo değerleri düşük bulunurken, bu illerde ki meteoroloji istasyonları verilerinden hesaplanan yıllık toplam ETo değerlerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde artış eğilimleri belirlenmiştir. Bu sonucun belirtilen bölgelerde su kaynakları yönetimi için yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

## YAZAR KATKISI

Yazarlar Yüksek Lisans tez çalışmasından hazırlanan makaleye birlikte katkı sağlamışlardır.

## KAYNAKLAR

- Adoko, K. F. (2020). *Estimation par télédétection de la variabilité spatio-temporelle de l'évapotranspiration dans le Bassin Moyen du fleuve Ouémé au Bénin*. [Doktora tezi]. Liège Üniversitesi, Liège.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop Evapotranspiration*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56.
- Altalib, A. A., Mahmood, M. T., & Al-Ogaidi, A. A. M. (2021). Mapping reference evapotranspiration for Iraq using FAO Penman-Monteith method. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 23(2), 18-29.

- Altındağ, A. (2007). *Gap alanında farklı yöntemlere göre hesaplanan referans bitki su tüketimi değerlerinin gidiş analizi* [Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Anlı, A. S. (2014). Güneydoğu Anadolu Bölgesinde referans bitki su tüketiminin (ET<sub>o</sub>) zamansal değişimi ve r<sub>d</sub> (Keşif Kuraklık İndeksi) yöntemiyle meteorolojik kuraklık analizi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 20, 248-260.
- Aksu, H. H., & Hepdeniz, K. (2016). Burdur'da yıllık ve aylık ortalama maksimum hava sıcaklığı dağılımının coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla haritalanması ve analizi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 202-214.
- Anonim. (2002). MAKESENS 1.0, Finnish Meteorological Institute. <https://en.ilmatietaenlaitos.fi/makesens>. [Erişim Tarihi: 29 Haziran 2021].
- Anonim. (2009). ETo Calculator. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/eto-calculator/en/> [Erişim Tarihi: 29 Haziran 2021].
- Anonim. (2017). *Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ), Ankara.
- Anonim. (2021a). T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Marmara Bölgesi coğrafi özellikleri, <https://mthmm.csb.gov.tr/bolgemiz-i-85694>. [Erişim Tarihi: 27 Haziran 2021].
- Anonim. (2021b). Türkiye iklimi. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. [https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yayinlar/turkiye\\_iklimi.pdf](https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yayinlar/turkiye_iklimi.pdf). [Erişim Tarihi: 27 Haziran 2021].
- Bayramoğlu, E. (2013). Trabzon ilinde iklim değişikliğinin mevsimsel bitki su tüketimine etkisi: penman-monteith yöntemi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 13(2), 300-306.
- Çetin, S. (2018). *Kızılırmak havzasında alansal yağış ile buharlaşma terlemenin izleme ve değerlendirilmesinde uydu görüntülerinin kullanılması*. [Doktora tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Güler, M. (2014). A comparison of different interpolation methods using the geographical information system for the production of reference evapotranspiration maps in Turkey. *Journal of The Meteorological Society of Japan*, 92(3), 227-240. <https://doi.org/10.2151/jmsj.2014-303>
- Gilbert, R. O. (1987). *Statistical methods for environmental pollution monitoring*. Van Nostrand Reinhold Co., New York, USA.
- Ha, W., Gowda, P. H., Oommen, T., Marek, T. H., Porter, D. O., & Howell, T. A. (2011). *Spatial interpolation of daily reference evapotranspiration in the Texas high plains*. World Environmental and Water Resources Congress 2011: Bearing Knowledge for Sustainability, 2796-2804. Palm Springs, California, United States.
- Hamad, T. A. H. (2016). *Determining thermal comfort zones for outdoor recreation planning: a case study of Erbil-Iraq*. [Yüksek lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Hodam, S., Sarkar, S., Marak, A. G. R., Bandyopadhyay, A., & Bhadra, A. (2017). spatial interpolation of reference evapotranspiration in India: comparison of idw and kriging methods. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A*, 98(4), 511-524. <https://doi.org/10.1007/s40030-017-0241-z>
- Johnston, K., Ver Hoef, J. M., Krivoruchko, K., & Lucas, N. (2001). *Using ArcGIS Geostatistical Analyst*. ESRI, Redlands, CA, USA.
- Jerin, J. N., Islam, A. R. M. T., Al Mamun, M. A., Mozahid, M. N., & Ibrahim, S. M. (2021). Climate change effects on potential evapotranspiration in Bangladesh. *Arabian Journal of Geosciences*, 14, 682. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07010-9>
- Karaca, C., Büyüктаş, D., Baştuğ, R., Aydınşakir, K., & Tekelioğlu, B. 2017. Antalya koşullarında kıyas bitki su tüketiminin alansal ve zamansal dağılımının belirlenmesi. *Derim*, 34(2), 158-171. <https://doi.org/10.16882/derim.2017.292134>
- Mubaliwo, A., Onyutha, C., & Abebe, A. (2020). Historical rainfall and evapotranspiration changes over mpologoma catchment in Uganda. *Advances in Meteorology*, 2020, 19. <https://doi.org/10.1155/2020/8870935>
- Moharir, K., Pande, C., Singh, S. K., Choudhari, P., Kishan, R., & Jeyakumar, L. (2019). Spatial interpolation approach-based appraisal of groundwater quality of arid regions. *Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA*, 68(6), 431-447. <https://doi.org/10.2166/aqua.2019.026>

- Ndiaye, P. M., Bodian, A., Diop, L., Deme, A., Dezetter, A., Djaman, K., & Ogilvie, A. (2020). Trend and sensitivity analysis of reference evapotranspiration in the senegal river basin using Nasa meteorological data. *Water*, 12, 1957. <https://doi.org/10.3390/w12071957>
- Okechukwu, M. E., & Mbajiorgu, C. C. (2020). Spatial distribution of rainfall and reference evapotranspiration in southeast Nigeria. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 22 (1): 1-8.
- Panchasara, H., Samrat, N. H., & Islam, N. (2021). Greenhouse gas emissions trends and mitigation measures in australian agriculture sector—a review. *Agriculture*, 11(2), 85. <https://doi.org/10.3390/agriculture11020085>
- Raes, D. (2012). *The ETo Calculator, Reference Manual (Version 3.2, September 2012)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Land and Water Division.
- Salmi, T., Määttä, A., Anttila, P., Ruoho-Airola, T., & Amnell, T. (2002). Detecting Trends of Annual Values of Atmospheric Pollutants by the Mann-Kendall Test and Sen's Slope Estimates—The Excel Template Application MAKESENS. Publications on Air Quality No. 31. (Report code FMI-AQ-31, Finnish Meteorological Institute, Helsinki, Finland).
- Talaei, P. H., Tabari, H., & Abghari, H. (2014). Pan evaporation and reference evapotranspiration trend detection in western Iran with consideration of data persistence. *Hydrology Research*, 45(2), 213–225. <https://doi.org/10.2166/nh.2013.058>
- Taşkın, M. B., Türkmen, F., Akça, M. O., Soba, M. R., & Öztürk, H. S. (2018). Ankara Üniversitesi Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının verimlilik durumlarının incelenmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6(2), 122-133.
- Tegos, A., Malamos, N., & Koutsoyiannis, D. (2015). A parsimonious regional parametric evapotranspiration model based on a simplification of the Penman–Monteith formula. *Journal of Hydrology*, 524, 708–717. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.03.024>
- Vural, E. (2021). Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerinin cbs kullanarak hava kalitesinin mekânsal değişiminin incelenmesi (2007-2019). *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(1), 124-135. <https://doi.org/10.21324/dacd.718450>
- Yıldırım, Y. E., Taş, İ., & Özaydın, K. A. (2019). referans evapotranspirasyonun mekansal değişiminin belirlenmesinde gediz havzası örneği. *Toprak Su Dergisi, Özel Sayı*, 153-161.
- Ya'acob, N., Azize, A. M., Adnan, N. M., Yusof, A. L., & Sarmin, S. S. (2016, Aralık 16-18). *Haze monitoring based on air pollution index (API) and geographic information system (GIS)* [Sözlü bildiri]. Proceedings of 2016 IEEE Conference on Systems, Process and Control, Malezya.
- Yürekli, K., Ünlükara, A., & Safi, S. (2010). Kayseri İlinde mevsimsel bitki su tüketimindeki (ETo) değişimin saptanması. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(2), 21-25.
- Xu, Y., Xu, Y., Wang, Y., Wu, L., Li, G., & Song, S. (2017). Spatial and temporal trends of reference crop evapotranspiration and its influential variables in Yangtze River Delta, eastern China. *Theoretical and Applied Climatology*, 130, 945-958. <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1928-1>
- Zhang, Y. D., Zheng, S. Z., Lu, C., Jia, H. W., & Huang, W. Y. (2018). Spatial distribution of reference crop evapotranspiration in Hangjiahu Area. The 4th International Conference on Water Resource and Environment, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 191, 012078. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/191/1/012078>
- Zuo, D., Xu, Z., Yang, H., & Liu, X. (2012). Spatiotemporal variations and abrupt changes of potential evapotranspiration and its sensitivity to key meteorological variables in the Wei River basin, China. *Hydrological Processes*, 26, 1149–1160.



### Buğday Deposu Tasarımı: Yapısal Tasarım-I\*

#### The Design of Wheat Warehouse: Structural Design-I

Kürşat Maman<sup>1</sup> , Hakan Kibar<sup>2</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 18.03.2022

Kabul Tarihi (Accepted): 11.05.2022

Yayın Tarihi (Published): 22.08.2022

**Öz:** Tahıl üretiminin her yıl artması, depolarda yatırım, bakım ve etkin yönetim ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Depolama, daha iyi piyasa fiyatları için pazarlık olasılığını etkilediğinden önemli bir darboğazdır. Kârlılığın artması için tüketicinin ürün kalitesinin güvence altına alınması gerekmektedir. Dolayısıyla bu alandaki bilimsel araştırmaların ve üretim zincirinin standardizasyonuna ihtiyaç vardır. Bu çalışmada Iğdır ili, ilçe ve köylerindeki bitkisel ürün depoları ile ilgili anket çalışması yapılarak mevcut durumları ortaya konulmuştur. Mevcut durumda yapılmış olan depoların eksiklikleri göz önünde bulundurularak buğday tahılı için 1500 ton depolama kapasitesine sahip yatay bir betonarme deponun teknik verilere uygun şekilde planlanması amaçlanmıştır. Anket çalışmaları kapsamında bölgedeki bitkisel ürün depolarının çoğunun yıllar önce yapıldığı, buna bağlı olarak projelerinin bulunmadığı tespit edilmiştir. Aile tipi depoların ilkel yollarla yapıldığı, depolarda çatı eğim açılarının yetersiz (8-19°) olduğu ve tahıl için gerekli çevre koşullarının göz önünde bulundurulmadığı belirlenmiştir. Ayrıca soğuk hava depoları dışındaki depolarda depolama koşullarına uyulmadığı, doğal ve mekanik havalandırmanın yapılmadığı, depoların nem ve ısı yalıtımının sağlanmadığı, ürün depolanmasının kısa süreli ve depo ortamının sağlıklı olmadığı tespit edilmiştir. 1500 ton buğday tahılının depolama yapısında emniyetli ve güvenli bir şekilde depolanabilmesi ve depolama yapısının servis ömrünün uzun süreli olabilmesi için 12 m genişliğinde, 36 m uzunluğunda, 5 m duvar yüksekliğinde, çatı eğim açısı 25° ve çatı yüksekliği 2.89 m olacak şekilde tasarlanmıştır. Tasarımı yapılan bu depoda perde duvar kalınlığı 32 cm olmak üzere toplam duvar kalınlığı 48 cm (iş sıva, dış sıva ve yalıtım malzemesi ile), 40 cm radye temel olmak üzere toplam döşeme kalınlığı 77.5 cm, çatıda 6 cm kalınlığında poliüretan sandviç panel, 5 cm kalınlığında kapı (5 x 3.5 m) ve 0.3 cm kalınlığında pencereler kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Iğdır, buğday, depolama yapısı, depolama koşulları

&

**Abstract:** The increase in grain production every year reveals the need for investment, maintenance and effective management in warehouses. Storage is a major bottleneck as it affects the possibility of bargaining for better market prices. In order to increase profitability, the product quality of the consumer must be assured. Therefore, there is a need for standardization of scientific research in this field and the production chain. In this study, a questionnaire study was carried out on the plant warehouses in Iğdır province, district and villages and their current situation was investigated. In view of the shortcomings of the existing warehouses, it was aimed to plan a horizontal reinforced concrete warehouse with a capacity of 1500 tons for wheat grain in accordance with technical data. Within the scope of the survey studies, it was determined that most of the plant warehouses in the region were made many years ago and they did not have any projects. It was determined that the family type warehouses were made by primitive means, the roof slope angles in the warehouses were insufficient and the environmental conditions required for the grain were not taken into consideration. In addition, it was determined that the storage conditions were not observed in the warehouses except cold stores, natural and mechanical ventilation was not performed, the humidity and heat insulation of the warehouses were not provided, the storage of the product was short term and the storage environment was not healthy. It is designed with a width of 12 m, a length of 36 m, a wall height of 5 m, a roof slope angle of 25° and a roof height of 2.89 m in order to store 1500 tons of wheat grain safely and securely in the storage structure and to ensure a long service life of the storage structure. In this warehouse designed, the total wall thickness is 32 cm, with a total wall thickness of 48 cm (with internal plastering, external plastering and insulation material), a total floor thickness of 77.5 cm with a 40 cm raft foundation, and a 6 cm thick polyurethane sandwich panel on the roof, 5 cm thick door (5 x 3.5 m) and 0.3 cm thick windows were used.

**Keywords:** Iğdır, wheat, storage structure, storage conditions

**Atıf/Cite as:** Maman, K., & Kibar, H. (2022). Buğday Deposu Tasarımı: Yapısal Tasarım-I. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 8 (2), 282-301. DOI: 10.24180/ijaws.1089813

**İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijaws>

Copyright © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Kürşat Maman, Iğdır İl Özel İdaresi, kursat\_mn@hotmail.com

<sup>2</sup> Prof. Dr. Hakan KİBAR, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tohum Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, hakan.kibar@ibu.edu.tr (Sorumlu Yazar / Corresponding author)

\*Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinin bir bölümüdür.

## GİRİŞ

Küresel tahıl üretimi her yıl artmakta, bu da hasat sonrası sistem bileşenlerine yatırım ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Hammadde üreticileri için ürün fiyatları ve seçenekleri, kamu politikaları, stokları ve ticaret engellerinin bir sonucu olarak yıllar içinde dalgalanmaktadır. Hasattan sonra tahılların ticarileşebilmesi için depolanması ve bu süre boyunca kalitelerinin korunması gerekmektedir. Bununla birlikte, üretim seviyelerindeki artışla birlikte, sabit depolama kapasitesinde, pazarlama zinciri boyunca maliyetleri ve nihai kayıpları artıran giderek artan bir depolama açığı bulunmaktadır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), bir ülkenin gıda güvenliğini garanti eden üretim kapasitesinden daha büyük bir depolama kapasitesine sahip olmasını tavsiye etmektedir (FAO, 2019; Kibar vd., 2021a, b).

Dünyanın her yerindeki çiftçiler, sıcak veya soğuk ülkelerde veya daha gelişmiş veya daha az gelişmiş ülkelerde hasat sonrası elde edilen tahılı veya diğer tarımsal ürünleri tüketilene veya işlenene kadar depolarlar. Günümüzde depolama, ülkelerin gelişmişlik düzeyine göre en ilkelinden en gelişmişe doğru toprak kaplarda, çukurlarda veya tahıl ambarında, toplu halde veya mekanik sisteme sahip oldukça karmaşık depolama yapısında yapılabilmektedir (Olgun, 2011).

Depodaki tahıl yığını, canlı organizmaların ve çevrenin birbirleriyle etkileşime girdiği insan yapımı bir ekolojik sistemdir. Depolanmış tahılın bozulması fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişkenler arasındaki etkileşimlerden kaynaklanır. Bu ekosistemde en önemli canlı organizma tahılın kendisidir. Tahılın abiyotik ortamı, sıcaklık gibi fiziksel değişkenleri, karbondioksit ve oksijen gibi inorganik kimyasal değişkenleri ve nem gibi fizyokimyasal değişkenleri ve biyolojik aktivitenin yan ürünleri olan organik bileşikler dizisini içerir. Tahıl yığnında tahıl dışındaki başlıca biyotik değişkenler, mantarlar, aktinomisetler ve bakteriler gibi mikroorganizmalar; böcekler ve akarlar gibi eklembacaklılar; kemirgenler ve kuşlar gibi omurgalılardır. Bu zararlılar nadiren yalnız hareket ederler. Ekolojik akrabalıkları, tahıl kalitesinin karmaşık bir bozulma sürecindeki diğer bazı değişkenler tarafından desteklenerek, tahılla ve kendi aralarında zamanla gelişim gösterebilirler. Bu bozulma başlangıçta yavaş ve daha az dramatik olmasına rağmen, bozulmamış bir tahıl yığnında değişkenlerin doğru kombinasyonu sağlanmazsa, tam tahıl kaybı meydana gelebilir (Bala, 2017; Neme ve Mohammed, 2017; Ziegler vd., 2021).

Sıcaklık ve nem içeriği, depolanan tahılın bozulmasına önemli derecede katkıda bulunan iki önemli fiziksel değişkendir. Tahıl genellikle güvenli olarak kabul edilebilen bir nem içeriğinde depolansa da, atmosfer havasındaki değişimlerin bir sonucu olarak hem sıcaklık hem de nem içeriği hem zamana hem de konuma göre değişim göstermektedir. Depolanan tahıllardaki nem göçü, sıcaklık değişimlerinden kaynaklanmakta ve güvenli depolama tasarımı için rasyonel bir temel sağlamak için hava koşullarında doğal olarak meydana gelen değişikliklerden kaynaklanan etkilerin tahminini gerektirmektedir. Sıcaklık, depolanan tahılı kirleten ve yok eden böceklerin, akarların ve mantarların dağılımını ve bolluğunu sınırlayan en önemli faktörlerden biridir. Atmosfer sıcaklığındaki mevsimsel değişiklikler, tahıl deposu boyunca sıcaklık düzenini değiştirir. Kış aylarında, konvektif hava akımları deponun ortasından yukarı doğru hareket ettiğinden, tahılın üst yüzeyinin altındaki depo merkezi, deponun geri kalanından daha sıcak kalır. Tersine, yaz aylarında, hava akımları sıcak duvarlar boyunca yukarı ve deponun ortasından aşağı doğru hareket ettiğinden, alta yakın depo merkezi en soğuk kalır. Coğrafi konuma bağlı olan hava koşulları, tahıl depolama sıcaklıklarını etkileyen en önemli faktörlerdir. Ortalama aylık sıcaklığa dayalı olarak, hangi coğrafi bölgelerin depolanan tahıl böceklerinin enfeksiyonlarına karşı daha savunmasız olduğunu bulmak için tahminler yapılabilir ve depolama tasarımı ve işletimi için öneriler yapılabilir. Devlet politikaları ile, bozulmanın minimum düzeyde olacağı alanlarda tahılın uzun süreli depolanması teşvik edilebilir (Kibar vd., 2015; Bala, 2017; Mutungi vd., 2019; Ziegler vd., 2021).

Depolama sistemleri, pratik uygulamaya göre, hermetik olmayan (geleneksel), yarı hermetik veya toplu (yatay silolar, dikey silolar ve depolar), hermetik, soğutmalı ve modifiye atmosferli depolama olarak gruplandırılabilir.

Türkiye’de depolama ile ilgili önemli sorunların temelinde yetersiz depolama alanı ve uygun olmayan depolama yapıları gelmektedir. Bitkisel ürünlerin üretilmesi, insanların yaşamı ve ülkenin ekonomisi yönünden ne kadar önemli ise, tüketilinceye kadar kalitesiyle birlikte ürünün muhafaza edilmesi de o

kadar önemlidir (Karaman vd., 2009). Çünkü üretilen ürünleri muhafaza etmeyip, tamamı tüketiciye ulaştırılmıyorsa, üretimi çoğaltma çabaları büyük bir önem taşımaz. Bundan dolayı ürettiğimiz kadar, ürettiğimiz ürünleri hangi ölçüde muhafaza edebildiğimiz ve sağlıklı bir gıda olarak tüketiciye ulaştırdığımız da önemlidir (Kibar ve Öztürk, 2009). Buna bağlı olarak uzun süreli ürün muhafazası için depolamanın önemi ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde genelde her yıl, önemli ölçüde bitkisel ürün ertesi yıla devretmektedir. Bir sonraki yıla devreden buğday stoku; depolama kayıpları, buğdayın maliyetine eklenen depolama masrafları ve yeni ürünün depolanmasında ortaya karışıklık ile olumsuz bir durum oluşturmaktadır. Ülkemizin ekonomisine canlılık getireceği göz önüne alınacak olursa sonraki dönemlere devreden bitkisel ürün stokunun en düşük seviyelerde tutulması, pazarlama politikalarının geliştirilmesi için uygun olacaktır. Ürün depoların iyi tasarlanmaması ya da çevresel etkilerin göz önünde bulundurulmadan depoların inşa edilmesi ürün kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bitkisel ürün depoları, iklim koşulları, depolanacak ürünün karakteristik özelliği göz önünde bulundurularak ve fizibilite çalışmaları iyi yapılarak tasarlanmalıdır. Ülkemizde depolama konusunda donanımlı ve tecrübeli eleman sayısı yetersiz düzeydedir. Bu sorunun aşılması için depolama konusunda eğitilmiş nitelikli insan yetiştirilmesine fazlasıyla önem verilmelidir (Gözüm, 1992).

Türkiye’de farklı illerde ve yıllara ait depolama yapıları, depolama koşulları, depoların mevcut durumu ve sorunları ile geliştirme olanaklarının belirlenmesine yönelik çalışmalar bulunmaktadır. Yürütülen bu bilimsel çalışmalarda ülkemizdeki tahıl depolarının teknik açıdan yetersiz olduğu ve güvenli depolama için gerekli koşulların sağlanamadığı belirtilmektedir (Şişman, 2003; Tutar, 2010; Şişman ve Ergin, 2011, Tutar ve Alagöz, 2012; Kibar vd., 2015; Gençoğlan vd., 2018).

Bu çalışmanın amacı, Iğdır ili, ilçe ve köylerindeki çiftçilerin, kooperatiflerin, müteşebbislerin ve Toprak Mahsuller Ofisi’nin sahip olduğu bitkisel ürün depolarının mevcut durumları incelenerek, yapılan anket doğrultusunda depolama yapılarının eksikleri ve yeni yapılacak depolarda ürünlerin en sağlıklı şekilde korunarak depolanabilmesi için inşa edilecek depoların planlanması amaçlanmıştır. Bu amaçla, kaliteli ve sağlıklı bir ürün devamlılığı için çalışmanın birinci bölümünde Iğdır ili koşullarına uygun 1500 ton depolama kapasitesine sahip buğday tahılı için betonarme yatay bir depolama yapısının tüm yönleriyle projelendirilmesi hedeflenmiştir.

## MATERYAL VE METOT

Çalışma kapsamındaki anket çalışması, Iğdır ilindeki bitkisel ürünlerin depolanması amacıyla kullanılan tüm depolarının mevcut durumu ve yapısal özelliklerinin belirlenmesi ve karşılaşılan sorunlara çözüm önerileri sunmak amacıyla yürütülmüştür. Depo sayısı, Iğdır İl Tarım ve Orman Müdürlüğü’nün kayıtlarından toplam 12 adet olarak alınmıştır.

İlde yapılan anketler, çalışmanın birincil verilerini oluşturmaktadır. Ankette, incelenen işletmelerin genel özellikleri (işletmelerin hukuki ve mülkiyet durumu, proje durumu, çalıştırılan işçi sayıları, depolanan ürünler, depolama kapasitesi, doluluk oranı, depo kuruluş yeri özellikleri), depolara ait yapısal özellikler (depo boyutları, kullanılan malzemeler, çatı özellikleri vd.) ve depolama ile ilgili bilgiler (depolama süresi ve ürün temin yeri) ilişkin bilgilere yer verilmiştir. Ankette işletme sahipleri ile yüz yüze görüşülerek depolar hakkında yukarıda verilen bilgiler alınmış ve depolarda incelemeler yapılmıştır.

Anket çalışmasından sonra 1500 ton kapasiteli buğday deposunun tüm yönleriyle tasarımı yapılmış ve önerilerde bulunulmuştur.

## Depo İşletmelerinin Değerlendirilmesi

Bu araştırmada; Iğdır ili (enlem: 39.9191 ve boylam: 44.0442) merkez, ilçe ve köylerinde bulunan mevcut bitkisel ürün (soğuk hava deposu, yatay depo, düşey depo vb.) depoları anket yardımı ile teknik yönden incelenmiştir.

Iğdır ili merkez ve ilçelerinde kurulu olan mevcut bitkisel ürün depolarında anket çalışması ve gözlemler yapılmıştır. Teknik yönden incelenen her bir bitkisel ürün depolarının konumları Şekil 1’ de verilmiştir.

Bu çalışmada, Iğdır ili ve ilçelerinde bulunan bitkisel ürün depo sahipleri ile yüz yüze görüşme yöntemiyle yapılan anketlerden veriler elde edilmiştir. Çalışmada gayeli örnekleme yöntemi kullanılmış ve örnek





bakıldığında tamamının kontrollü atmosfer soğutma sistemini tercih ettiği belirlenmiştir. Kontrollü atmosfer soğutma sisteminin kullanıldığı işletmelerin %33'ü 2007 yılında %67'si 2012-2013 yılları arasında inşa edilmiştir. Kontrollü atmosfer soğutma sisteminin kullanıldığı soğuk hava depolarının tamamının 2007-2013 yılları arasında inşa edildiği tespit edilmiştir. Kontrollü atmosfer soğutma sistemlerinin ise tamamının özel şirketler tarafından işletilmekte olduğu belirlenmiştir (Maman, 2019).

İşletme sahiplerine genel olarak karşılaştıkları teknik ve işletim problemleri sorulmuş ve işletmelerin tamamında elektrik giderlerinin yüksek olduğu ve devlet desteklemelerinin yetersiz olduğu ifade edilmiştir.

Bu çalışmada Iğdır ilindeki işletmelerin yapısal özellikleri ile karşılaşılan teknik ve işletim problemleri belirlenmiş, işletmecilerin soğuk hava ve tahıl depolarının inşa aşamasında herhangi bir teknik destek almadıkları tespit edilmiştir.

### 1500 Tonluk Buğday Deposu Tasarımı

Araştırma kapsamında yapılan anket çalışmasında Iğdır ve ilçelerinde en yaygın depo tipinin betonarme yatay depo olması nedeniyle bu çalışmada depo tipi olarak betonarme yatay depo seçilmiştir.

Buğday deposu modellenmesinde yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri (TS 498), betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları (TS 500), çelik yapıların tasarımı için Amerikan AISC 360-10 (LRFD), TBDY 2018 yönetmelikleri kullanılmıştır ve bu yönetmeliklere uygun olarak hesaplama yapan İdeCAD® Statik IDS v10 CAD tabanlı Türkçe programı kullanılmıştır.

### Depo boyutsal özelliklerinin ve yanal proje yükünün belirlenmesi

Depolanacak taneli ürününün birim hacim ağırlığı 700-830 kg m<sup>-3</sup> (Olgun, 2013) arasında değiştiğinden, projelirmede 780 kg m<sup>-3</sup> olarak alınmıştır. 1500 ton depolama kapasiteli buğday deposunun hacmi;

$$\gamma = \frac{G}{V_d} \Rightarrow V_d = \frac{G}{\gamma} = \frac{1500 \times 10^3}{780} = 1923 \text{ m}^3$$

Projelirmede betonarme yatay depo genişliği 12 m, uzunluğu 36 m ve depo üst düzeyinden olan derinlik 5 m kabul edilirse ürün yığın yüksekliği (Şekil 2);

$$V_d = a \times b \times h \rightarrow 1923 \text{ m}^3 = h \times 12 \text{ m} \times 36 \text{ m} \rightarrow h = 4.5 \text{ m} \text{ olarak belirlenmiştir.}$$

Ürün yığın yüksekliği  $h = 4.5$  m olarak kabul edildiğinden dikdörtgen kesite sahip depolama yapısı için hidrolik yarıçapı:

$$R = \frac{\text{Alan}}{\text{Çevre}} = \frac{a \times b}{2(a + b)} = \frac{12 \times 36}{2(36 + 12)} = 4.5 \text{ m}$$

$h = R$  olduğundan yüksek depodur.

Buğdayın içsel sürtünme açısı  $\phi = 22.6^\circ - 28^\circ$  arasında değiştiğinden  $26^\circ$  olarak ve statik sürtünme katsayısı değeri  $\mu = 0.425-0.492$  arasında değiştiğinden 0.460 olarak alınmıştır (Öztürk ve Kibar, 2006).

Bitkisel ürün depolarında ürünün kendi ağırlığından dolayı yatay ve düşey yönde basınçlar meydana gelmektedir. Taneli ürünlerin oluşturduğu bu basınçların hesaplanmasında ürünün yarı akışkan bir özellikte olduğu kabul edilmektedir. Bu çalışmada depo cidarına etki eden basınçlar Kibar vd. (2006) tarafından geliştirilen bilgisayar programı kullanılarak belirlenen yüksek depoya göre basınçlar hesaplanmış olup elde edilen basınçlar İdeCAD® Statik IDS programına aktarılmıştır. İdeCAD® Statik IDS programından girilen basınçlara göre elde edilen genel görünüm Şekil 3'te verilmiştir.

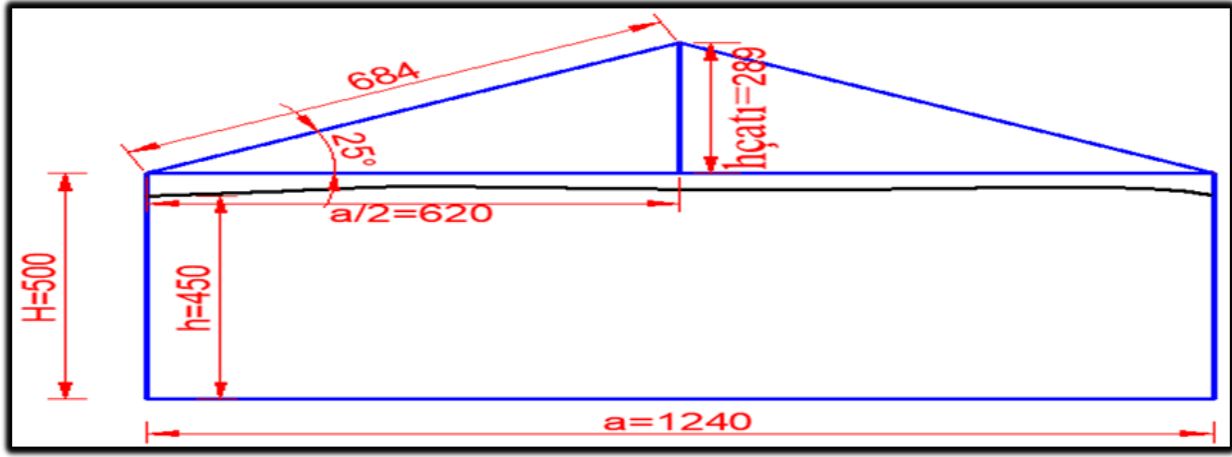
Çizelge 1. Ankete katılan işletmelerin mevcut durumları ve özellikleri.

Table 1. Current status and characteristics of the enterprises participating in the survey.

Anket Soruları	İşletmeler					
	Avcıoğlu Soğuk Hava Deposu	Tanrıverdi Soğuk Hava Deposu	TASU Soğuk Hava Deposu	VEŞEF Soğuk Hava Deposu	Toprak Mahsulleri Ofisi	Tarım Kredi Kooperatifi
Deponun bulunduğu köy (kasaba)/ ilçe	Melekli	Küllük	Alikamerli	Melekli	Merkez	Yaycı
Deponun statüsü nedir?	Özel kuruluş	Özel kuruluş	Özel kuruluş	Özel kuruluş	Kamu kuruluşu	Kooperatif
Deponun faaliyete başladığı yıl	2012	2012	2007	2013	1954	1936
Deponun proje durumu	Projeli	Projeli	Projeli	Projeli	Projeli	Projeli
Deponun kurulduğu alanın topoğrafik durumu	Ova (düz alan)	Ova (düz alan)	Ova (düz alan)	Ova (düz alan)	Ova (düz alan)	Ova (düz alan)
Deponun tipi	Panel	Betonarme yatay	Soğutmalı panel	Soğutmalı panel	Çelik silo	Betonarme yatay
Deponun kapasitesi kaç tondur?	2500 ton	1000 ton	2000 ton	1300 ton	4000 ton	200 ton
Deponun kapasite kullanım oranı %	85	90	90	90	90	90
Depolanan ürün türleri nedir?	Elma	Nar, Kayısı, Elma, Armut	Elma, Armut, Nar, Kayısı	Elma, Armut, Nar	Buğday, Arpa	Gübre, Buğday, Mısır tohumu,
Depolama süresi	2-8 ay	2-8 ay	6 ay	2-8 ay	Süresiz	Süresiz
Depoda uygulanan havalandırma tipi	Mekanik	Mekanik	Mekanik	Mekanik	Mekanik	Doğal
Çatı eğim açısı	9°	23°	13°	8°	-	19°
Çatı Tipi	Beşik Çatı	Beşik Çatı	Beşik Çatı	Beşik Çatı	Silo	Beşik Çatı
Çatı malzemesi	Çelik makas	Çelik makas	Çelik makas	Çelik makas	Çelik sac	Ahşap
Örtü malzemesi	Çelik sac	Çelik sac	Çelik sac	Çelik sac	Çelik sac	Çelik sac
Duvar malzemesi	Soğutma Paneli	Soğutma Paneli	Soğutma Paneli	Soğutma Paneli	Çelik	Biriket-Beton
Zemin kaplaması	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton
Depo bir kuruluş deposu ise ileriki yıllarda depoculuk faaliyetini sürdürmeyi düşünüyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet
Depo bir kuruluş deposu ise ileriki yıllarda depo sayısını veya kapasitesini arttırmayı düşünüyor mu?	Evet	Hayır	Evet	Evet	Evet	Evet
Depo bir kuruluş deposu ise çalışan personel sayısı kaçtır?	3	2	2	3	6	2
Depolama faaliyetleri neticesinde en fazla kâr kim elde etmektedir?	Üretici	Üretici	Üretici	Üretici	Aracı-tüccar	Depo sahibi
Depodaki ürünler kime ait?	Depo sahibinin ve üreticinin	Depo sahibinin ve üreticinin	Tamamı üreticinin	Depo sahibinin ve üreticinin	Tamamı depo sahibinin	Tamamı depo sahibinin

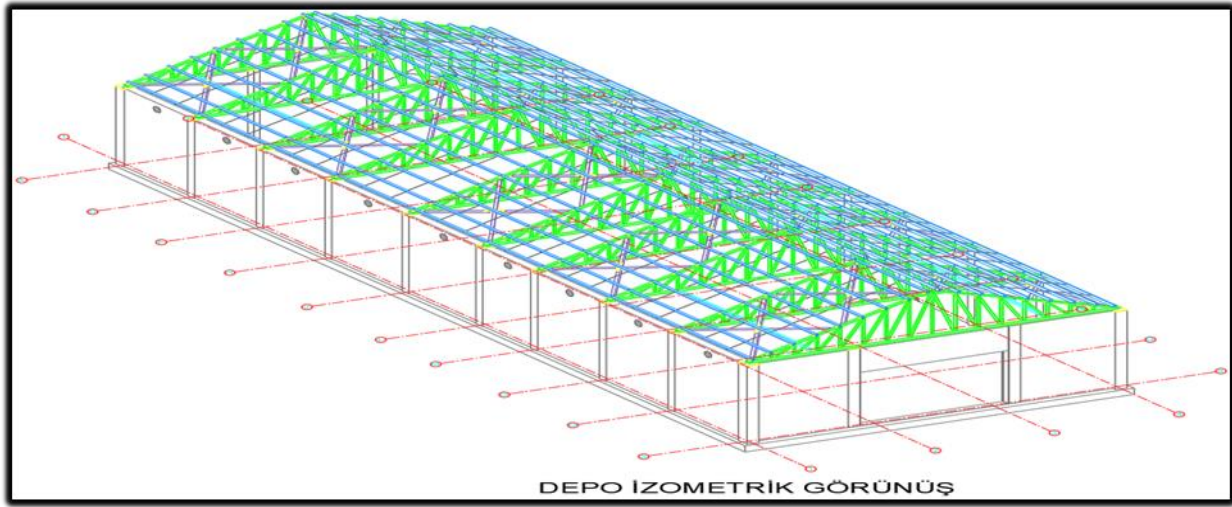
Çizelge 1. Devamı.  
Table 1. Continue.

Anket Soruları	İşletmeler					
	Taşdemir Un Değirmeni	Aydın Ticaret	Çınar Vakumlu Slaj ve Mısır Silosu	Deniz Ticaret	Kocadeniz Ticaret	Harun Kaya
Deponun bulunduğu köy (kasaba)/ ilçe	Tuzluca	Merkez	Karakoyunlu	Merkez	Merkez	Kazkoparan Köyü
Deponun statüsü nedir?	Özel kuruluş	Özel kuruluş	Özel kuruluş	Özel kuruluş	Özel kuruluş	Aile
Deponun faaliyete başladığı yıl	2010	1976	2007	2003	1999	2006
Deponun proje durumu	Projesiz	Projesiz	Projeli	Projesiz	Projesiz	Projesiz
Deponun kurulduğu alanın topoğrafik durumu	Eğimli arazi	Ova (düz alan)	Eğimli arazi	Ova (düz alan)	Ova (düz alan)	Eğimli arazi
Deponun tipi	Betonarme yatay	Betonarme yatay	Panel ve Çelik silo	Betonarme yatay	Betonarme yatay	Taş duvar
Deponun kapasitesi kaç tondur?	50 ton	100 ton	3000 ton	15 ton	35 ton	200 kg
Deponun kapasite kullanım oranı %	85	90	90	90	90	95
Depolanan ürün türleri nedir?	Buğday, Arpa	Buğday, Arpa	Mısır	Buğday, Arpa	Buğday, Arpa	Buğday, Arpa, Patates, Soğan
Depolama süresi	Süresiz	Süresiz	6ay	Süresiz	Süresiz	4ay
Depoda uygulanan havalandırma tipi	Doğal	Doğal	Mekanik	Doğal	Doğal	Doğal
Çatı eğim açısı	11°	9°	23°	-	9°	-
Çatı Tipi	Beşik Çatı	Beşik Çatı	Beşik Çatı	Beton	Beşik Çatı	Beton tavan
Çatı malzemesi	Ahşap	Ahşap	Çelik makas	Beton	Ahşap	Beton
Örtü malzemesi	Çelik sac	Çelik sac	Çelik sac	Beton	Çelik sac	Beton
Duvar malzemesi	Briket-Beton	Briket-Beton	Prefabrik-Çelik	Briket-Beton	Briket-Beton	Taş
Zemin kaplaması	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton	Beton
Depo bir kuruluş deposu ise ileriki yıllarda depoculuk faaliyetini sürdürmeyi düşünüyor mu?	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	-
Depo bir kuruluş deposu ise ileriki yıllarda depo sayısını veya kapasitesini arttırmayı düşünüyor mu?	Evet	Hayır	Evet	Evet	Evet	-
Depo bir kuruluş deposu ise çalışan personel sayısı kaçtır?	2	2	13	3	3	-
Depolama faaliyetleri neticesinde en fazla kâr kim elde etmektedir?	Depo sahibi	Depo sahibi	Depo sahibi	Depo sahibi	Depo sahibi	Depo sahibi
Depodaki ürünler kime ait?	Tamamı depo sahibinin	Tamamı depo sahibinin	Tamamı depo sahibinin	Tamamı depo sahibinin	Tamamı depo sahibinin	Tamamı depo sahibinin



Şekil 2. Buğday deposuna ait boyutsal veriler.

Figure 2. Dimensional data of the wheat warehouse.



Şekil 3. 0. Buğday deposu genel görünümü.

Figure 3. Wheat warehouse general view.

### Tasarlanan Depo Geometrisine İlişkin Yapı Bileşenleri

1. **Sütun:** Yapı bileşeninin işareti kısaltılmış olarak bu sütuna yazılır (Çizelge 2).

**Çizelge 1.** Isı kaybı hesabında yapı bileşenleri için kullanılan semboller.

Table 2. Symbols used for building components in heat loss calculation.

İşaret	İfade
TP	Tek Pencere
ÇP	Çift Pencere
ÇA	Çatı
DK	Dış Kapı
İK	İç Kapı
BK	Balkon Kapısı
BDD	Bitişik Dış Duvar
KD	Komşu Duvar
DD	Dış Duvar
İD	İç Duvar
Ta	Tavan
Dö	Döşeme

2. **Sütun:** Yapı bileşenini yönü kısaltılmış olarak bu sütuna yazılır.

Doğu	= D
Batı	= B
Kuzey	= K
Güney	= G
Kuzeydoğu	= KD
Kuzeybatı	= KB
Güneydoğu	= GD
Güneybatı	= GB

3. **Sütun:** Yapı bileşeninin kalınlığı cm olarak yazılır.

Duvar ve döşeme için yapı bileşenleri Şekil 4'te verilmiştir.

**Duvar kalınlığı;**

Dış sıva kalınlığı: 3 cm

Perde duvar kalınlığı: 32 cm

Isı yalıtımı (Extrude polistren köpük): 10 cm

İç sıva kalınlığı: 3 cm olmak üzere bütün yönlerdeki duvar kalınlığı 48 cm' dir.

**Döşeme kalınlığı;**

Grobeton: 10 cm

Tesviye betonu: 3 cm

Astar bitümü: 2 cm

İki kat su yalıtımı membranı: 4 cm

Tesviyeli koruma betonu: 5 cm

Radye temel: 40 cm

Extrude polistren set köpük levha: 4 cm

Polivinil örtü: 1 cm

Grobeton: 5 cm

Poliüretan esaslı malzeme: 0.5 cm

Tesviye betonu: 3 cm olmak üzere toplam döşeme kalınlığı 77.5 cm' dir.,

**Çatı kalınlığı;**

Çatıda kullanılacak malzeme 6 cm kalınlığında poliüretan sandviç panel olarak seçilmiştir.

**Kapı kalınlığı;**

Kullanılacak kapı 5 cm kalınlığında seçilmiştir.

**Pencere kalınlığı;**

Pencere kalınlığı 0.3 cm' dir.

4. **Sütun:** Hesabı yapılan yöndeki yapı bileşeninin uzunluğu "m" olarak yazılır.

Sütunlar hesaplanırken ilk dokuz sütun için yapılan hesaplamalarda ölçü değerleri Şekil 5 - 7' den alınmıştır.

Burada,

DD, D: 36.80 m

DK, G: 5.00 m

ÇA, G: 12.40 m

DD, B: 36.80 m

TP, D: 0.40 m

ÇA, K: 12.40 m

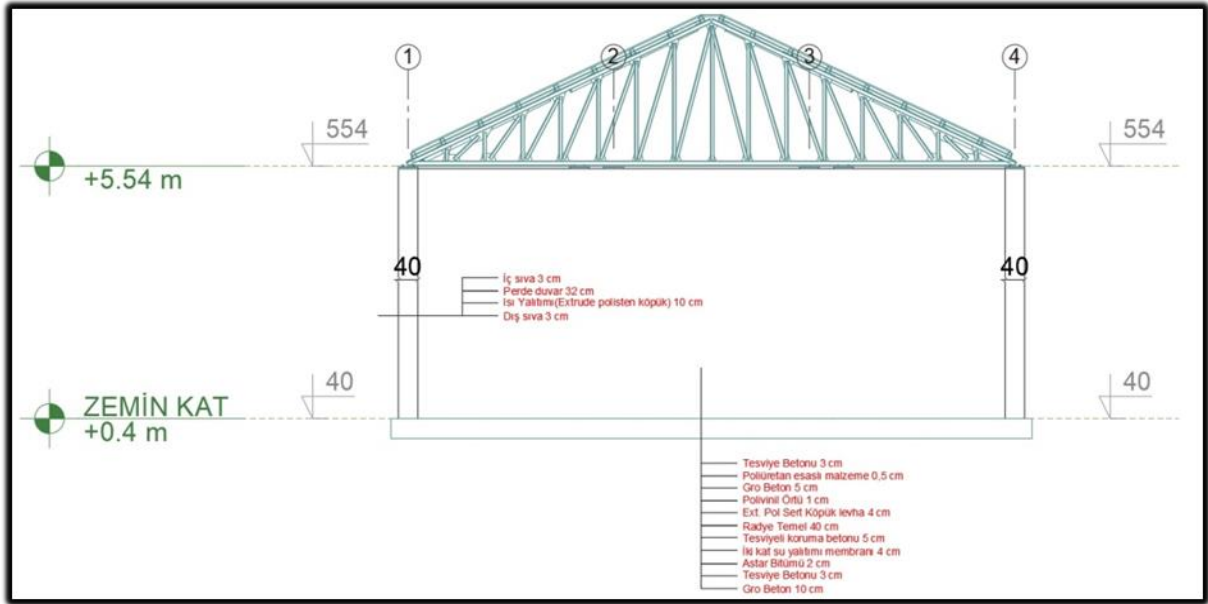
DD, K: 12.80 m

Dö: 13.10 m

ÇA: 36.25 m

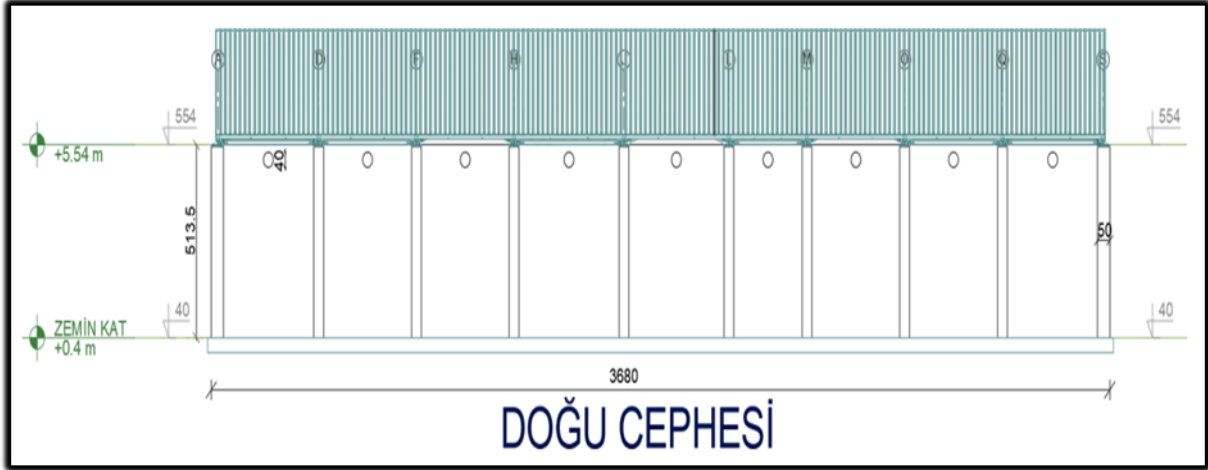
DD, G: 12.80 m

olarak alınmıştır.



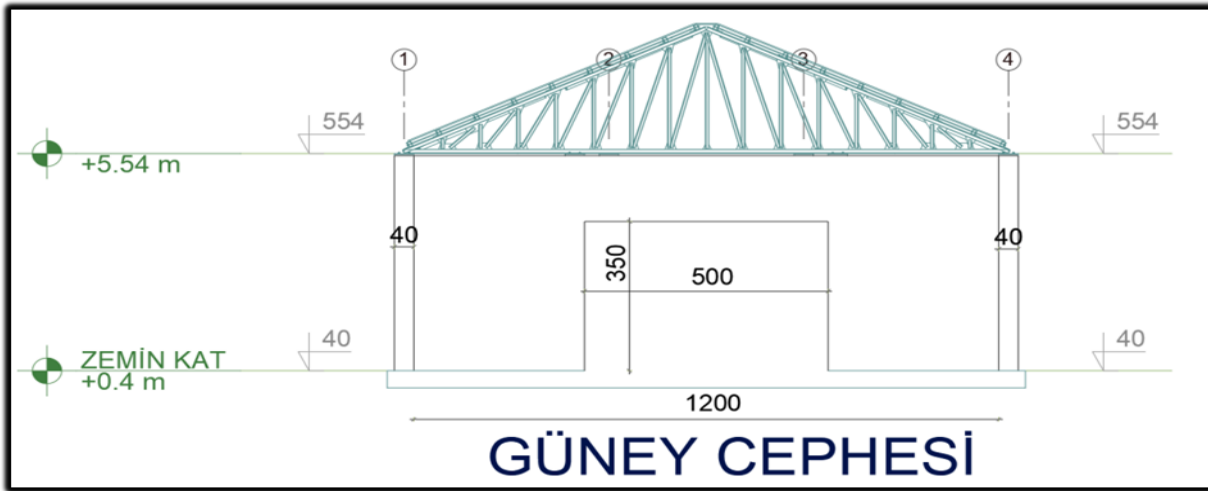
Şekil 4. Duvar ve döşeme için kullanılan yapı elemanlarının gösterimi.

Figure 4. Representation of building elements used for walls and floors.



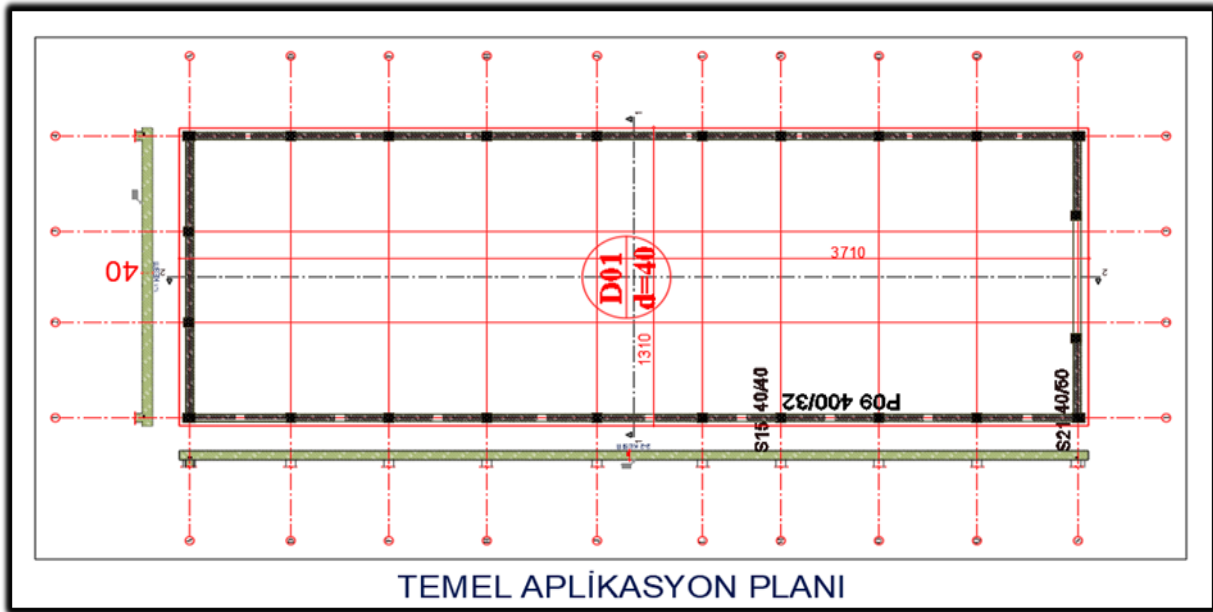
Şekil 5. Doğu cephesi görünümü.

Figure 5. East side view.



Şekil 6. Güney cephesi görünümü.

Figure 6. South side view.



Şekil 7. Temel aplikasyon planı.

Figure 7. Basic application plan.

5. **Sütun:** Hesabı yapılan yöndeki yapı bileşeninin “m” olarak yüksekliği veya genişliği yazılır. Depoya ait ölçüler Şekil 5-7’ den alınmıştır.

Burada;

DD, D: 5.135 m	DK, G: 3.50 m	ÇA, G: 2.89 m
DD, B: 5.135 m	TP, D: 0.40 m	ÇA, K: 2.89 m
DD, K: 5.135 m	Dö: 37.10 m	
DD, G: 5.135 m	ÇA: 12.40	olarak alınmıştır.

**Alan hesabı;**

6. **Sütun:** Toplam alanı bulabilmek için 4. ve 5. sütunlar çarpılıp bu sütuna yazılır (m<sup>2</sup>)

DD, D: 36.80 x 5.135= 188.97 m	Dö: 13.10 x 37.10= 486.01 m
DD, B: 36.80 x 5.135= 188.97 m	ÇA: 12.40 x 36,25= 449,50 m
DD, K: 12.80 x 5.135= 65.73 m	ÇA, G: 12.40 x 2.89= 17.92 m
DK, G: 12.80 x 5.135= 65.73 m	ÇA, K: 12.40 x 2.89= 17.92 m
TP, D: 0.40 x 0.40= 0.16 m	olarak hesaplanır.

7. **Sütun:** Miktar olarak tanımlanan bu sütuna 6. sütunda hesabı yapılan alandan kaç adet olduğu yazılır. Örneğin pencere gibi aynı boyuta sahip alanlarda, pencereden sadece birinin alanı 6. sütuna yazılır. Bu eşit alanlı pencerelerden kaç adet varsa değer 7. sütuna yazılır.

Burada;

DD, D: 1 adet	DK, G: 1 adet	ÇA, G: 2.89 m
DD, B: 1 adet	TP, D: 9 adet	ÇA, K: 2.89 m
DD, K: 1 adet	Dö: 1 adet	
DD, G: 1 adet	ÇA: 1 adet	olarak hesaplanır.

8. **Sütun:** Duvar alanı hesaplanırken duvardaki pencere ve kapı gibi alanlar çıkartılarak net duvar alanının bulunması amaçlanmıştır. Bir önceki satırlarda çıkarılacak alanlar yazılarak, duvar alanı hesabı yapılırken çıkarılacak alanların çıkarılması gerekir. Çıkarılan alan olarak tanınan bu sütuna bir önceki satır veya satırların 6. sütundaki değer veya toplam değer yazılır.

Burada;

DD, D duvarında bulunan yarıçapı 20 cm olan 9 adet dairesel pencerenin yüzey alanı hesaplanacaktır. Yüzey alanı aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$A = \pi r^2 \Rightarrow 1.13 \text{ m}^2 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

DD, G duvarında bulunan giriş kapısı alanı hesaplanacaktır. Giriş kapısı alanı aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$A = a \times b \Rightarrow 3.50 \times 5.00 = 17.50 \text{ m}^2 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Burada;

a: kısa kenar (m)

b: uzun kenar (m)

Dö, depo temeline yerleştirilen 8 adet hijyenik gofrajlı havalandırma kanalının yüzey alanı aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$A = axb + bxc \Rightarrow 0.1 \times 0.25 + 0.25 \times 12.6 = 3.175 \times 8 = 25.4 \text{ m}^2 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

Burada;

a: kısa kenar (m)

b: uzun kenar (m)

c: havalandırma kanalının boyu (m)

**9. Sütun:** 6. sütunda yazılan toplam alandan 8. sütunda yazılan alan çıkarılır. Hesaba girecek net duvar alanı bu sütuna yazılır.

DD, D:	$188.97 - 1.13 = 187.84 \text{ m}^2$	Dö:	$486.01 - 25.40 = 460.61 \text{ m}^2$
DD, B:	$188.97 - 0.00 = 188.97 \text{ m}^2$	ÇA:	$449.50 - 0.00 = 449.50 \text{ m}^2$
DD, K:	$65.73 - 0.00 = 65.73 \text{ m}^2$	ÇA, G:	$17.92 - 0.00 = 17.92 \text{ m}^2$
DK, G:	$65.73 - 17.50 = 48.23 \text{ m}^2$	ÇA, K:	$17.92 - 0.00 = 17.92 \text{ m}^2$
TP, D:	$0.16 - 0.00 = 0.16 \text{ m}^2$		olarak hesaplanır.

### Yapı Elamanlarının Materyal Boyut Seçimi ve Geometri Kontrolü

Bu bölümde betonarme yatay buğday deposu için materyal seçimi, yapı elamanlarının boyutlandırılması ve yönetmeliklere uygun geometri kontrolünün yapılması açıklanmıştır.

#### 1. Materyal seçimi

Buğday deposu için statik materyal olarak C30 beton ve S420 çeliği ve çelik çatı makası için S235 çeliği kullanılmıştır. S235 çeliğinin akma dayanımı 2353596 MPa, kopma dayanımı 37000 tf m<sup>-2</sup>, elastisite modülü 21000000 tf m<sup>-2</sup>, poisson oranı 0.3, birim hacim ağırlığı 7.849 tf m<sup>-2</sup> olarak alınmıştır.

#### 2. Program analiz ayarları

##### • Genel ayarlar

Genel ayarlar sekmesinde deprem yönetmeliği TBDY 2018, deprem yükü hesaplama yöntemi olarak Mod Birleştirme Yöntemi ve rijit diyafram olarak Tam rijit diyafram (matematiksel rijit diyafram model) seçilmiştir.

##### • TBDY 2018 seçenekleri

Bina kullanım sınıfı, bina önem katsayısı, bina taşıyıcı sistemi, süneklilik düzeyi, deprem hareket düzeyi, eksantriste oranı ve taşıyıcı sistem davranış katsayısı gibi TBDY seçenekleri bu sekmede seçilmiştir.

##### • TBDY 2018 tasarım spektrumu

Bu sekmede buğday deposunun inşa edileceği zemin sınıfı, konumu ve spektrum değerleri seçilmiştir.



- **Aşamalı inşaat hesabı**  
Aşamalı inşaat hesabı sekmesinde programın belirlemiş olduğu değerler dışında herhangi bir değişiklik yapılmamıştır.
- **Isı yükleri**  
Bu sekmede tüm yapı için tek ısı farkı dikkate alınmıştır.
- **Rüzgâr yükü**  
Rüzgâr yükü, bu sekmede yapı tipi seçildikten sonra program tarafından TS 498' e göre hesaplanmıştır.
- **Temel ve Zemin**  
Bu sekmede bina ve bina türü yapılar için parsel bazında düzenlenecek zemin ve temel etüdü (geoteknik) değerlendirme raporuna göre zemin birim ağırlığı, yatak katsayısı, zemin taşıma gücü değerleri programa aktarılmıştır.
- **Yük ve Güvenlik**  
Bu sekmede hesaplanmış hareketli ve sabit yük değerleri programa aktarılmıştır.
- **Güçlendirme**  
Burada yapıyla ilgili analiz tipi, yapının bilgi düzeyi, deprem aşılma olasılığı, hedeflenen performans düzeyi, analiz kapsamı ve etkin rijitlik hesaplama yöntemi gibi seçenekler işaretlenmiştir.
- **Diğer**  
Analiz ayarları diğer sekmesinde rapor alırken projede yönetmeliklere göre uygunluk kontrolü yap, analiz seçenekleri ve çevresel etki sınıfı gibi seçenekler belirlenmiştir.

### 3. Yapı elamanları boyut seçimi

- **Temel boyutunun seçilmesi**  
Temel zemin yüzeyinden itibaren 40 cm olarak seçilmiştir.
- **Kolon boyutunun seçilmesi**  
Aşağıda verilen şekilde kolon ayarlarına ait genel ayarlar sekmesinde kolon boyutlandırılması yapılmıştır.
- **Perde duvar boyutunun seçilmesi**  
Perde duvar boyutlandırılırken minimum perde duvar kalınlığı kat yüksekliğinin 1/16' sından az olamaz (TBDY 2018, 2018). Bu nedenle perde kalınlığı 32 cm seçilmiştir.
- **Çelik konstrüksiyon elamanlarının seçilmesi**  
Çelik çatı elamanları Amerikan AISC 360-10 (LRFD) yönetmeliğine göre yeterli olacak minimum kesitler seçilmiştir.

#### *Buğday Deposuna Etkiyen Yüklerin Programa Aktarılması*

İdeCAD® Statik IDS v10 programında projelendirilen buğday deposuna etkiyen buğday yükü ve kar yükü daha önceki bölümlerde hesaplanmıştır. Bu bölümde programa harici veri girişi yapılması gereken yükler buğdayın yanal ve temele yapacağı düşey yükü ile birlikte deponun çatısına etkiyen kar yükü değerleri olacaktır. Diğer bütün yükler ve yük kombinasyonları program tarafından hesaplanarak yapıya etki ettirilecektir.

- **Buğday yükü**

Yapı elamanlarından perde ve kolonlara etkiyen yükleme tipi, parametreleri ve görselleri Şekil 8 - 11' de verilmiştir.

Kolon Ayarları

Genel Ayarlar

Yazılar

Statik/Betonarme

TBDY 2018

Isı Parametreleri

Rijitlik Azaltılması

Performans Analizi

Mantolama

Yapı Bileşenleri

Genel :

Kolon adı : S01

Grup adı :

Aktif tarama :

Renk : 12

Daire kolon nokta sayısı : 25

Çizgi tipi :

Büyüme sınırları :

Sıva :

Kalınlık : 3 cm

Renk : 119

Çizgi tipi :

Poligon Kolon

Boyutlar :

Genişlik : 40 cm

Yükseklik : 50 cm

Kağıklık X : 20 cm

Kağıklık Y : 27.5 cm

Üst Kot : -5 cm

Kot : 0 cm

Eğiklik : 0 cm

Materyal :

Tek materyal

Yüzey grubu : 1

Yüzey grubu : 2

Yüzey grubu : 3

Yüzey grubu : 4

Yüzey grubu : 5

Yüzey grubu : 6

Sık kullanılanlar...

Tamam İptal

Şekil 8. Kolon ayarları sekmesi görünümü.

Figure 8. Column settings tab view.

Perde Yatay Yük

Yük tipi :

Yük parametreleri :

Değer 1 : 2.46 [tf/m<sup>2</sup>]

Değer 2 : 0 [tf/m<sup>2</sup>]

Alt mesafe (L1) : 0 [m]

Üst mesafe (L2) : 0.5 [m]

Açıklama : Buğday Yükü

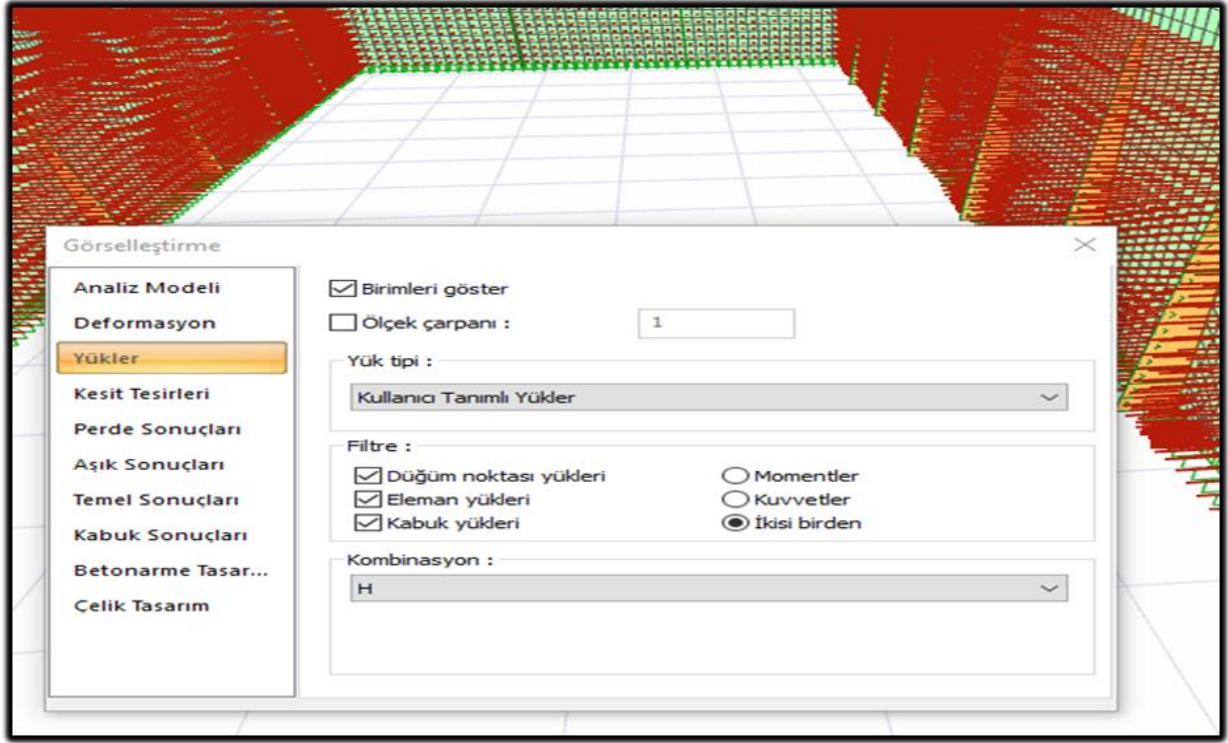
Yükleme durumu : H

Tamam

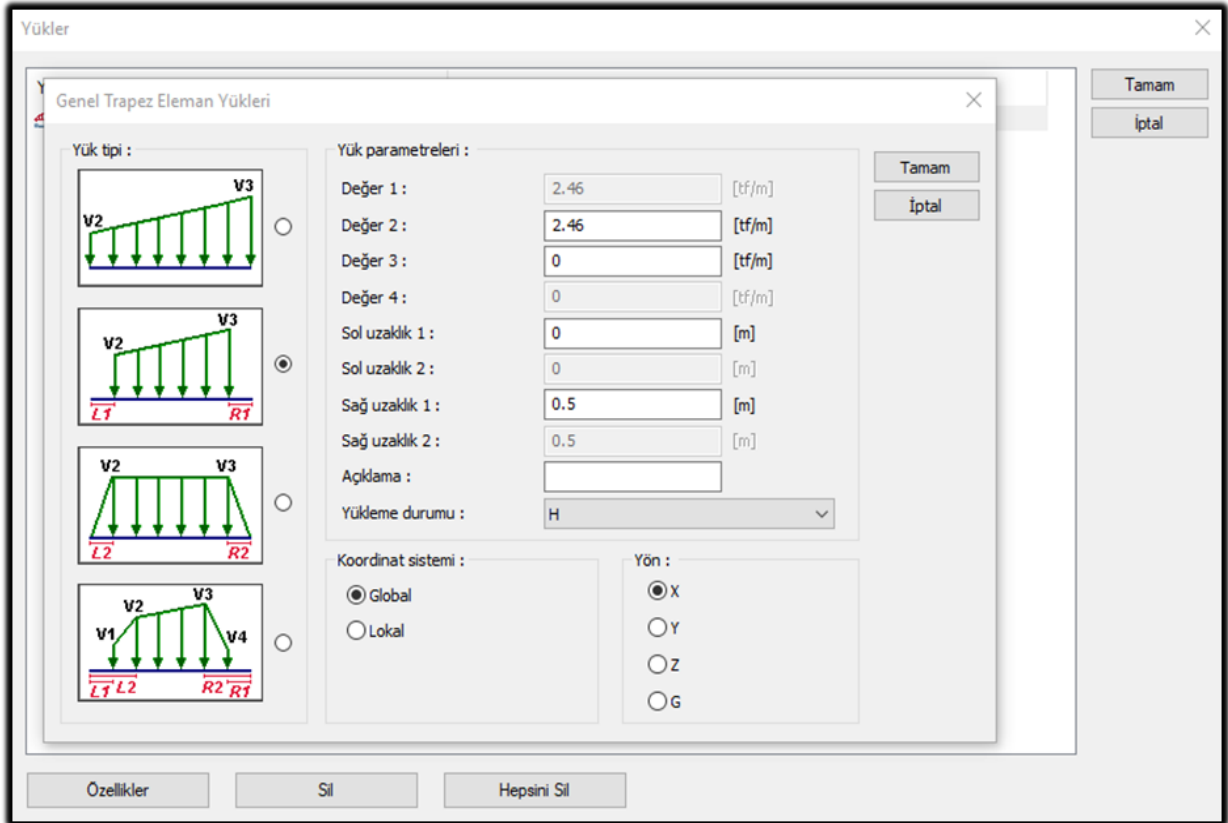
İptal

Şekil 9. Paneller için yanıl yük ekranı.

Figure 9. Lateral load screen for panels.



Şekil 10. Paneller ve kolonlar için yatay yük görseli.  
Figure 10. Horizontal load image for panels and columns.



Şekil 11. Kolonlar için yanıl yük ekranı.  
Figure 11. Lateral load screen for columns.

Buğdayın temele etkileyen yükü döşeme ayarları genel ayarlar sekmesinde aşağıdaki gibi gösterilmiştir (Şekil 12).

Şekil 12. Döşeme ayarları genel ayarlar sekmesi görünümü.

Figure 12. Flooring settings general settings tab view.

#### • Kar yükü

Kar yükü ( $P_k$ ) hesaplamalarında alınacak yük değeri, kar yağışı artış koşullarına göre farklılıklar göstermektedir. Kar yükü mühendislik hesaplamalarında hareketli yük sınıfına girmektedir. Bunun bağlı olduğu faktörler coğrafik ve meteorolojik şartlardır (Kar yağmayan yerlerde kar yükü hesap değeri sıfır olarak kabul edilmektedir). 30°'ye kadar eğimli çatılarda kar yükü hesap değeri ( $P_k$ ), kar yükü ( $P_{k0}$ ) değerine eşit kabul edilmekte ve çatı alanının plandaki düzgün yayılı yükü olarak dikkate alınmaktadır.

$$P_k = P_{k0} \times m_a$$

$$m_a = 1 - \frac{\alpha - 30^\circ}{40^\circ}$$

Buğday deposunun çatı örtü malzemesi hesaplamalarda oluklu sac olarak kabul edildiğinden çatı eğimi 18-33° arasında değişecektir. Bu nedenle hesaplamalarda çatı eğim açısı 25° ve çatı eğim açısına bağlı olarak  $m_a$  değeri 1.0 olarak alınmıştır.

Kar yükü ( $P_{k0}$ ) değeri, kar yağış yüksekliğine göre düzenlenmiş harita ve Çizelgelerden alınmıştır. Iğdır ili kar yağış yüksekliği haritasında II. Bölgede yer almaktadır. Ayrıca Iğdır ili ortalama rakımı 800 ile 900 m arasında değişmektedir (Anonim, 2019a).

Dolayısıyla ( $P_{k0}$ ) değeri, 0.85 kN m<sup>-2</sup> olarak seçilmiştir.

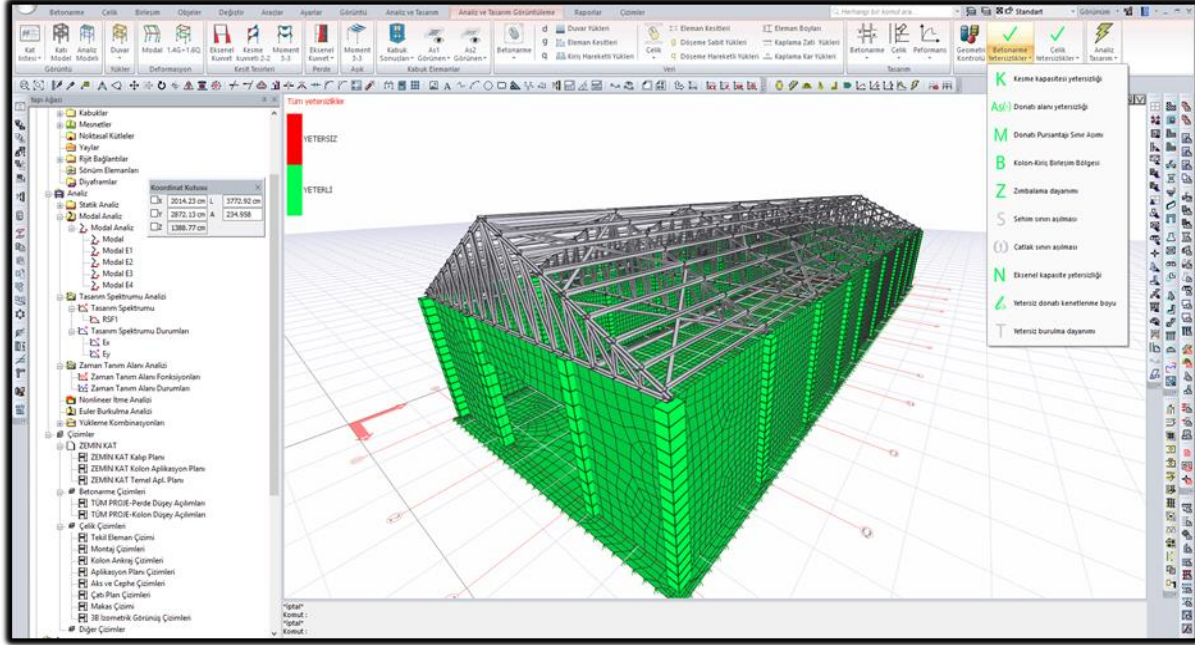
Buradan ( $P_k$ ) değeri;

$$P_k = P_{k0} \times m_a$$

$P_k = 0.85 \times 1 = 0.85 \text{ kN m}^{-2}$  olarak hesaplanmıştır. Kaplama ayarları statik sekmesine yukarıda hesaplanan kar yükü hesap değeri girilmiştir.

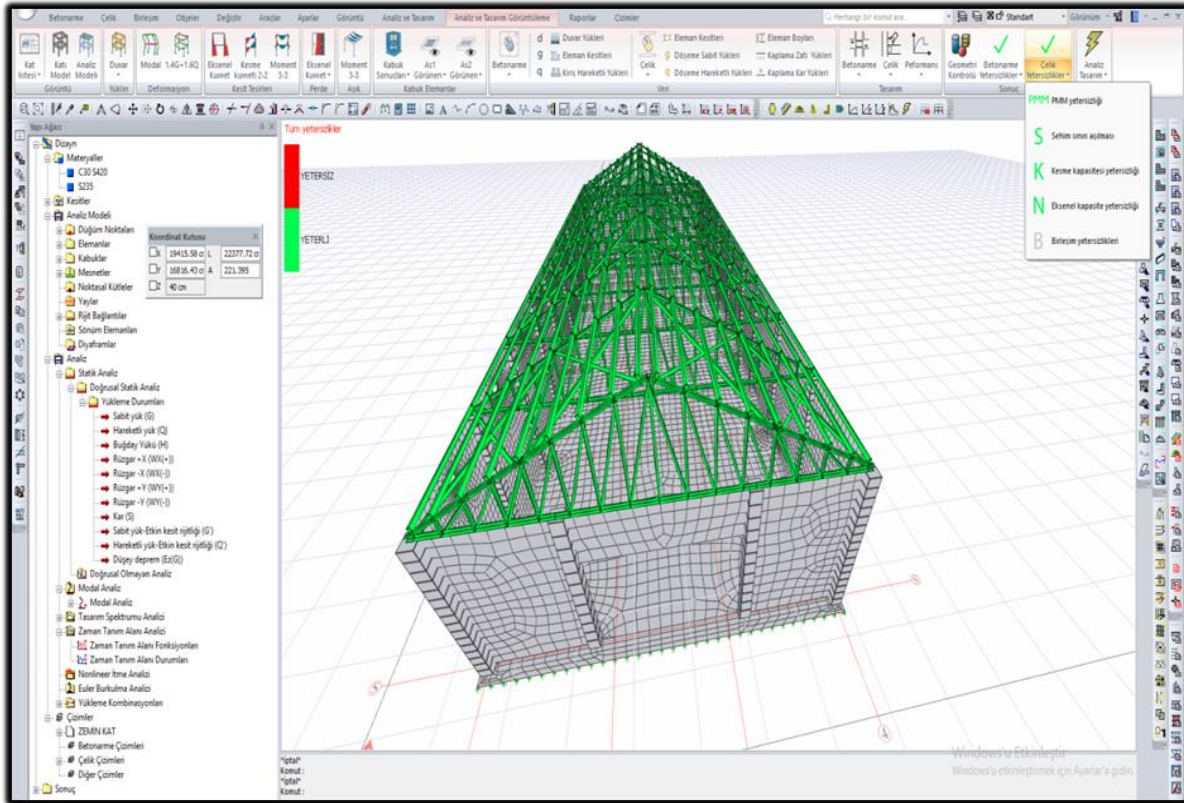
### Buğday Deposu Analiz Sonucu Kesitlerin Yeterlilik Durumu

Program tarafından yapılan analiz sonucunda betonarme ve çelik yapı elamanları için tüm yetersizlikleri gösteren ekran görüntüleri Şekil 13 ve 14' te verilmiştir. Burada kırmızı renk yetersizlik ve yeşil renk kesitlerin yeterli olduğunu göstermektedir. Ayrıca çatıya ilişkin çatı makas sistemi Şekil 15' te verilmiştir.



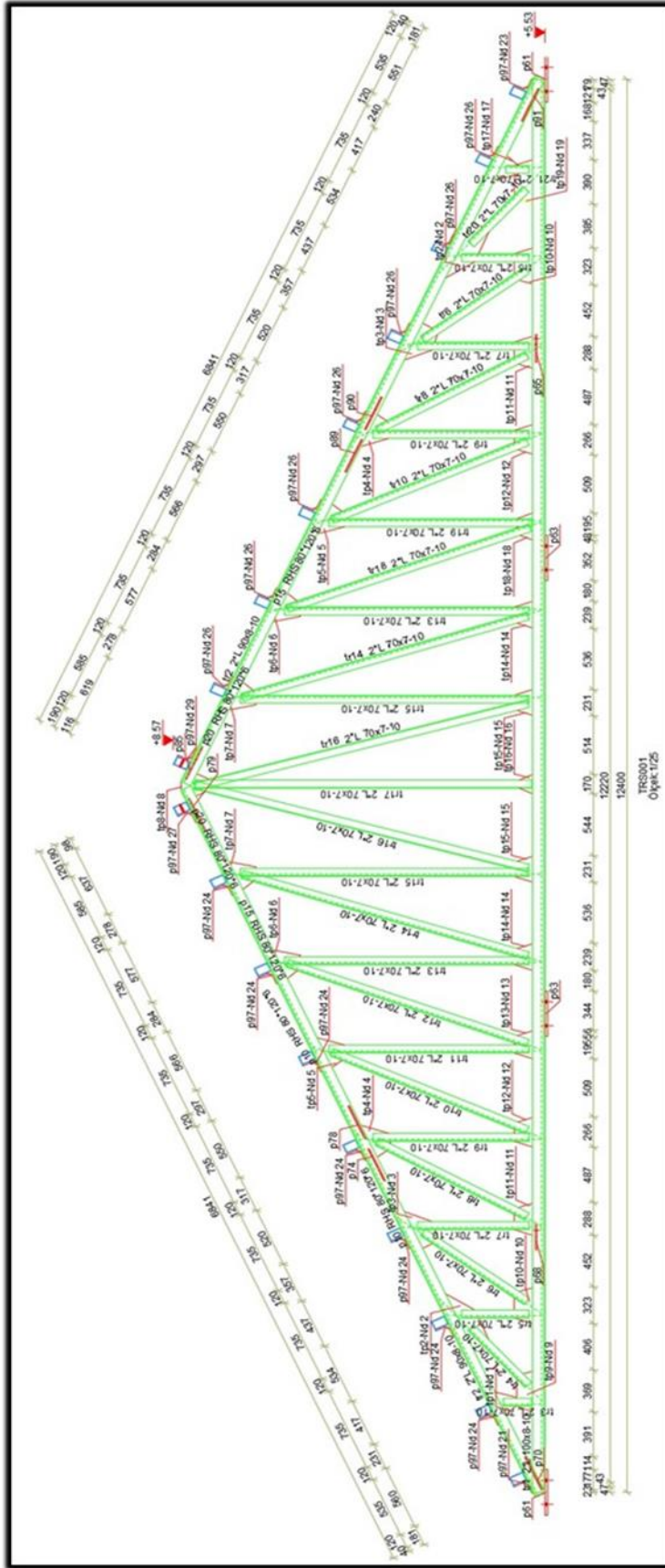
Şekil 13. Betonarme tüm yetersizlikler ekran görüntüsü.

Figure 13. Reinforced concrete all deficiencies screen view.



Şekil 14. Çelik tüm yetersizlikler ekran görüntüsü.

Figure 14. Steel all deficiencies screen view.



Şekil 15. Depo çelik makas çizimi.

Figure 15. Warehouse steel truss drawing.

## SONUÇ

Bu çalışmada, Iğdır ili, ilçe ve köylerindeki bitkisel ürün depoları ile ilgili anket çalışması yapılarak mevcut durumları araştırılmıştır. Anket sonuçlarına bağlı olarak mevcut durumda yapılmış olan depoların eksiklikleri tespit edilmiştir. Bu eksiklikler göz önünde bulundurularak buğday tahılı için 1500 ton depolama kapasitesine sahip yatay bir betonarme deponun teknik verilere uygun şekilde planlanması yapılmıştır. Anket çalışmaları sonucunda, araştırmaya alınan 12 bitkisel ürün depolarının %33.33' ü soğuk hava depoları ve %8.33' ü Toprak Mahsulleri Ofisi silolarında ürünlerin kontrollü olarak depolandığı, ancak %58.33' lük kısmı ile çoğunluğu oluşturan bitkisel ürün depolarının yıllar önce yapıldığı, projelerinin bulunmadığı tespit edilmiştir. Köylerde tespit edilen aile tipi depoların ilkel yollarla yapıldığı belirlenmiştir. Yapılan teknik incelemelerde depo yapılarının çoğunda çatı eğim açılarının (9°-19°) kullanılan çatı malzemesi (ahşap) ve bölgenin çevre koşullarına uygun olmadığı, depolanacak ürünlere yönelik sağlıklı doğal ve mekanik havalandırmanın yapılmadığı, depolara yönelik su ve ısı yalıtımının sağlanmadığı, ürün depolanmasının kısa süreli ve depo ortamının sağlıklı olmadığı belirlenmiştir. Çevre koşulları ve depolanacak ürünlerin karakteristik özelliklerine uygun yapılmayan bu depolarda depolanan bitkisel ürünlerin yeterince korunamayacağı ve ürünlerin kalitelerinin iyi bir şekilde sürdürülmesinin mümkün olamayacağı tespit edilmiştir.

1500 ton buğday tahılının depolama yapısında emniyetli ve güvenli bir şekilde depolanabilmesi ve depolama yapısının servis ömrünün uzun süreli olabilmesi için 12 m genişliğinde, 36 m uzunluğunda, 5 m duvar yüksekliğinde, çatı eğim açısı 25° ve çatı yüksekliği 2.89 olacak şekilde tasarlanmıştır. Tasarımı yapılan bu depoda perde duvar kalınlığı 32 cm olmak üzere toplam duvar kalınlığı 48 cm, 40 cm radye temel olmak üzere toplam döşeme kalınlığı 77.5 cm, çatıda 6 cm kalınlığında poliüretan sandviç panel kullanılmış olup 5 cm kalınlığında kapı (5 x 3.5 m) ve 0.3 cm kalınlığında pencereler kullanılmıştır.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

## YAZAR KATKISI

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamışlardır.

## KAYNAKLAR

- AISC 360-10. (2010). *Specification for Structural Steel Buildings*. American Institute of Steel Construction (AISC), Chicago, Illinois.
- Bala, B. K. (2017). *Drying and storage of cereal grains*. John Wiley & Sons.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2022. Countries by commodity. Document online. [http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries\\_by\\_commodity/](http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity/).
- IdeCAD. (2022). IdeCAD Statik (versiyon 10.0). İdeyapı Limited Şirketi.
- Gençoğlan, S., Besen, D., & Gençoğlan, C. (2018). Osmaniye ilindeki tahıl depolarının mevcut durumu ve yapısal özelliklerinin belirlenmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(5), 596-601. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i5.596-601.1831>
- Kıbar, H., Öztürk, T., & Murat, N. (2006). Taneli ürün depo ve silolarında ürün basıncının belirlenmesinde kullanılabilecek bir bilgisayar programının geliştirilmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(1), 76-81.
- Kıbar, H., Maman, K., Gülbe, A., & Can, Ç. (2015). Iğdır iline uygun mısır depolama yapısı ve havalandırma sistem tasarımı. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1), 37-46.
- Kıbar, H., Sönmez, F., & Temel, S. (2021a). Effect of storage conditions on nutritional quality and color characteristics of quinoa varieties. *Journal of Stored Products Research*, 91, 101761. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101761>
- Kıbar, H., Temel, S., & Yücesan, B. (2021b). Kinetic modeling and multivariate analysis on germination parameters of quinoa varieties: Effects of storage temperatures and durations. *Journal of Stored Products Research*, 94, 101880. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101880>
- Maman, K., 2019. Iğdır ilindeki bitkisel ürün depolarının mevcut durumu, geliştirme olanakları ve planlanması. [Yüksek Lisans tezi, Iğdır Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>

- Mutungi, C., Muthoni, F., Bekunda, M., Gaspar, A., Kabula, E., & Abass, A. (2019). Physical quality of maize grain harvested and stored by smallholder farmers in the Northern highlands of Tanzania: Effects of harvesting and pre-storage handling practices in two marginally contrasting agro-locations. *Journal of Stored Products Research*, 84, 101517. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.101517>
- Neme, K., & Mohammed, A. (2017). Mycotoxin occurrence in grains and the role of postharvest management as a mitigation strategies. A review. *Food Control*, 78, 412-425. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.03.012>
- Olgun, M. 2011. *Tarımsal yapılar*. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi.
- Olgun, M. 2013. *Tarımsal inşaat*. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi.
- Öztürk, T., & Kibar, H. (2006). Taneli ürünlerde ürün şev karakteristiklerine bağlı depolama yükleri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21, 132-139.
- Şişman, C. B. (2003). Tekirdağ yöresindeki ayçiçek depolarının durumu ve geliştirme olanakları. [Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- TS 498. (1997). *Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 500. (2000). *Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tutar, B. (2010). Adana ili ve ilçelerindeki yatay betonarme hububat depo yapılarının mevcut durumu, geliştirme olanakları, planlanması ve lisanslı depoculuk. [Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Tutar, B., & Alagöz, T. (2012). Adana ili ve ilçelerindeki yatay betonarme hububat depo yapılarının mevcut durumu, geliştirme olanakları, planlanması ve lisanslı depoculuk. *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(3): 1-12.
- Şişman, C. B., & Ergin, A. S. (2011). The effects of different storage buildings on wheat quality. *Journal of Applied Sciences*, 11(14), 2613-2619.
- Türkiye Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (TBYD), (2018), Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı, Ankara.
- Ziegler, V., Paraginski, R. T., & Ferreira, C. D. (2021). Grain storage systems and effects of moisture, temperature and time on grain quality-A review. *Journal of Stored Products Research*, 91, 101770. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101770>

**Kısaltmalar**

<b>a</b> .....	Deponun genişliği, m
<b>A</b> .....	Yüzey alanı, m <sup>2</sup>
<b>b</b> .....	Deponun boyu, m
<b>G</b> .....	Deponun kapasitesi, ton
<b>h</b> .....	Ürün yığın yüksekliği, m
<b>H</b> .....	Depo yan duvar yüksekliği, m
<b>m<sub>a</sub></b> .....	Çatı eğimine bağlı azaltma değeri
<b>P<sub>k</sub></b> .....	Kar yükü hesap değeri, kN m <sup>-2</sup>
<b>P<sub>ko</sub></b> .....	Kar yükü, kN m <sup>-2</sup>
<b>r</b> .....	Yarıçap, m
<b>R</b> .....	Depo hidrolik yarıçapı, m
<b>V<sub>d</sub></b> .....	Deponun hacmi, m <sup>3</sup>
<b>α</b> .....	Çatı eğimi, derece
<b>γ</b> .....	Birim hacim ağırlığı, kg m <sup>-3</sup>
<b>φ</b> .....	İçsel sürtünme açısı, derece





## Buğday Deposu Tasarımı: Havalandırma Sistem Tasarımı ve Birim Fiyat Analizi-II\*

The Design of Wheat Warehouse: Ventilation System Design and Unit Price Analysis-II

Kürşat Maman<sup>1</sup> , Hakan Kibar<sup>2</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 18.03.2022

Kabul Tarihi (Accepted): 04.05.2022

Yayın Tarihi (Published): 22.08.2022

**Öz:** Havalandırma, depolanan tahılın korunması için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu teknoloji, ürün depolama yapısının mikro iklimini değiştirmek; tahılda zararlı organizmaların gelişmesi için elverişsiz tahıl kalitesinin sürekli korunması için uygun koşullar yaratmak için kullanılır. Mevcut durumda yapılmış olan depoların eksiklikleri göz önünde bulundurularak buğday ürünü için 1500 ton depolama kapasitesine sahip yatay bir betonarme deponun teknik verilere uygun şekilde havalandırma sisteminin tasarlanması ve yaklaşık maliyetinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda emniyetli ve güvenli bir depolama için depo ortam sıcaklığının optimum durumda sağlanabilmesi için 73164.99 W'lık toplam ısı ihtiyacı belirlenmiştir. Toplam soğutma ihtiyacı ise 105157.42 W olarak hesaplanmıştır. Projelmesi yapılan buğday deposunun 2022 yılına ait birim fiyatlarına göre KDV dahil yaklaşık Mekanik sistem (havalandırma, klima santrali ve otomasyon) maliyeti 586052.90 ₺, Elektrik tesisatı yaklaşık maliyeti 195145.39 ₺, İnşaat yapı elemanları yaklaşık maliyeti 2334272.79 ₺ olmak üzere toplam yaklaşık maliyeti 3115471.08 ₺ olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Iğdır, buğday, depolama, havalandırma, yaklaşık maliyet

&

**Abstract:** Ventilation is a widely used method of preserving stored grain. This technology is used to change the microclimate of the product storage structure, to create unfavorable conditions for the development of harmful or harmful organisms in the grain, and to create favorable conditions for the constant preservation of grain quality. Considering the shortcomings of the existing warehouses, it is aimed to design the ventilation system and determine the approximate cost of a horizontal reinforced concrete warehouse with a storage capacity of 1500 tons for wheat grain in accordance with the technical data. As a result of the study, a total heat requirement of 73164.99 W was determined in order to ensure the optimum ambient temperature of the warehouse for safe and secure storage. The total cooling need is calculated as 105157.42 W. According to the unit prices of the designed wheat warehouse for 2022, the approximate cost of the Mechanical system (ventilation, air conditioning plant and automation) including VAT is 586052.90 ₺, the approximate cost of the electrical installation including VAT is 195145.39 ₺, the approximate cost of the construction elements including VAT is 2334272.79 ₺, and the total approximate cost including VAT is 3115471.08 ₺.

**Keywords:** Iğdır, wheat, storage, ventilation, approximate cost

**Atıf/Cite as:** Maman, K., & Kibar, H. (2022). Buğday Deposu Tasarımı: Havalandırma Sistem Tasarımı ve Birim Fiyat Analizi-II. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 8 (2), 302-327. DOI: 10.24180/ijaws.1089855

**İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijaws>

Copyright © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Kürşat Maman, Iğdır İl Özel İdaresi, kursat\_mn@hotmail.com

<sup>2</sup> Prof. Dr. Hakan KİBAR, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tohum Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, hakan.kibar@ibu.edu.tr (Sorumlu Yazar / Corresponding author)

\*Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinin bir bölümüdür.

## GİRİŞ

Dayanıklı tarım ürünlerinin (tahıl ve bakliyatlar) depolama sırasında korunmasını etkileyen birden fazla faktör etkili olup bu faktörler de birbiriyle ilişkilidir. İster yüksek teknolojiye yatay depolar ve silolar, ister jüt çuvallarda evde depolanmış tahıl olsun, tüm depolama koşulları ortaktır. Yapılacak depolamayı geliştirmek için etkili olan faktörlerin etkileşimlerini iyi anlamak için depolama yapısı bir ekosistem olarak kabul edilir. Ekosistemin bileşenleri: depolanmış tahıl — başlıca biyotik faktör; depolama yapısı — abiyotik faktör; sıcaklık — abiyotik dış ve iç faktör; nem — abiyotik dış ve iç faktör; depolama atmosferi — abiyotik dış ve iç faktör; havalandırma - abiyotik dış ve iç faktör; böcekler - biyotik dış ve iç faktör; mikroorganizmalar — biyotik dış ve iç faktör; yabancı madde — abiyotik iç faktördür (Calderon, 1981). Bu çalışma kapsamında depolamada etkili olan depo ekosistem bileşenlerinden havalandırma faktörü incelenmiştir.

Havalandırma, uygun kalitedeki ortam havasının veya uygun şekilde şartlandırılmış havanın, tahılın depolanabilirliğini iyileştirmek için bir tahıl yığını içerisinde cibri hareketi olarak tanımlanabilir (Calderon, 1972; 1974). Havalandırma, ortam havasını iletmek için fan gücü kullanıldığından aktif, mekanik, düşük hacimli veya zorunlu havalandırma olarak da adlandırılır.

Havalandırmanın amacı, depolanan yığın veya istif halindeki tahılın durumunu korumak, iyileştirmek ve sürdürmektir. Havalandırma, depolanan tahılın bozulmasını önleyecek yeni bir mikro iklim üretilene kadar arzu edilen veya seçilen özelliklerdeki havanın bir tahıl yığını içinde hareket ettirilmesiyle sağlanır. Havalandırma, depolama koşullarını iyileştirmeyi amaçlarsa da, genellikle tahılın kalite özelliklerini iyileştirmeyi değil, tahılda zararlı veya zararlı organizmaların gelişmesi için elverişsiz koşullar yaratmak; ve tahıl kalitesinin sürekli korunması için uygun koşullar yaratmayı hedeflemektedir (Kibar vd., 2015).

Farklı özelliklerdeki hava ile havalandırmanın depolanan tahıl üzerinde farklı etkileri olduğundan, depolama koşulları çeşitli şekillerde iyileştirilebilir. İyileştirme, havalandırma için kullanılan havanın özelliklerine ve tahılın mevcut durumuna veya özelliklerine bağlıdır. Bu nedenle, bir havalandırma sistemini çalıştırmadan önce, havalandırmanın tahıl üzerindeki etkisini anlamak önemlidir. Süreç hakkında önceden bilgi sahibi olmadan, iyileştirilmiş depolama koşullarındaki faydalar tahmin edilemez. Herhangi bir havalandırma sistemini çalıştırmanın özel hedefleri, çalıştırmadan önce net olmalıdır. Bu hedefler, havalandırmanın tahıl yığını üzerindeki etkilerine göre tahıl yığınının soğutulması, tahıl yığını boyunca sıcaklığın dengelenmesi, nemli tahılda biyolojik ısınmanın önlenmesi, sınırlı kurutma, kokuların ve fumigant kalıntılarının giderilmesi gibi tanımlanabilir (Navarro ve Noyes, 2001; Golob vd., 2008).

Havalandırmanın depolanan tahıl üzerindeki etkileri, tahıl yığınının, tahıl, mikroflora ve böceklerin biyotik bileşenler olduğu bir ekosistem olarak görülmesiyle daha iyi gösterilebilir. Önemli depolama kayıplarına genellikle uygun nem koşulları nedeniyle mikroflora neden olur ve önleyici kontrol önlemleri alınmazsa böcek istilası yıkıcı etkiye neden olabilir. Depolanan tahılın ekonomik kayıplarının %1 - %50 arasında değiştiği tahmin edilmektedir (Sinha ve Muir, 1973). Bu kayıplar, tahıl ve ortam koşullarından etkilenen ekosistem bileşenleri arasındaki etkileşimlerin bir sonucu olarak düşünülmelidir. Sistemin biyotik ve abiyotik bileşenleri arasındaki etkileşimler, her bileşenin sürekli olarak diğerlerini etkilediği dinamik bir durumdur. Bu ekosistemde havalandırmanın rolü, tahıl yığını boyunca uygun kalitede havayı hareket ettirerek tahıl yığınındaki mevcut koşulları iyileştirmek için depolanan tahılı şartlandırmaktır.

Başlangıçta düşük tekdüze nem içeriğinde yığın halinde depolanan tahılın zamanla deponun bazı yerlerinde nem içeriğinde artışlar meydana gelmesi olası bir durumdur. Bu durumda, depo duvarlarının yakınındaki tahıl ile depoyu çevreleyen ortam havası arasındaki sıcaklık farkından kaynaklanan düşük hava akışı hızının ortaya çıkmasına neden olur. Ortaya çıkan bu doğal konveksiyonlu hava akımları, deponun üst merkezindeki 0.3 ila 0.5 m kalınlığındaki tane tabakasında tahılın yoğunlaşmasına ve kabuklanmasına yol açmaktadır. Doğal taşınımın zararlı etkileri, tahıl ve hava arasındaki sıcaklık farkı en aza indirilerek önlenir. Bu, ortam havasının depolanan tahıl boyunca düşük akış hızında aralıklı olarak hareket etmesi olan havalandırma işleminin amacıdır (Navarro ve Noyes, 2001). Bir havalandırma sistemi, fan, hava besleme kanalı, haznede (veya delikli bir zeminde) bulunan havalandırma kanallarından ve bir

havalandırma kontrolöründen oluşur. Fanların manuel kontrolü emek yoğun ve hatalı olduğundan havalandırma sistemi otomatik olarak kontrol edilmelidir. Gelişmiş kontrolör sistemleri bilgisayar tabanlıdır ve ortam sıcaklığını ve bağıl nemini ölçmektedir. Daha az karmaşık kontrolör sistemleri, fan çalıştırma kararlarını yalnızca hava ve tahıl sıcaklıklarına veya yalnızca ortam havasının bağıl nemine dayandırarak yapmaktadır (Moriera ve Bakker-Arkema, 1992; Driscoll, R. 1996; Montross vd., 1999).

Türkiye'nin farklı bölgelerinde depolama yapılarının koşulları, mevcut durumları ve sorunlarının çözümüne yönelik çalışmalar yapılmıştır (Şişman, 2003; Tutar, 2010; Kibar, 2011; Kibar ve ark., 2015, Gençoğlu vd., 2018). Bu çalışmalarda anket çalışmaları yapılarak ildeki depolama yapılarının mevcut durumu ortaya konulmuş, tespit edilen sorunlara yönelik olarak yörenin ilişkin iklim koşulları dikkate alınarak projeler geliştirilmiş ve çözümler üretilmeye çalışılmıştır. Ancak üretim miktarlarının artması ile depolama ihtiyaçları da artış göstermektedir. Bu nedenle zaman içerisinde ortaya çıkabilecek değişimlerin takip edilebilmesi ve ülkenin gıda arz güvenliğinin sağlanabilmesi için geleceğe yönelik planlamaların yapılması gerekmektedir. Yapılacak çalışma ile depolanan ürünlerde ortaya çıkabilecek olası kalite kayıpları da en aza indirilerek yıl boyunca piyasaya ürün arzı sağlanabilecektir.

Bu çalışmanın amacı, Iğdır ilinde yapılacak depolarda, ürünlerin sağlıklı şekilde korunarak kaliteli ve sağlıklı bir ürün devamlılığı için ikinci bölüm olarak iklim koşullarına uygun 1500 ton depolama kapasitesine sahip betonarme yatay bir depolama yapısının havalandırma sisteminin projelendirilmesi ve yaklaşık maliyetinin belirlenmesidir.

## MATERYAL VE METOT

Doğu Anadolu Bölgesinin en doğusunda Erzurum-Kars bölümünde bulunan Iğdır ili 39° 38' - 44° 03' kuzey enlemleri ile 44° 49' - 45° 31' doğu boylamları arasında yer almaktadır. İlin yüzölçümü 3588 km<sup>2</sup>'dir. Kuzey ve kuzeydoğu sınırını Aras nehri ve bu nehrin yatağı boyunca geçen Ermenistan sınırı teşkil etmektedir. Iğdır ili çevresindeki yüksek alanlardan tamamen farklı olarak yarı kurak ve karasal bir iklime sahiptir. Bu farklılıklar sıcaklığın yüksek ve yağışların az oluşundan kaynaklanmaktadır. Aralık, Ocak ve Şubat aylarının sıcaklık ortalamasının fazla düşük olmaması nedeniyle kış mevsimi diğer Doğu Anadolu Bölgesi illerine göre fazla soğuk geçmemektedir. Bölgenin en önemli bitkisel üretim alanlarından biri olan Iğdır ovasının mikroklima özelliğinden dolayı turuncgiller hariç hemen hemen tüm tarla ve bahçe bitkileri ürünleri yetiştirilebilmektedir.

Çalışmada Iğdır ili ekolojisine uygun yaklaşık 1500 ton depolama kapasitesine sahip 12 m genişliğinde 36 m uzunluğunda ve 5 m yüksekliğe sahip betonarme yatay deponun ısı kaybı, havalandırma sisteminin tasarımı ve 2022 birim fiyatlarına göre yaklaşık maliyeti hesaplanmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Isı Kaybının Hesaplanması

#### Isı Geçirme Katsayısının Hesaplanması

Bitkisel ürün deposu yapı elemanlarının ısı geçirme katsayıları hesaplamalarında TS 825 (2008) binalarda ısı yalıtım kuralları standardı çizelge değerleri kullanılmıştır.

#### • İklimsel veriler

##### a) Dış Ortam

Iğdır iline ait dış ortam sıcaklık değerleri TS 2164 (1983)' e göre  $T_d = -18$  °C olarak alınmıştır.

##### b) İç Ortam

Bitkisel ürün deposunda depolanacak buğday ürününe ait ideal iç ortam sıcaklığı  $T_i = 5$  °C olarak kabul edilmiştir.

Depolama yapısına ilişkin ısı kaybı aşağıda belirtilen eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{L_1}{\lambda_1} + \frac{L_2}{\lambda_2} + \frac{L_3}{\lambda_3} + \frac{L_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_d}}$$

Denkleimde  $\frac{1}{\alpha_i} = \frac{1}{7.7}$  ;  $\frac{1}{\alpha_d} = \frac{1}{25}$  olarak alınmıştır.

### 1. Dış duvar ısı kaybı katsayısı:

Perde beton	L = 32 cm,	$\lambda = 2.5 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
Isı yalıtımı (Extrude polistren köpük)	L = 10 cm,	$\lambda = 0.03 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
Dış sıva	L = 3 cm,	$\lambda = 1.6 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
İç sıva	L = 3 cm,	$\lambda = 1.6 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
U	0.27 $\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}$	

### 2. Kapı:

Metal kapı	L = 5 cm,	$\lambda = 4 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
U	5.48 $\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}$	

### 3. Pencere:

Metal pencere	L = 0.03 cm,	$\lambda = 4 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
U	5.63 $\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}$	

### 4. Çatı:

Poliüretan dolgulu sandviç panel	L = 6 cm,	$\lambda = 2.92 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
U	5.25 $\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}$	

### 5. Temel ısı kaybı katsayısı:

$T_d = -18 \text{ }^\circ\text{C}$  dış ortam sıcaklığına göre döşeme altı toprak sıcaklığı  $+3 \text{ }^\circ\text{C}$ ' dir (TS 825, 2008).

Grobeton	L = 10 cm,	$\lambda = 1.65 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
Tesviye betonu	L = 3 cm,	$\lambda = 0.70 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
Astar bitümü	L = 2 cm,	$\lambda = 0.19 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
İki kat su yalıtımı membranı	L = 4 cm,	$\lambda = 0.19 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
Tesviyeli koruma betonu	L = 5 cm,	$\lambda = 1.65 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
Temel	L = 40 cm,	$\lambda = 2.50 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
Ext. Pol Sert Köpük levha(XPS)	L = 4 cm,	$\lambda = 0.03 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
Polivinil örtü	L = 1cm,	$\lambda = 0.23 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
Grobeton	L = 5 cm,	$\lambda = 1.65 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
Tesviye betonu	L = 3 cm,	$\lambda = 0.7 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
Poliüretan esaslı malzeme (PU)	L = 0.5 cm,	$\lambda = 0.23 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$
U	0.44 $\text{W m}^{-2}\text{K}^{-1}$	

### Mekanik Havalandırma Sisteminin Hesaplanması

#### Havalandırma Kanal Sayısı ve Aralığı

$$\text{Kanal sayısı} = \frac{\text{Depo uzunluğu (m)}}{\text{Tahıl derinliği (m)}} = \frac{36}{4.5} = 8$$

buradan 8 adet havalandırma kanalı seçilmiştir.

$$\text{Kanal aralığı (m)} = \text{Tahıl derinliği (m)} = \frac{\text{Depo uzunluğu (m)}}{\text{Kanal sayısı}} = \frac{36}{8} = 4.5 \text{ m}$$

$$\text{Kenar duvardan kanal duvarına mesafe (m)} = \frac{\text{Kanal aralığı (m)}}{2} = \frac{4.5}{2}$$

Kenar duvardan kanal duvarına olan mesafe =  $4.5/2 = 2.25 \text{ m}$  olarak hesaplanmıştır.

**Hava Akımı Oranı**

Yatay depolarda 6-12 (m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>) ton<sup>-1</sup> luk hava akımı oranı kullanılır. Daha fazla hava akımı oranları tahılı hızlı soğutacağından ekonomik olmadığı belirtilmiştir (Navarro ve Noyes, 2001).

**Statik Basınç Gereksinimlerinin Hesaplanması**

Hava akımı oranı 3-6 (m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>) ton<sup>-1</sup> ve 4.5 m yüksekliğindeki buğday tahılı için statik basınç 250-300 Pa olarak alınmıştır (Navarro ve Noyes, 2001).

**Kanallardaki Hava Hızlarının Hesaplanması**

Havalandırma kanalındaki sürtünme kaybını en aza indirmek için kanalın çapıyla hava hızı arasında bir ilişki sağlanmalıdır. Havalandırma kanalında en yüksek hızın 600 m min<sup>-1</sup> veya bu eşik değerin altında olması gerektiği Navarro ve Noyes, (2001) tarafından bildirilmiştir.

**Hava Girişi ve Çıkışının Hesaplanması**

Burada depo genişliği kolon aksından itibaren dıştan dışa ölçülmüştür. Depo net genişliği 1200 cm olduğuna göre;

$$\begin{aligned} \text{Kafa boşluğu} &= a \times b \times (H - h) + b \times \frac{a \times h_{\text{çatı}}}{2} \\ &= 12 \times 36 \times 0.5 + 36 \times 6 \times 2.89 = 216 + 645 = 861 \text{ m}^3 \text{ olarak hesaplanmıştır.} \end{aligned}$$

861 x 6 = 5166 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> ve 861 x 8 = 6888 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> (86.1 - 114.8 m<sup>3</sup> min<sup>-1</sup>) dağıtabilen uç duvar çıkış fanları kullanılmalıdır.

**Havalandırılacak Tahıl Miktarının Hesaplanması**

Buğday deposunda depolanacak ürünün yığın yüksekliği 4.5 m olduğuna göre;

Depolanacak buğday hacmi  $V_d = 4.5 \times 12 \times 36 = 1944 \text{ m}^3$  dür.

**Kanal Kesit Alanını Hesaplanması**

İhtiyaç duyulan toplam hava akımı = 1500 ton x 3 (m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>) ton<sup>-1</sup> = 4500 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> = 75 m<sup>3</sup> min<sup>-1</sup>

İhtiyaç duyulan toplam hava akımı = 1500 ton x 6 (m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>) ton<sup>-1</sup> = 9000 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> = 150 m<sup>3</sup> min<sup>-1</sup>

Ortalama İhtiyaç duyulan toplam hava akımı = 112.5 m<sup>3</sup> min<sup>-1</sup>

Depoda 8 kanal kullanılacağından kanal başına 112.5/8=14.06 m<sup>3</sup> min<sup>-1</sup> hava akımı düşer.

$$A \text{ (m}^2\text{)} = \frac{Q \text{ (m}^3\text{/min)}}{V \text{ (m/min)}} = \frac{14.06}{600} = 0.0234 \text{ m}^2 = 234 \text{ cm}^2$$

Yarım daire kanalların kullanılması durumunda, tam daire alanı 234 x 2= 468 cm<sup>2</sup> olur. Tam daire alanı  $A = \pi r^2$  olduğundan;

$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{468}{3.14}} = 12.205 \text{ cm}$  bulunur. Buna en yakın kesit alanı piyasada satışı yapılan 250 cm<sup>2</sup> hijyenik dikdörtgen kesitli kanallar seçilmiştir.

**Fan Gücü Gereksiniminin Hesaplanması**

Şekil 1' de buğday için hava akım oranı 3 (m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>) ton<sup>-1</sup> ve yığın yüksekliği 4.5 m olduğunda 100 ton başına 0.05 kW bulunur. 1500 ton için 0.75 kW veya 750 W.

6 (m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>) ton<sup>-1</sup> hava akım oranı ve 4.5 m yığın yüksekliği için 100 ton başına 0.1 kW bulunur. 1500 ton için 1.5 kW veya 1500 W.

Seçilecek fanların toplam gücü 750-1500 W arasında olmalıdır.

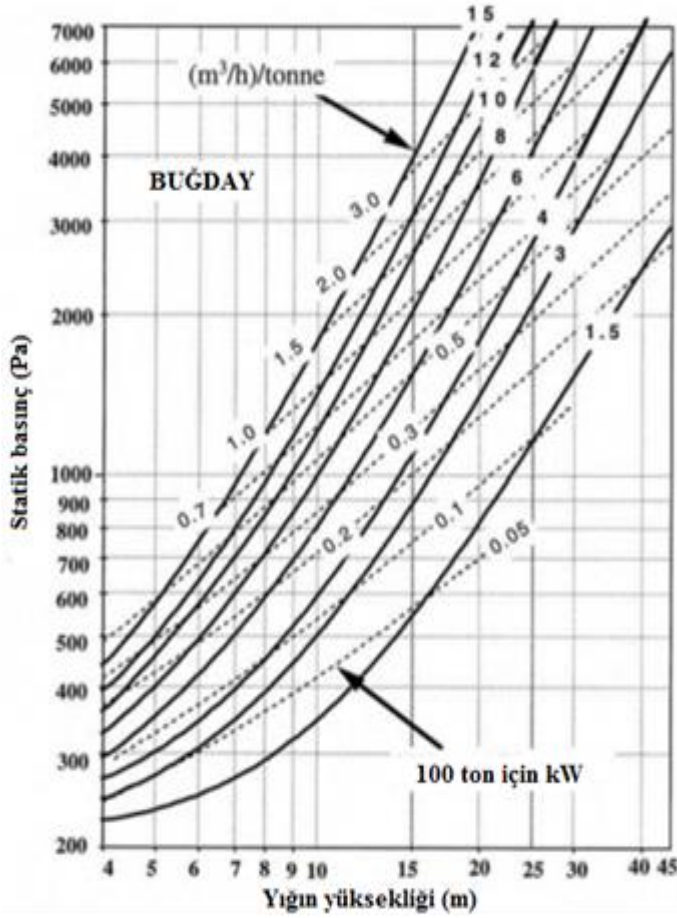
Formüllerden kafa boşluğundaki havayı atmak için

Hava hacmi = 5166 - 6888 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>  $\approx$  1.43 - 1.9 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>

Basınç = 250 - 300 Pa

Fan gücü için hesaplamalarda %50 statik etkinlikli bir fan kabul edilirse Fan Statik etkinliği = 0.5 olarak alınmıştır (Navarro ve Calderon, 1982).

$$\text{Fan gücü (W)} = \frac{\text{Hava Hacmi (m}^3 \text{ s}^{-1}) \times \text{basınç (Pa)}}{\text{Fan statik etkinliği}} = \frac{1.9 \times 300}{0.5} = 1140 \text{ W}$$



Şekil 1. Hava akımı oranlarına bağlı olarak buğday tahılı statik basınç değerleri (Navarro ve Noyes, 2001).  
Figure 1. Wheat grain static pressure values depending on air flow rates.

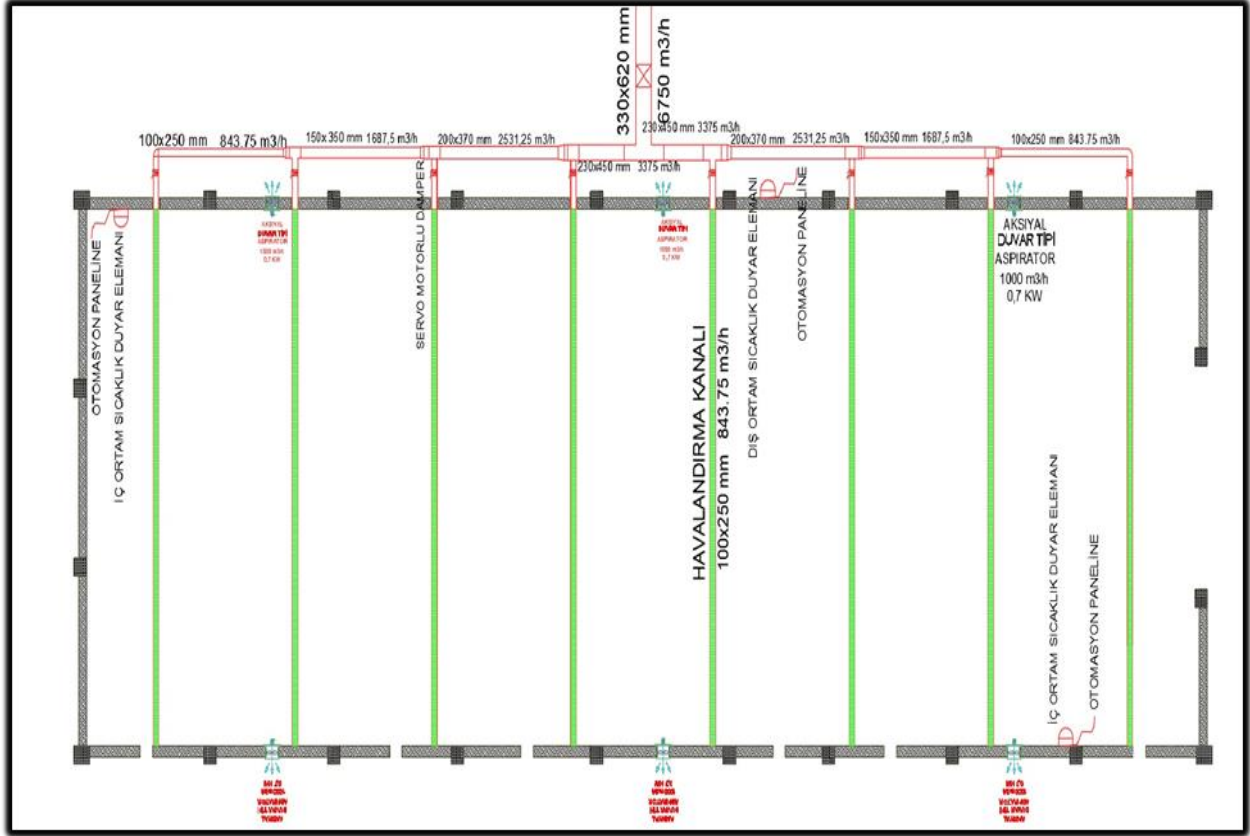
#### Hava Dağıtım Sistemlerinin Hesaplanması

En uzun hava akım yolunun en kısa hava akım yoluna oranı 1.5:1 olarak alınır (Navarro ve Noyes, 2001).

Hava yolu uzunluğu oranının 1.5:1 olarak alındığı kontrol edilmeli ve Kanal 1' den en uzun yol, 2.25 m - 0.1225 (kanal genişliğinin yarısı) 4.5 m yükseklik = 6.62 m.

Tahıl yüzeyine en kısa mesafe 4.5 m - 0.1225 m = 4.37 m' dir. Hava yolu uzunluğu oranı 6.62/4.37=1.51~1.5 tasarım talimatını karşılamaktadır.

Deponun genişliğine paralel olacak şekilde, yan duvar ucundan 2.25 m' den başlayan bina yan duvarından 2.25 m' ye yerleştirilen ilk kanalın merkez hattından delikli metal kanallar kullanılmıştır. Daha sonra kanal 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. kanalın merkez hattından uzak kenarın duvarına doğru 2.25 m bırakılarak, merkez hattından bina genişliği boyunca 4.5 m aralıklarla yerleştirilmelidir (Şekil 2).



Şekil 2. Depo havalandırma kanalı yerleşim planı.

Figure 2. Warehouse ventilation duct layout.

### Isı Kaybı Hesabında Çizelge Kullanımı

Isı kaybı hesabının yapılabilmesi için Şekil 3' te verilen çizelgenin uygun şekilde hesaplanarak doldurulması gerekmektedir.

Şekil 3' te verilen çizelgenin nasıl hesaplandığına ilişkin detaylı açıklamalar aşağıda verilmiştir.

Şekil 3' te verilen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ve 9. sütunlara ilişkin hesaplamalar: Iğdır İline Uygun Buğday Deposu Tasarımı: Yapısal Tasarım-I başlıklı makalede hesaplanmış olduğundan ilgili değerler bu makaleden alınmıştır.

**10. Sütun:**  $Q_0 = A \times U \times \Delta T$  eşitliğindeki U sembolü değerleri bu sütuna yazılır.

Isı geçirgenlik katsayıları önceki bölümlerde hesaplanmıştır.

DD, D: 0.27 W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>

DK, G: 5.48 W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>

ÇA, G: 5.25 W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>

DD, B: 0.27 W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>

TP, D: 5.86 W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>

ÇA, K: 5.25 W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>

DD, K: 0.27 W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>

Dö: 0.44 W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>

DD, G: 0.27 W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>

ÇA: 5.25 W m<sup>-2</sup> K<sup>-1</sup>

**11. Sütun:** Dış ortam sıcaklıkları ve tesisat projelerinde kullanılan iç ortam sıcaklıkları ilgili çizelgelerden alınmıştır.  $\Delta T = (T_i - T_d)$  formülüyle hesaplanarak bu sütuna yazılır.

Iğdır ili için dış sıcaklık değeri TS 2164 (1983)' ten -18 °C olarak alınmıştır.

Tahılların depolanmasında önemli faktörlerden olan sıcaklık, eğer yüksek değerlere ulaşırsa böcek gelişimi için uygun ortam yaratılmış olur. Böceklerin yaşamsal aktiviteleri için 30 - 40 °C sıcaklık değerleri idealdir. Ancak sıcaklık 25 °C' ye indirildiği zaman böceklerin işlevselliği azalır, 17 °C' ye indirildiği zaman pekçok böcek beslenemez, 10 °C' nin altına indirildiği zaman ve bu değer bir ay veya daha fazla sürdürüldüğünde ölümler (Öztürk, 2003). Bu yüzden bitkisel ürün deposu için istenilen iç ortam sıcaklığı

5 °C, Iğdır ili için dış sıcaklık değeri TS 2164 (1983)' ten -18 °C olarak alınarak  $\Delta T=23$  °C olarak hesaplanmıştır.

1500 TONLUK BUĞDAY DEPOSU																			Sahife No :	
HAZIRLAYAN :KURŞAT MAMAN												İĞDIR ÜNİVERSİTESİ		İç ortam sıcaklığı 5 °C					Dış Sıcaklık Iğdır için -18, 38 °C	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
İşareti	Yön	Duvar Kalınlığı	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Yüzey	Miktar	Çıkarılan	Hesaba Konan	U Isı Geçirgenlik Katsayısı	Sıcaklık Farkı	UxΔt	Zamsız Isı Kaybı	Isı	Zu+Za	Rüzgar	Yön	Toplam Zam	Isı İhtiyacı	Düşünceler	
		cm	m	m	m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	W/M <sup>2</sup> *K	°C	W/M <sup>2</sup>	W	%	%	%	1+%		Q <sub>0</sub> =Q <sub>z</sub> +Q <sub>h</sub>		
TAHİL AMBARI																				
DD	D	0,48	36,80	5,135	188,97	1,00	1,13	187,84	0,27	23,00	6,30	1183,65								
DD	B	0,48	36,80	5,135	188,97	1,00	0,00	188,97	0,27	23,00	6,30	1190,77								
DD	K	0,48	12,80	5,135	65,73	1,00	0,00	65,73	0,27	23,00	6,30	414,18								
DD	G	0,48	12,80	5,135	65,73	1,00	17,50	48,23	0,27	23,00	6,30	303,91								
DK	G	0,05	5,00	3,50	17,50	1,00	0,00	17,50	5,48	23,00	126,12	2207,05								
TP	D	0,003	0,40	0,40	0,16	9,00	0,00	0,16	5,86	23,00	134,80	21,57								
Dö	-	0,77	13,10	37,10	486,01	1,00	25,40	460,61	0,44	2,00	0,89	409,29								
ÇA	-	0,06	36,25	12,40	449,50	1,00	0,00	449,50	5,25	23,00	120,75	54277,13								
ÇA	G	0,06	12,40	2,89	17,92	1,00	0,00	17,92	5,25	23,00	120,75	2163,60								
ÇA	K	0,06	12,40	2,89	17,92	1,00	0,00	17,92	5,25	23,00	120,75	2163,60								
												<b>Q<sub>0</sub>= 64334,74</b>								
												7,00	0,00	5,00	1,12	Q <sub>0</sub> =	<b>72054,91 W</b>			
Q <sub>s</sub> =	a <sub>s</sub>	l	R <sub>s</sub>	H <sub>s</sub>	Z <sub>s</sub>	Δt	E					Q <sub>s</sub> =	<b>1110,08 W</b>							
Q <sub>s</sub> =	1,50	46,90	0,70	0,98	1,00	23,00	1,00					Q <sub>h</sub> =	<b>73164,99 W</b>							

Şekil 3. 1500 ton buğday deposu için ısı kaybı hesabı.

Figure 3. Heat loss calculation for 1500 tons of wheat storage.

**12. Sütun:**  $U \times \Delta T$  eşitliğindeki değerlerin tamamı hesaplanmıştır. 10. sütun x 11. sütun çarpımı ile 12. sütun değerleri belirlenir.

Burada;

$$DD, D: 6.3 \text{ W m}^{-2}$$

$$DK, G: 126.12 \text{ W m}^{-2}$$

$$\text{ÇA}, G: 120.75 \text{ W m}^{-2}$$

$$DD, B: 6.3 \text{ W m}^{-2}$$

$$TP, D: 134.80 \text{ W m}^{-2}$$

$$\text{ÇA}, K: 120.75 \text{ W m}^{-2}$$

$$DD, K: 6.3 \text{ W m}^{-2}$$

$$Dö: 0.89 \text{ W m}^{-2}$$

$$DD, G: 6.3 \text{ W m}^{-2}$$

$$\text{ÇA}: 120.75 \text{ W m}^{-2}$$

**13. Sütun:**  $Q_0 = A \times U \times \Delta T$  eşitliğindeki değerlerin tamamı hesaplanmıştır. Bu sütun, 9. sütun x 10. sütun x 11. Sütunların çarpımı ile elde edilir. Bu değer artırımsız (zamsız) ısı kaybıdır.

Burada;

$$DD, D: 1183.65 \text{ W}$$

$$DK, G: 2207.05 \text{ W}$$

$$\text{ÇA}, G: 2163.60 \text{ W}$$

$$DD, B: 1190.77 \text{ W}$$

$$TP, D: 21.57 \text{ W}$$

$$\text{ÇA}, K: 2163.60 \text{ W}$$

$$DD, K: 414.18 \text{ W}$$

$$Dö: 409.29 \text{ W}$$

$$DD, G: 303.91 \text{ W}$$

$$\text{ÇA}: 54277.13 \text{ W}$$

Toplam  $Q_0$  değeri 64334.74 W olarak hesaplanmıştır.

**14. Sütun:** *D Birleştirilmiş Artırım Katsayısı*; bu sütuna ısıtmanın sürekli ya da kesintili olup olmamasına göre değerler yazılır. Yapı ne kadar büyükse ve ısıtma sistemi ne kadar çok kesintili çalışıyorsa, bu artırım o kadar büyük olmalıdır.



Birleştirilmiş artırım katsayısı TS 2164 (1983)' ten *Birleştirilmiş Artırım Katsayısı* (%  $Z_D$ ) değerlerinden alınır. Depoda kurulan ısıtma sistemi sürekli çalışır ve yalnız ortam sıcaklığına göre devreye girdiği için bu değer  $Z_D = 7$  alınmıştır.

**15. Sütun:**  $Z_W$  Kat Yükseklik Artırımı; kat yükseklik zammı belirli katlardan sonra verilir. Çünkü birkaç kat yükseklikten sonra rüzgâr hızı nedeniyle ısı kaybı artış gösterir. Çok katlı bir yapıdan ilk üç kat için yükseklik zammı dikkate alınmaz.

Bu çalışmada yapı tek katlı olduğundan  $Z_W$  kat artırım zammı TS 2164 (1983)' ten den alınır ve bu değer;  $Z_W = 0$  olarak alınmıştır.

**16. Sütun:**  $Z_H$  Yön Artırımı; bitkisel ürün deposu yönünden dikkate alınması gereken bir artırımdır.  $Z_H$  yön artırımı seçilirken yalnız bir dış duvarı olan hacimlerde, bu dış duvarın baktığı yön, köşe hacimlerde ise iki dış duvarın birleştiği köşenin yönü esas alınır. Köşe hacimlerde, penceresi olan dış duvarın yönü de esas alınabilir. Dış duvarı ikiden fazla olan hacimlerde en yüksek yön artırım değeri alınır. Yön artırım değerleri TS 2164 (1983)' ten  $Z_H = 5$  olarak alınmıştır.

**17. Sütun:**  $Z (1 + \%Z_D + \%Z_W + \%Z_H)$  artırımların toplamalarının yazıldığı sütundur.

$Z = (1 + \%7 + \%0 + \%5) = 1.12$  olarak hesaplanmıştır.

**18. Sütun:** *Toplam Isı Gereksinimi (İhtiyacı) ( $O_h$ )*

Bu sütun 3 adımda hesaplanır.

1. Birinci adımda artırımlar dikkate alınarak, toplam ısı geçiş kaybı  $Q_i = Q_o \times Z$  denklemi ile hesaplanmıştır.

$$Q_i = 64334.74 \times 1.12 = 72054.91 \text{ W olarak hesaplanmıştır.}$$

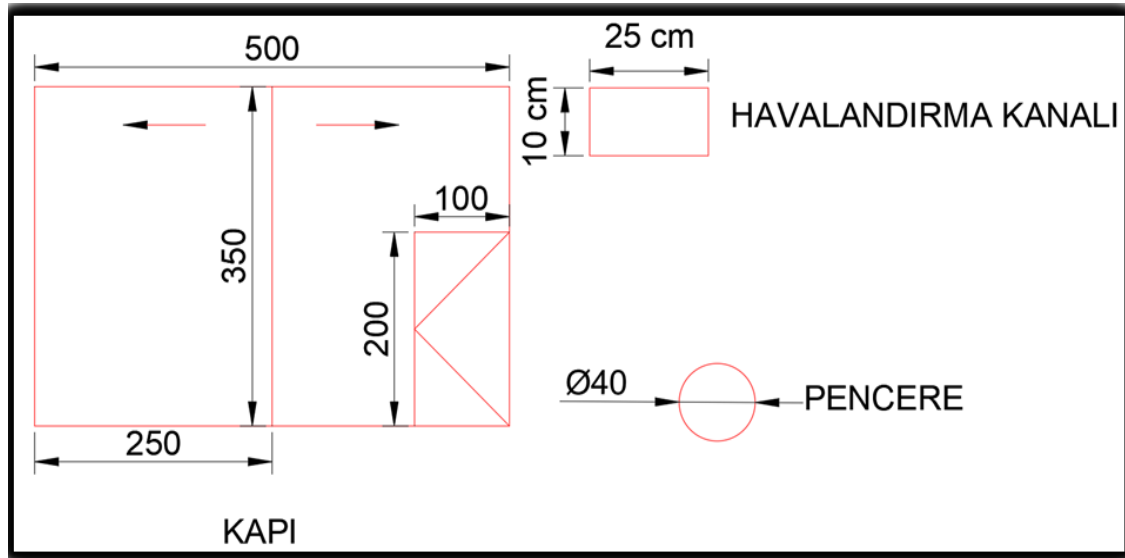
2. Bu adımda sızıntı ile kaçan ısı miktarı hesaplanır. Bu kısma aşağıda değinilecektir. Hava sızıntı ısı kaybı ( $Q_s$ ) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$Q_s = \sum a_s \times l \times R_d \times \Delta T \times Z_e \times E \text{ (kcal h}^{-1}\text{)}$$

- Hava sızdırma katsayısı değeri TS 2164 (1983)' ten alınmıştır.

Bu değer  $a_s = 1.5 \text{ (m}^3 \text{ m}^{-1} \text{ h}^{-1}\text{)}$  olarak seçilmiştir.

- Pencere veya kapının açılan kısmının çevre uzunluğu Şekil 4' ten alınan ölçülerle hesaplanmıştır.



Şekil 4. Kapı, pencere ve duvarda havalandırma için açılan boşluk ölçüleri.

Figure 4. The dimensions of the opening for ventilation in the door, window and wall.

Kapının tamamı veya dikey yönde yarısı sürgülü olarak sağa veya sola doğru kaydırılarak açılacaktır. Ayrıca seri geçişler için büyük kapı içerisinde 100 x 200 cm' lik ayrı bir kapı olacaktır. Kapının çevre uzunluğu;

$$l = 2.5+3.5+2.5+3.5+2.5+3.5+2.5+3.5+1.0+2.0+1.0+2.0 = 30 \text{ m}$$

Pencere için çevre uzunluğu aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır;

$$l = 2\pi r \quad l = 2 \times \pi \times 0.2 = 1.256 \text{ m}$$

Havalandırma kanalı için depo yan duvarlarından açılan boşluk için uzunluk;

$$l = 2 \times a \times b \text{ eşitliği ile hesap hesaplanmıştır.}$$

Buradan;

a: kısa kenar (m)

b: uzun kenar (m)

$$l = 2 \times (0.10 + 0.25) = 0.7 \times 8 = 5.6 \text{ m olarak belirlenmiştir.}$$

R<sub>d</sub> depo durum katsayısı katsayısının tam olarak hesaplanamaması nedeniyle; normal boyutlarda pencere ve kapıları olan odalar için R<sub>d</sub> = 0.9; büyük pencereleri, bir tek iç kapısı olan odalar için R<sub>d</sub> = 0.7 değerleri kullanılmıştır.

- H<sub>d</sub> bina durum katsayısı TS 2164 (1983)' e göre 0.98 olarak seçilmiştir.
- Ze değeri tanımında belirtildiği gibi "1" olarak alınmıştır.
- E, bina durum kat sayısı için düzeltme çarpım faktörü yapı yüksekliği 10 m' nin altında olduğu için bu değer TS 2164 (1983)' ten "1" olarak alınmıştır.

Bu durumda Q<sub>s</sub> sızıntı değeri;

$$Q_s = 1.50 \times 46.90 \times 0.7 \times 0.98 \times 1 \times 23 \times 1 = 1110.08 \text{ W olarak hesaplanmıştır.}$$

3. Bu adımda toplam ısı gereksinimi Q<sub>h</sub> hesaplanır. Bunun için artırımlar dikkate alınarak bulunan Q<sub>i</sub> ısı kaybı ve Q<sub>s</sub> sızıntı (infiltrasyon) ile toplanır.

Ayrıca havalandırma için depo ortamına verilen havanın ısıtma ihtiyacı hesabı da yapılarak Q<sub>h</sub> ile toplanır ve toplam ısı ihtiyacı hesaplanır.

Buradan;

$$Q_h = 72054.91 + 1110.08 = 73164.99 \text{ W olarak belirlenmiştir.}$$

#### **Havalandırma Sisteminin Soğutma Hesabı**

Ortalama %12 nem içeriğindeki buğdayın yaydığı ısı miktarı 1.67 kJ kg<sup>-1</sup> (Cao vd., 2010) olup bu değerde 400.8 kcal t<sup>-1</sup> dur.

$$1 \text{ kcal h}^{-1} = 1.163 \text{ W' tır.}$$

Bu durumda 1 ton buğdayın 24 saatte yaydığı ısı miktarı aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$q = \frac{M \times C}{24}$$

$$q = (1 \times 400.8)/24 = 16.7 \text{ kcal h}^{-1}$$

1 ton buğday için 16.7 kcal h<sup>-1</sup> = 19.4221 W' tır.

1500 ton için = 1500 x 19.4221 = 29133.15 W olarak hesaplanmıştır.

Ortamın soğutulması için gerekli ısı miktarı ise aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır.

Soğutma hesabı yapılırken dış ortam sıcaklığı Yılmaz ve Bulut (1996)' dan alınmıştır.

$$Q = m_{hava} \times C_p \times \Delta T$$

$$m_{hava} = \rho_{hava} \times V_{hava}$$

Burada;

$m_{\text{hava}}$ : soğutulacak hava miktarı

$C_p = 1.0035 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$  (Van Wylen ve Sonntag, 1976)

$\rho_{\text{hava}} = \text{havanın özgül ağırlığı } 1.225 \text{ kg m}^{-3}$  (Van Wylen ve Sonntag, 1976)

$V_{\text{hava}} = 112.5 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$  dır (mekanik havalandırma ortam hava ihtiyacı).

$V_{\text{hava}} = 6750 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$

$\Delta T = 38 - 5 = 33 \text{ }^\circ\text{C}$

$Q = 76024.27 \text{ W}$  olarak hesaplanmıştır.

Toplam soğutma ihtiyacı;

$29133.15 + 76024.27 = 105157.42 \text{ W}$  olarak hesaplanmıştır.

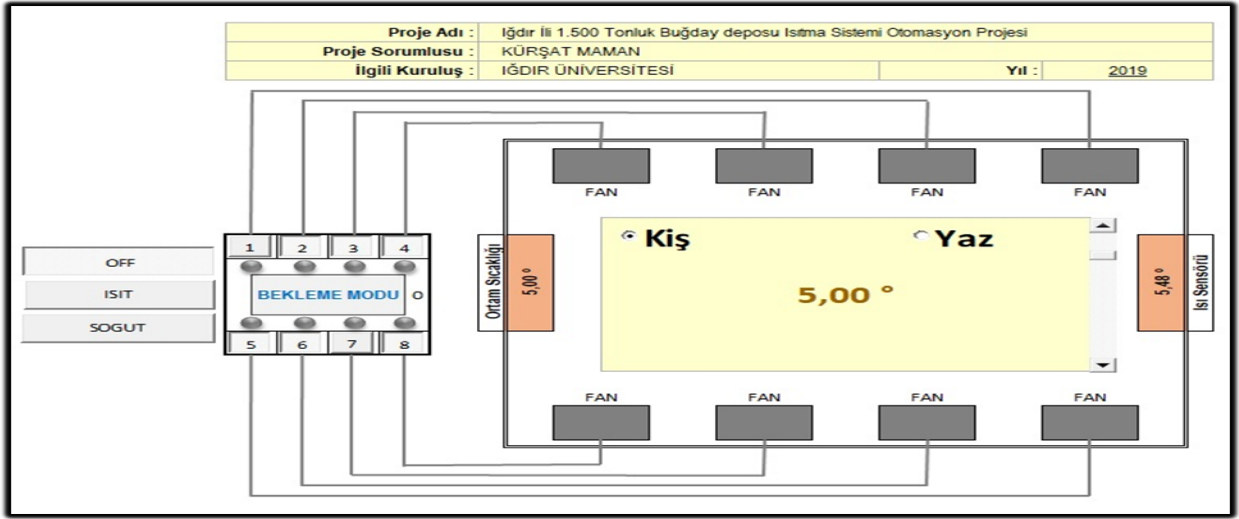
#### ***Isıtma ve Soğutma Sistem Otomasyonunun Hazırlanması***

Buğday deposuna yerleştirilecek iki adet termostat yardımıyla deponun içerisindeki ısı kontrolü yapılmaktadır. Depo ortam sıcaklığı  $3 \text{ }^\circ\text{C}$ ' nin altına düştüğünde termostat klima santralının ısıtıcı sistemini devreye almaktadır. Sıcaklık  $+5 \text{ }^\circ\text{C}$  olduğunda sistem "Bekleme Moduna" geçerek klima santralının ısıtıcı devresini devre dışı bırakacaktır. Sıcaklık  $+15 \text{ }^\circ\text{C}$ 'nin üzerine çıktığında klima santralının soğutucu sistemi devreye alınacaktır. Sıcaklık  $+5 \text{ }^\circ\text{C}$  olduğunda ise sistem "Bekleme Moduna" geçecek ve klima santralının soğutucu sistemini devre dışı bırakacaktır.

Havalandırma kanalı üzerine 8 adet servo motor kontrollü damper konulmuştur. Bu damperler havalandırma kanallarını açıp kapamaktadır. Klima santralının vantilatör motoru inverter kontrollüdür. Açık olan hava kanalına göre servo motorlarla beraber hava debisi de kontrol edilmektedir. Damper konumlarına göre her bir kanaldan geçen hava debisi aşağıda belirtilmiştir.

1. konum: 1. damper açık vantilatör hava debisi,  $843.75 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$
2. konum: 1. ve 2. damperler açık hava debisi,  $1687.5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$
3. konum: 1. 2. ve 3. damperler açık hava debisi,  $2531.25 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$
4. konum: 1. 2. 3. ve 4. damperler açık hava debisi,  $3375 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$
5. konum: 1. 2. 3. 4. ve 5. damperler açık hava debisi,  $4218.75 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$
6. konum: 1. 2. 3. 4. 5. ve 6. damperler açık hava debisi,  $5062.5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$
7. konum: 1. 2. 3. 4. 5. 6. ve 7. damperler açık hava debisi,  $5906.25 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$
8. konum: Tüm damperler açık hava debisi,  $6750 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  olmalıdır.

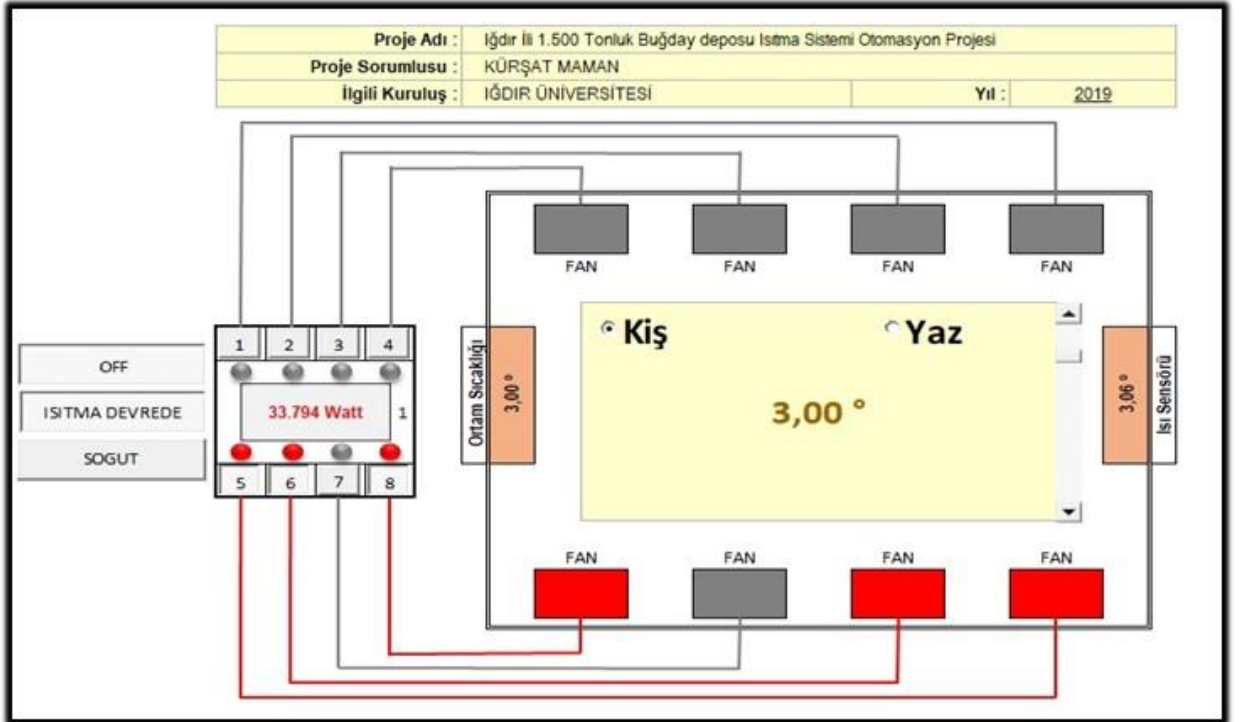
Otomasyon sistemi depo ortam sıcaklığı  $+5 \text{ }^\circ\text{C}$ ' de olduğu için *Bekleme Modu'* na geçmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Otomasyon sistemi bekleme modu devredeyken.

Figure 5. With the automation system standby mode activated.

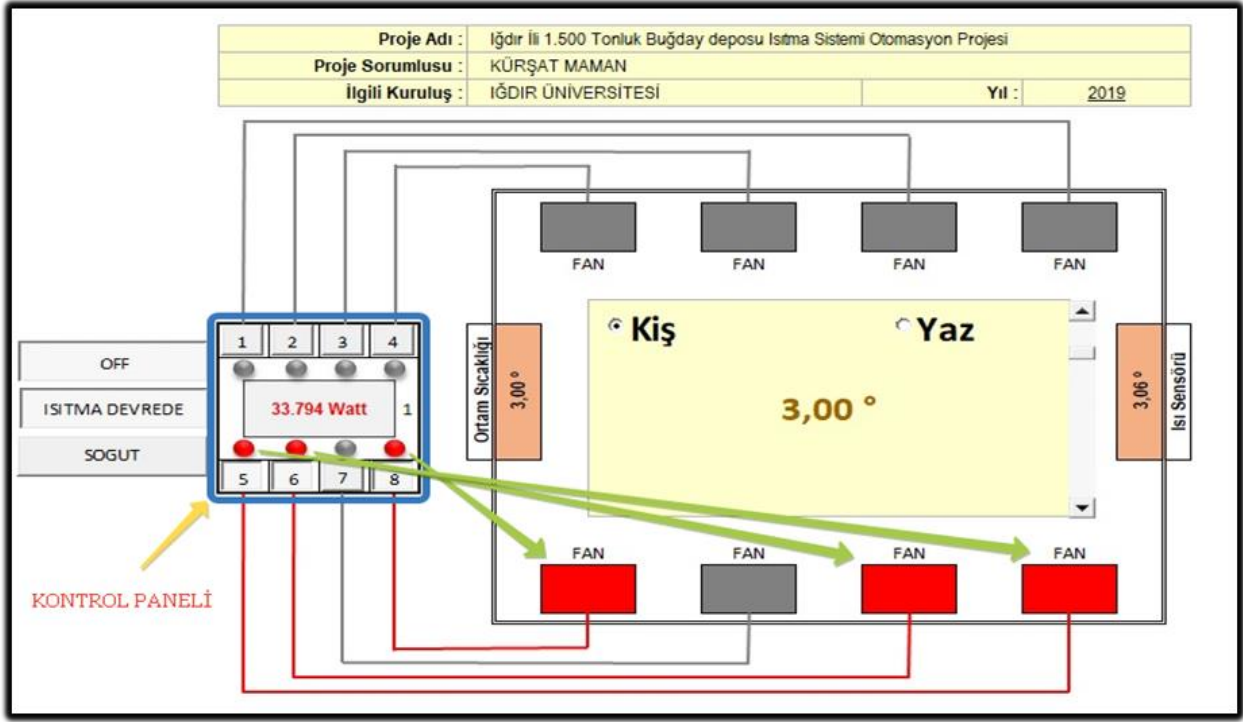
Otomasyon sistemi depo ortam sıcaklığı  $+3^{\circ}\text{C}$ ' nin altına indiği için "Isıtma Modu" devreye geçmiştir (Şekil 6). Otomasyon kontrol paneli üzerindeki butonlar panelleri kontrol etmektedir. Buton sayısı ile devreye giren panel sayısının eşit olduğu görülmektedir.



Şekil 6. Otomasyon sistemi ısıtma devredeyken.

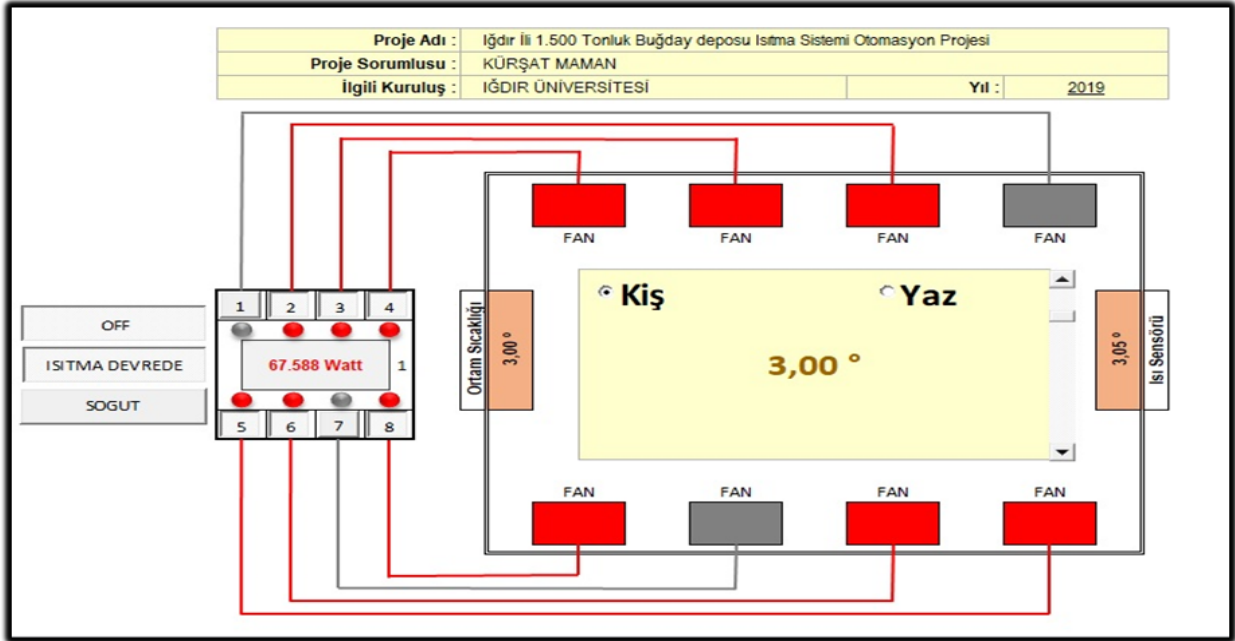
Figure 6. Automation system heating on activated.

Kontrol paneli üzerindeki butonlarla panel sayısı arttırılarak ısıtma soğutma hızı ayarlanabilmektedir (Şekil 7 ve 8). Aşağıda 6 fan aktif edilmiş kış modunda sistemin ısıtma moduna geçtiği görülmektedir.



Şekil 7. Otomasyon sistemi kontrol paneli gösterimi.

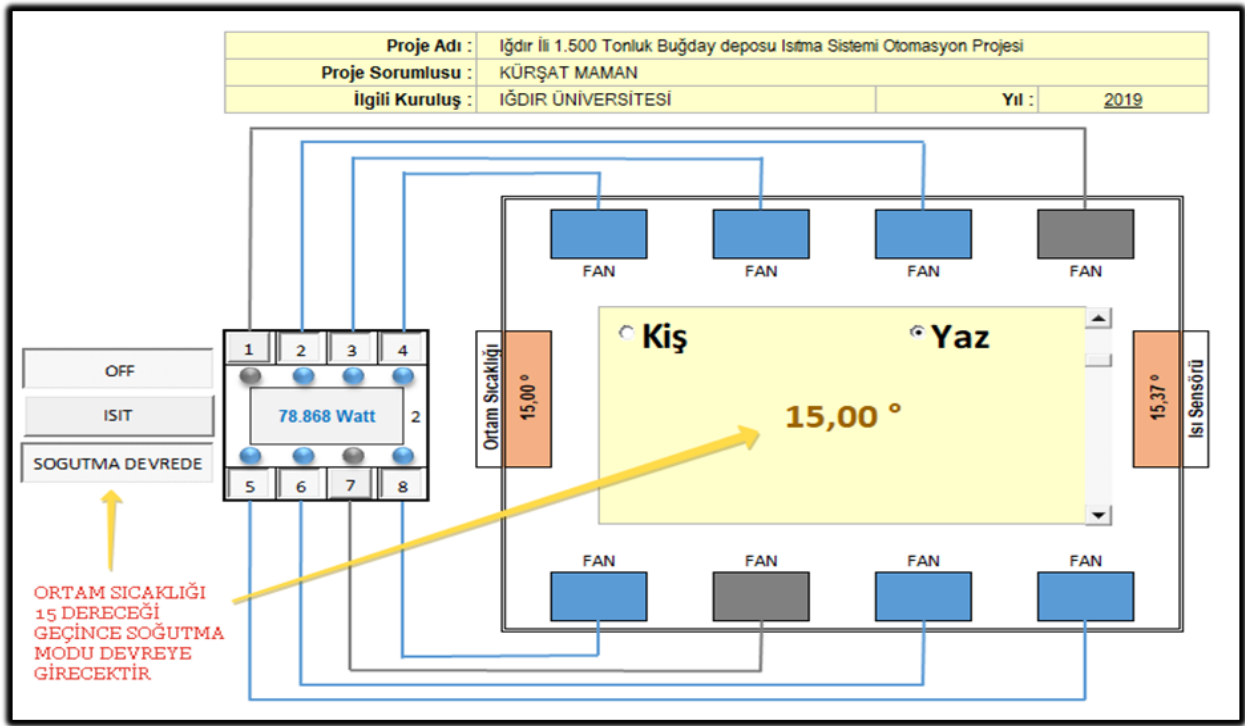
Figure 7. Display of automation system control panel.



Şekil 8. Otomasyon sistemi fan sayısının artırılması.

Figure 8. Increasing the number of automation system fans.

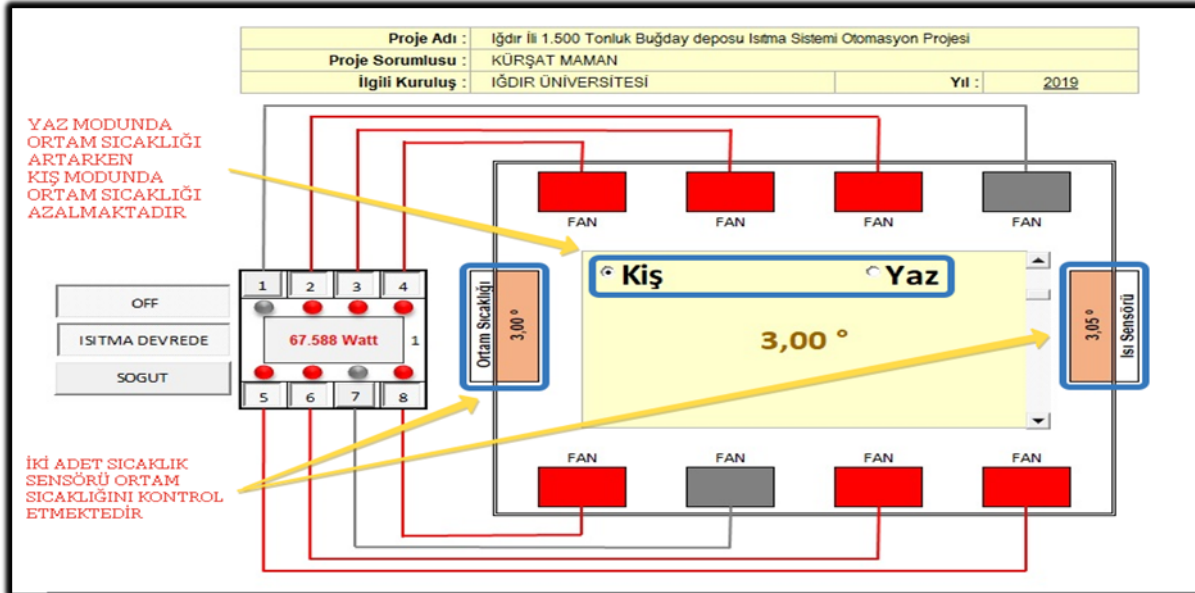
Aşağıda 6 fan aktif edilmiş yaz modun da ortamın manuel ortam sıcaklığı artacağından sıcaklık 15 °C' nin üzerine çıktığı zaman soğutma moduna geçtiği görülmüştür (Şekil 9). Ortam sıcaklığı 5 °C' ye kadar düşürülerek bekleme moduna geçmiştir.



Şekil 9. Otomasyon sistemi soğutma devredeyken.

Figure 9. Automation system with cooling activated.

Otomasyon sistemi Yaz ve Kış Modu sistemin nasıl çalıştığını kavrayabilmek için yerleştirilmiş olup yazın ortam sıcaklığının artacağını ve kışın ise azalacağını göstermektedir (Şekil 10). Otomasyon sisteminde Yaz Modu aktifse depo ortam sıcaklığı artarak +15 °C' nin üzerine çıktığı zaman sistem Soğutma Modu' nu devreye almaktadır.



Şekil 10. Otomasyon sistemi yaz ve kış modu gösterimi.

Figure 10. Automation system summer and winter mode display.

Sistemin çalışması için arka planda çalışan bütün kodlar sistemde ilgili parametreler ile ilişkilendirilerek EK' te verilmiştir.

Shuanglin vd. (2006) test amaçlı bir buğday deposunda farklı fan sistemlerinin otomatik mekanik havalandırma ile buğday tanelerinde sıcaklık düşüşünü araştırmışlardır. Araştırma sonucunda 0.55 kW'lık 4 adet eksenel fan ile 484 saat boyunca yapılan havalandırılma ile tanelerin ortalama sıcaklığının 14.9 °C'den 7,5 °C'ye düşürüldüğünü, 15 kW'lık 6 adet santrifüj fan ile 140 saat boyunca yapılan havalandırılma ile tanelerin ortalama sıcaklığının 15.8 °C'den 4.5 °C'ye düşürüldüğünü belirlemişlerdir. Sonuç olarak otomatik havalandırma kontrol sisteminin işgücünü azaltmada, havalandırma verimliliğini artırmada ve havalandırmanın enerji tüketimini azaltmada yardımcı olduğunu belirlemişlerdir. Mevcut çalışmamızda da kullanılan otomatik havalandırma sistemi ile araştırmacının sonuçlarına benzer faydalar elde edilebilecektir.

Kıbar vd. (2015) Iğdır ili ve ilçelerindeki çiftçilerin, kooperatiflerin, tüccarların ve Toprak Mahsuller Ofisi (TMO)'nin ürünlerinin en sağlıklı şekilde depolanabilmesi için 1000 ton depolama kapasitesine sahip yatay bir betonarme deponun havalandırma sistemini tasarlamışlardır. Sonuç olarak depo içerisinde optimum bir hava dağıtımı için 4 m aralıklarla 355 mm çapında 3 adet havalandırma kanalı ve 1000 W güce sahip fan sistemi belirlenmiştir. Ayrıca yığının üst seviyesi ile çatı arasında kalan hacimdeki havayı dışarı atmak için 510 W'lık fan gücüne ihtiyaç olduğunu belirlemişlerdir.

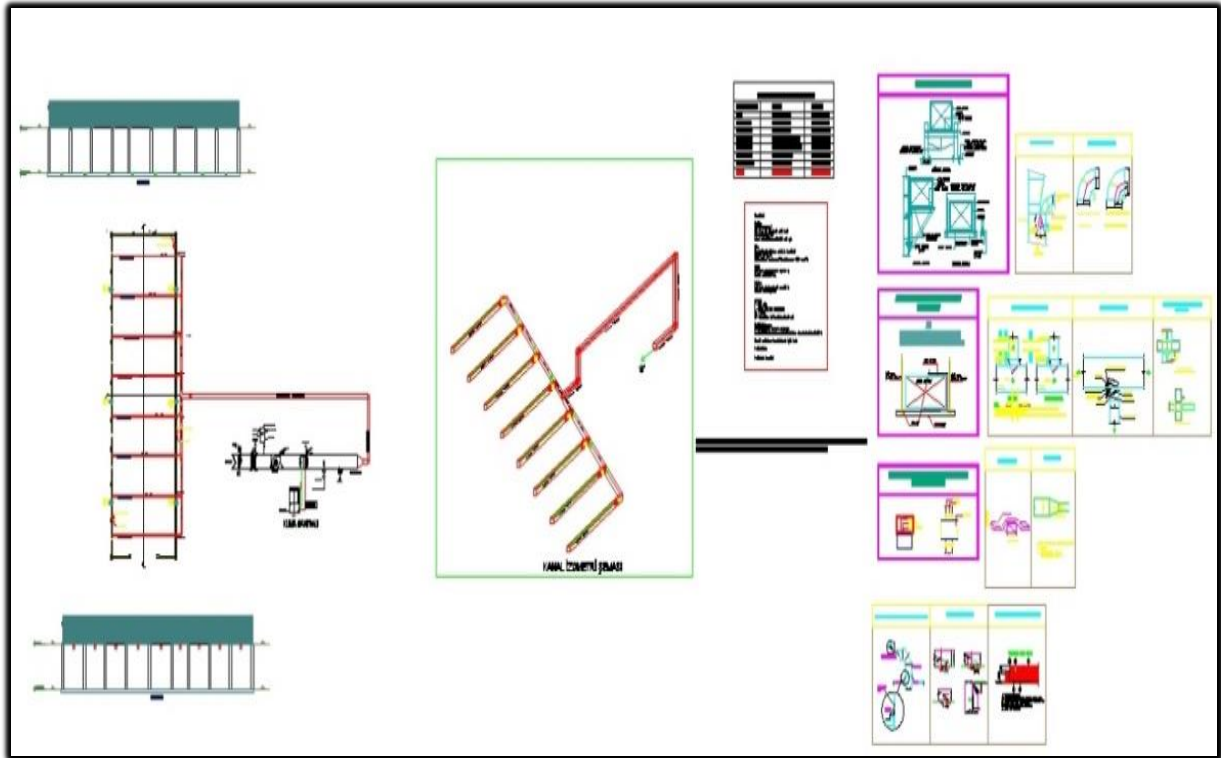
### Metraj ve Keşif

Betonarme yatay buğday deposunun yaklaşık maliyet hesaplamalarında yapı elemanlarının ilgili poz numaraları ve 2022 yılına ait birim fiyatları e-hakediş yaklaşık maliyet, hakediş ve kesin hesap programından alınmıştır (e-Hakediş, 2022).

### Mekanik Tesisat Metrajı ve Keşifler

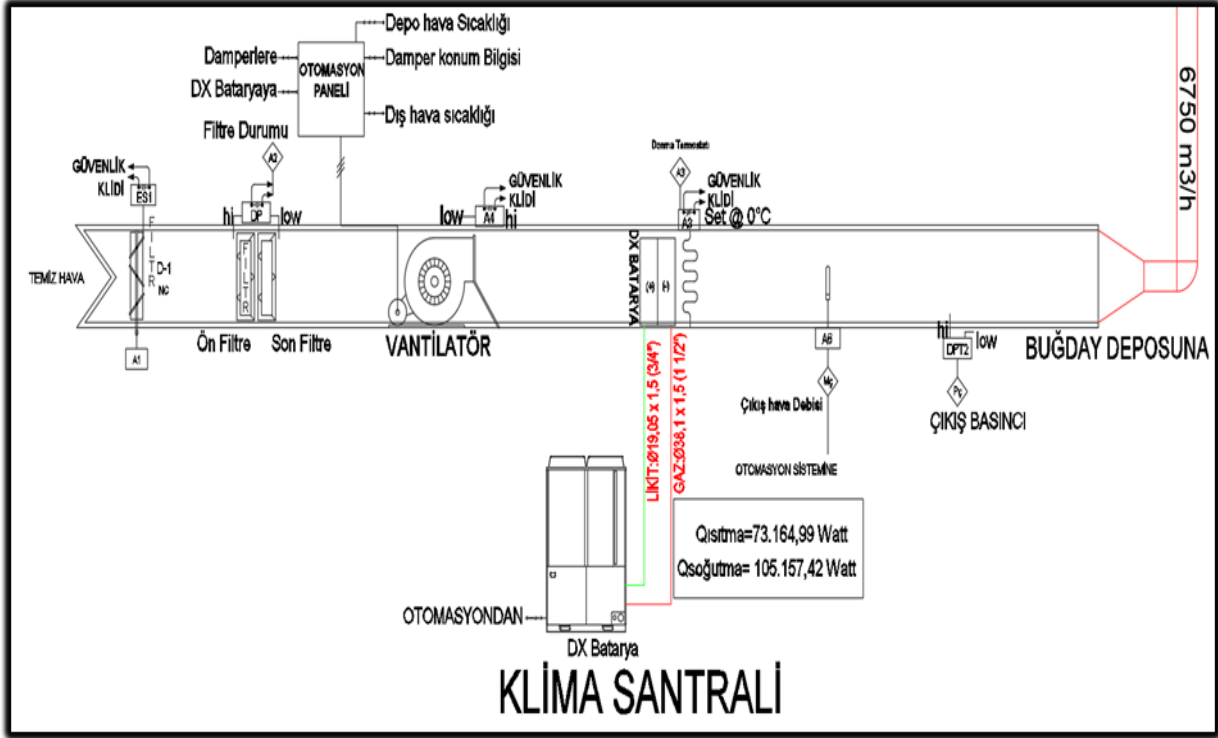
Yapı elemanlarının mekanik metrajları buğday deposunun Şekil 11' de verilen mekanik projesine göre hazırlanmıştır.

Mekanik metraj ve keşifleri havalandırma, klima santrali ve otomasyon bölümlerinden oluşmaktadır (Şekil 11 ve 12). Çizelge 1' de havalandırma için yaklaşık maliyet bilgileri verilmiştir.



Şekil 11. Buğday deposu mekanik proje çizimi.

Figure 11. Wheat warehouse mechanical project drawing.



Şekil 12. Klima santrali detay çizimi.

Figure 12. Detail drawing of the air handling unit.

Çizelge 1. Mekanik tesisat (havalandırma sistemi, klima santrali ve otomasyon) yaklaşık maliyeti.

Table 1. Approximate cost of mechanical installation (ventilation system, air handling unit and automation).

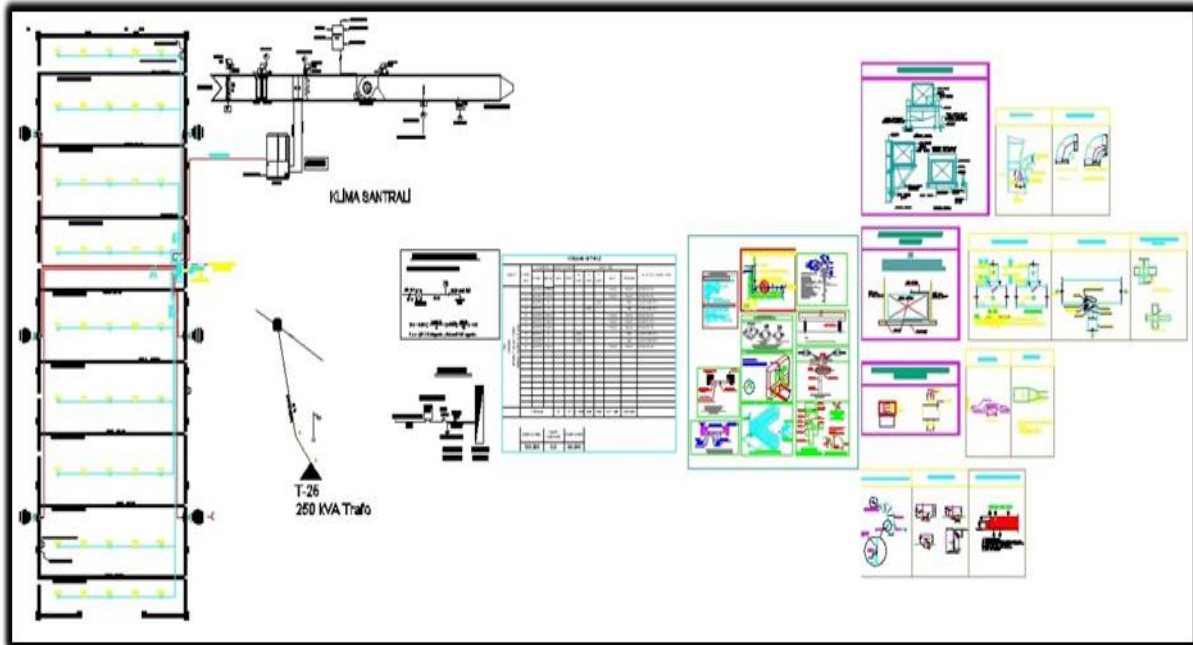
Sıra No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birim	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı
1	206-507/B	Bakır boru (et kalınlığı 1.5 mm, dış çapı: 20 mm) (Fosfor-Bakır alaşımı, kaynaklı, %25)	m	5.000	155.08	775.40
2	206-514/B	Bakır boru (et kalınlığı 1.5 mm, dış çapı: 40 mm) (Fosfor-Bakır alaşımı, kaynaklı, %25)	m	5.000	319.48	1.597.40
3	241-408	(1/2") 22 Ø mm 19 mm, Kauçuk esaslı prefabrik boru ile soğuk hat yalıtımı	m	5.000	11.20	56.00
4	241-423	(1 ¼") 42 Ø mm 19 mm, Kauçuk esaslı prefabrik boru ile soğuk hat yalıtımı (TS EN 14313)	m	5.000	16.95	84.75
5	251-101	1.000 m³/h'a kadar, Toplam basıncı 225 paskala (25 mm SS'na) kadar, radyal vantilatörler veya aspiratörler (tek veya çift emişli) (TSE kalite belgeli)	Adet	6.000	4.896.88	29.381.28
6	251-207	8.000 m³/h'lık, Toplam basıncı 450 paskala (50 mm SS'na) kadar, radyal vantilatörler veya aspiratörler (tek veya çift emişli) (TSE kalite belgeli)	Adet	1.000	9.900.00	9.900.00
7	254-205	5001-10.000 m³/h'lık, Elemanları temizlenebilen, kuru hava filtresi (madeni veya sentetik tip)	Adet	2.000	618.85	1.237.70
8	257-209	(150.000 kcal/h) 165 kW, Bakır boru, bakır veya alüminyum kanatlı, galvanizsiz ısıtıcı veya PN 25 gerektiren haller için, dikişsiz çelik çekme boru, dizme çelik kanatlı sıcak galvanizli ısıtıcı	Adet	1.000	8.987.50	8.987.50
9	258-211	(60.000 kcal/h) 66 kW, Bakır boru, bakır veya alüminyum kanatlı, soğutucu, (4 Atmosfer basıncına kadar) (Galvaniz veya plastik esaslı yoğuşma tavası dahil)	Adet	1.000	10.800.00	10.800.00
10	260-601	BFT 260-600'ün aynı özelliklerde, 30 mm'ye kadar cam yünü veya taş yünü ile izolasyonlu hücre, havalandırma ısıtma klima santrali hücresi	m²	19.000	947.88	18.009.72
11	261-902	Hijyenik Ön izoleli gofrajlı alüminyum panellerden Hava Kanalı 20 mm yalıtım kalınlık 80/200 micron Al kaplama	m²	#####	514.38	71.653.13



12	263-101	0,10 m <sup>2</sup> 'ye kadar hava damperi	m <sup>2</sup>	0.200	3.112.50	622.50
13	263-105	1,50 m <sup>2</sup> 'ye kadar hava damperi	m <sup>2</sup>	1.400	1.272.50	1.781.50
14	269-103	Alüminyumdan panjur	m <sup>2</sup>	24.000	1.375.00	33.000.00
15	270-000	Tel kafes	m <sup>2</sup>	24.000	138.13	3.315.12
16	280-1217	Soğutma kapasitesi (nom) 110 kW, ısıtma kapasitesi (nom): 120 kW, Tümü frekans kontrollü kompresörlü dış ünite veya dış ünite grubu	Adet	1.000	250.107.54	250.107.54
17	315-101	Mahal tipi elektronik sıcaklık duyar elemanı	Adet	2.000	437.00	874.00
18	315-105	Dış hava tipi elektronik sıcaklık duyar elemanı	Adet	1.000	349.50	349.50
19	315-401	Hava için basınç duyar eleman	Adet	1.000	1.647.00	1.647.00
20	319-304	4 Kontrol döngüsü içeren iklimlendirme Kontrol paneli	Adet	1.000	8.725.00	8.725.00
21	320-600	Uzaktan ayar noktasını değiştirme ünitesi ilavesi, Elektronik Sıcaklık Kontrol Paneline İlaveler İçin Ödenecek Farklar	Adet	10.000	581.00	5.810.00
22	327-351	0.4 m <sup>2</sup> ve daha küçük alanlı damperler için, Oransal damper Servomotoru	Adet	8.000	1.607.13	12.857.04
23	327-353	1.0-2.0 m <sup>2</sup> alanlı damperler için, Oransal damper Servomotoru	Adet	1.000	2.026.59	2.026.59
24	328-151	0.4 m <sup>2</sup> ve daha küçük alanlı damperler için, Acil durum konumlandırma ilavesi	Adet	8.000	2.203.13	17.625.04
25	328-153	1.0-2.0 m <sup>2</sup> alanlı damperler için, Acil durum konumlandırma ilavesi	Adet	1.000	3.160.63	3.160.63
26	Rayiç-2	Daldırma tip türbin hava debimetresi	Adet	1.000	2.271.50	2.271.50
<b>Ara Toplam</b>						<b>496655.84 ₺</b>
<b>KDV Tutarı</b>						<b>89397.06 ₺</b>
<b>Genel Toplam</b>						<b>586052.90 ₺</b>

### Elektrik Tesisat Metrajı ve Keşifler

Yapı elemanlarının mekanik metrajları buğday deposunun Şekil 13' te verilen elektrik projesine göre hazırlanarak Çizelge 2' de verilmiştir.



Şekil 13. Buğday deposu elektrik proje çizimi.

Figure 13. Wheat warehouse electrical project drawing.

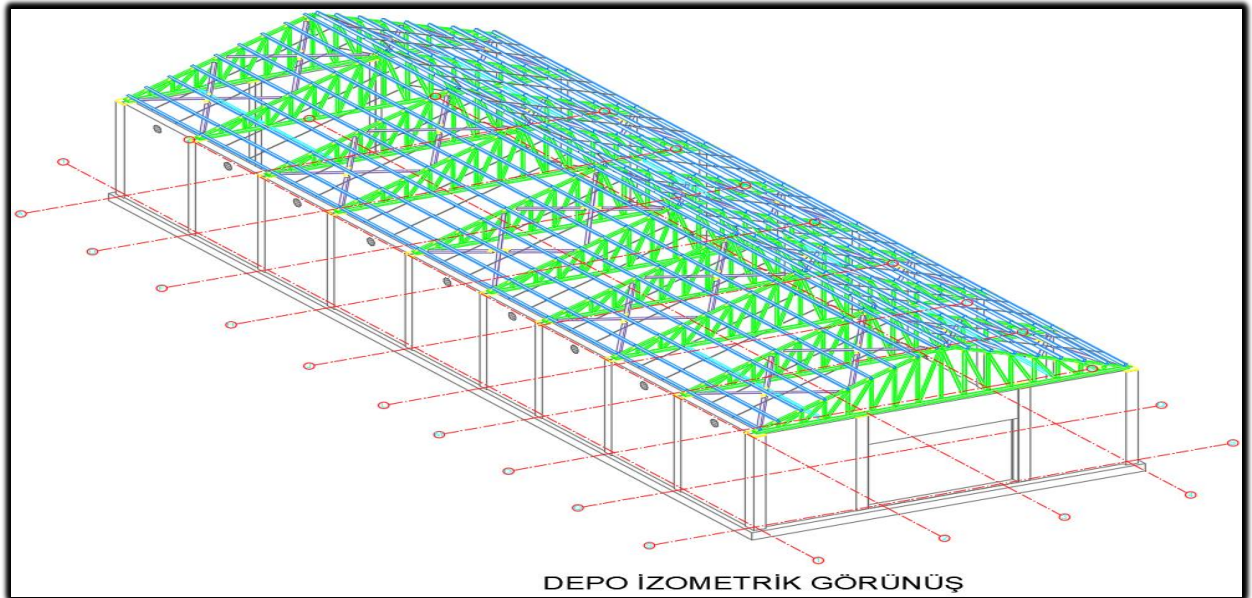
### Çizelge 2. Elektrik tesisatı yaklaşık maliyeti.

Table 2. Approximate cost of electrical installation.

Sıra No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birim	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı
1	03.1.2-002	Ø 8mm İçi Dolu Bakır Bara (0.45 kg/m)	kg	5.000	183.60	918.00
2	05.1.1	Boyalı Kaynaklı Demir Direk (Şehiriçi)	kg	887.000	25.54	22.653.98
3	05.4.1	Boyalı Demir Travers ve Konsol (Şehiriçi)	kg	123.000	28.43	3.496.89
4	08.1	Galvanizli sac Kablo Kanalı (2mm)	kg	30.000	26.57	797.10
5	11.4-009	36 kV VHD-35 H.H. Sis Tipi Mesnet İzolatörü	Adet	6.000	262.69	1.576.14
6	11.5-017	C-35 Demir Travers için (Taşıyıcı) İzolatörü Demiri	Adet	6.000	39.44	236.64
7	15.2-010	36kV, 10kA ZnO Parafudr	Adet	3.000	1.187.20	3.561.60
8	17.7-008	36kV, 630A, 12.5kA Harici Tip Sigortalı Ayırıcı	Adet	1.000	8.400.31	8.400.31
9	17.9-023	36kV, 2-20A OG Sigorta Patronu	Adet	3.000	126.12	378.36
10	24.4.2-004	250kVA'lık 3x400 A Oto Şalterli Harici Tip AG Panosu	Adet	1.000	16.773.43	16.773.43
11	26.2-002	Tehlike Levhası (Alüminyum-Orta)	Adet	3.000	27.85	83.55
12	30.2.2	50 mm <sup>2</sup> NYY Kablo ve gömülmesi	m	40.000	74.81	2.992.40
13	30.3.1	2 m uzunluğunda, galvanizli 65x65x7'lik köşebent ve 5 metre şerit ve bunların gömülmesi	Adet	3.000	890.95	2.672.85
14	30.4.1	Galvanizli örgülü çelik tel ve gömülmesi	m	5.000	93.09	465.45
15	31.6.3-010	33/0.4-0.231kV, 250kVA Hermetik Trafo	Adet	1.000	58.573.05	58.573.05
16	32.1-041	1kV, 3x150s mm <sup>2</sup> NYY Kablo (yeraltına-toprak kanala ana kablo)	m	15.000	509.11	7.636.65
17	32.15-002	35kV, 1x50s/16 mm <sup>2</sup> XLPE Kablo (beton kanala, direğe, duvara)	m	90.000	103.03	9.272.70
18	32.19-002	35kV, 1x50s/16 mm <sup>2</sup> XLPE Kablo (aynı toprak kanala ilave döşenen)	m	170.000	92.77	15.770.90
19	32.25.1-002	35kV, 1x50s/16 mm <sup>2</sup> YE3SV Harici Kablo Başlığı	Adet	3.000	3.039.15	9.117.45
					<b>Ara Toplam</b>	<b>165377.45 ₺</b>
					<b>KDV Tutarı</b>	<b>29767.94 ₺</b>
					<b>Genel Toplam</b>	<b>195145.39 ₺</b>

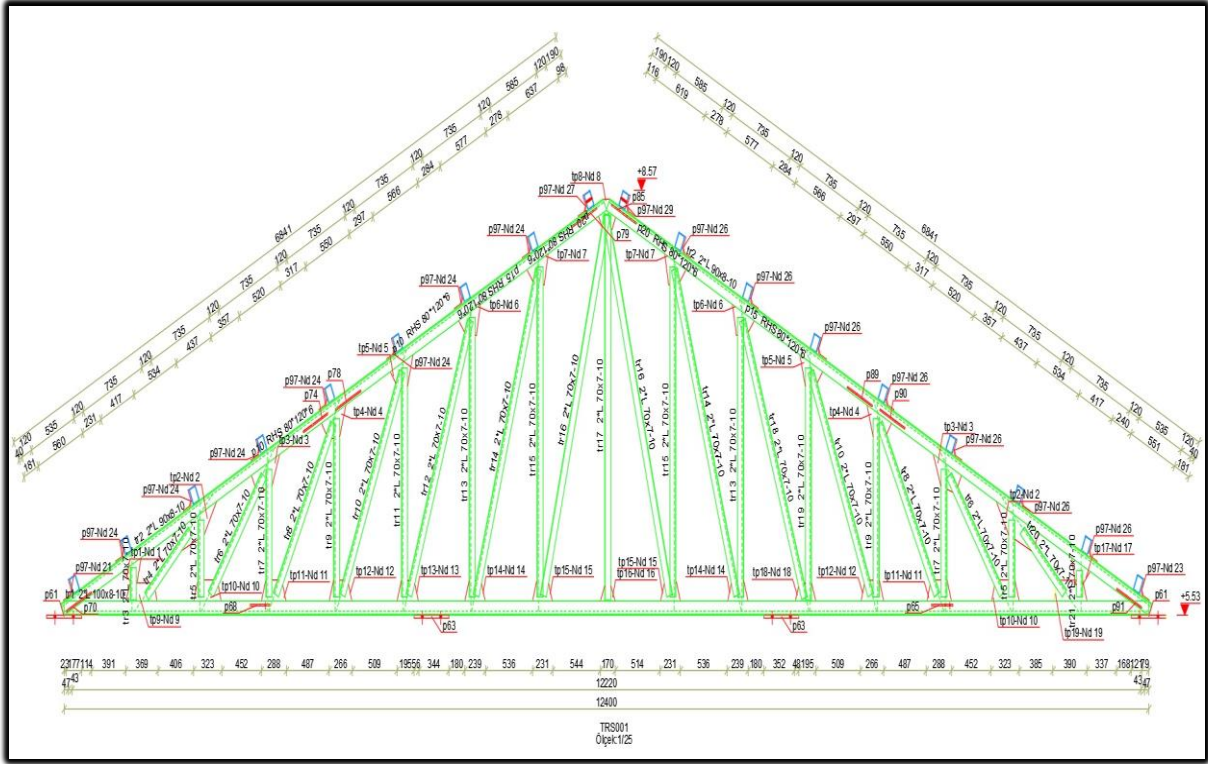
### İnşaat Metrajı ve Keşifler

Yapı elemanlarının inşaat metrajları ve yaklaşık maliyeti buğday deposunun Şekil 14 - 15' te verilen depo projelerine göre hazırlanarak Çizelge 3' te verilmiştir.



Şekil 14. Buğday deposu genel görünüşü.

Figure 14. General view of the wheat warehouse.



Şekil 15. Depo çelik makas çizimi.

Figure 15. Warehouse steel truss drawing.

Çizelge 3. İnşaat yapı elemanları yaklaşık maliyeti.

Table 3. The approximate cost of construction elements.

Sıra No	Poz No	İmalatın Cinsi	Birim	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı
1	15.153	Tuvenan kum, çakıl veya stabilize ile dolgu yapılması	m <sup>3</sup>	48.601	22.98	1.116.85
2	15.540.1339	Isı yalıtım sistemleri ile kaplanmış yüzeylere, astar uygulanarak fotokatalitik özellikli boya yapılması (dış cephe)	m <sup>2</sup>	493.102	55.25	27.243.89
3	18.233/5B	Mevcut ahşap, çelik, betonarme kiriş veya aşıklı çatı üzerinde 0.70 mm kalınlığında trapezoidal alüminyum levhalar (EN AW 1050A, Al 99.5) ile çatı örtüsü yapılması	m <sup>2</sup>	656.270	219.79	144.241.58
4	A07	Silindirli traşlı dış kapı kilidinin yerine takılması	Adet	1.000	102.50	102.50
5	A08	Kapı kolu ve aynalarının yerine takılması (Kromajlı)	Adet	1.000	36.50	36.50
6	A10	Menteşenin yerine takılması	Adet	3.000	6.00	18.00
7	A12	Sürgünün yerine takılması (Düşey tespit takımı)	Adet	1.000	7.75	7.75
8	KGM/25.016/K	Demir İmalatın İki Kat Antipas, İki Kat Sentetik Boya ile Boyanması	m <sup>2</sup>	35.000	70.31	2.460.85
9	Y.15.001/2B	Makine ile her derinlik ve her genişlikte yumuşak ve sert toprak kazılması (Derin kazı)	m <sup>3</sup>	48.601	12.61	612.86
10	Y.16.050/15	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 25/30 basınç dayanım sınıfında, gri renkte, normal hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m <sup>3</sup>	350.910	571.46	200.531.03
11	Y.16.050/21	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 8/10 basınç dayanım sınıfında, beyaz renkte, normal hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m <sup>3</sup>	72.902	561.80	40.956.34
12	Y.16.050/22	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 12/15 basınç dayanım sınıfında, beyaz renkte, normal hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m <sup>3</sup>	48.602	574.30	27.912.13

**Buğday Deposu Tasarımı: Havalandırma Sistem Tasarımı ve Birim Fiyat Analizi-II**

13	Y.18.461/022	4.3 mm kalınlıkta plastomer esaslı (-10 soğukta bükülmeli) polyester keçe taşıyıcılı bir yüzü mineral kaplı polimer bitümlü örtü ile tek kat su yalıtımı yapılması	m <sup>2</sup>	486.010	73.68	35.809.22
14	Y.19.055/006	8 cm kalınlıkta yüzeyi pürüzlü veya pürüzlü kanallı ekstrüde polistren levhalar (XPS - 200 kPa basınç dayanımlı) ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması (Mantolama)	m <sup>2</sup>	493.102	194.86	96.085.86
15	Y.19.058/002	4 cm kalınlıkta yüzeyi düzgün levhalar (XPS - 200 Kpa basınç dayanımlı) ile yatayda (zemin yada arakat döşeme betonu üzerinde vb.) ısı yalıtımı yapılması	m <sup>2</sup>	486.010	46.79	22.740.41
16	Y.19.085/008	Çimento esaslı polimer modifiyeli iki bileşenli kullanıma hazır yalıtım harcı ile file takviyeli olarak, 3 kat halinde toplam 2 mm kalınlıkta su yalıtımı yapılması	m <sup>2</sup>	486.010	52.68	25.603.01
17	Y.21.001/03	Plywood ile düz yüzeyli betonarme kalıbı yapılması	m <sup>2</sup>	1.206.400	129.53	156.264.99
18	Y.23.014	Ø 8- Ø 12 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması	Ton	7.162	13.678.13	97.962.77
19	Y.23.015	Ø 14- Ø 28 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması	Ton	21.580	13.630.00	294.135.40
20	Y.23.081	Profil demirlerinden çatı makası yapılması ve yerine konulması	Ton	31.366	20.505.73	643.182.73
21	Y.23.167	Çeşitli profil demiri ve sac levhalardan münferit imalat yapılması ve yerine konulması (su depoları ve benzeri)	kg	398.600	31.26	12.460.24
22	Y.27.562/011	İnorganik bağlayıcılı hazır (fabrikasyon) kaba/ince sıva harcı (TI, WI, CSI) ile iç veya dış yüzeylere 3 cm kalınlıkta sıva yapılması	m <sup>2</sup>	986.204	137.69	135.790.43
<b>Ara Toplam</b>						<b>1978197.28 ₺</b>
<b>KDV Tutarı</b>						<b>356075.51 ₺</b>
<b>Genel Toplam</b>						<b>2334272.79 ₺</b>

**SONUÇ**

Bu çalışmada, buğday deposunda depolamanın kontrollü bir şekilde sürdürülebilmesi için mekanik havalandırma sistemi projelendirilmiştir. Sonuç olarak depo ortamında gerek depolanan ürünün solunumu gerekse de diğer faaliyetler sonucunda depo ortamında kirlenmiş havanın dışarı atılarak taze havanın içeri alınabilmesi 8 adet ve 250x100 mm kesitli havalandırma kanalı tasarlanmıştır. Taze havanın sağlanabilmesi için etkili fan gücü 1140 W olarak belirlenmiştir.

İdeal depolama ortam havasının sağlanması için toplam ısı ihtiyacı 73164,99 W olarak hesaplanmıştır. 38 °C' deki dış ortamdan alınan havayı depo için ideal duruma getirmede toplam soğutma ihtiyacı 105157.42 W olarak hesaplanmıştır. Bu koşullar sağlandığında depolama süresince daha kaliteli ve sağlıklı bir ürün piyasaya arz edilebilecektir.

Projelemesi yapılan buğday deposunun 2022 yılına ait birim fiyatlarına göre KDV dahil Mekanik sistem yaklaşık maliyeti 586052.90 ₺, Elektrik tesisatı yaklaşık maliyeti 195145.39 ₺, İnşaat yapı elemanları yaklaşık maliyeti 2334272.79 ₺ olmak üzere toplam yaklaşık maliyeti 3115471.08 ₺ olarak belirlenmiştir.

**ÇIKAR ÇATIŞMASI**

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

**YAZAR KATKISI**

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamışlardır.

**KAYNAKLAR**

- Calderon, M. (1972). Aeration of grain — benefits and limitations. *EPPO Bull.*, 6, 83–94.
- Calderon, M. (1974). *The possible role of aeration in the control of stored product insects in warm climates*. In Proceedings of the International Working Conference on Stored Product Entomology, USA.
- Calderon, M. (1981). The ecosystem approach for apprehending the extent of postharvest grain losses. *Phytoparasitica*, 9, 157–167.

- Cao, Y., Li, G., Zhang, Z., Chen, L., Li, Y., & Zhang, T. (2010). *The specific heat of wheat*. 10th International Working Conference on Stored Product Protection, Germany.
- Cao, Y., Li, G., Zhang, Z., Chen, L., Li, Y., & Zhang, T. (2010). The specific heat of wheat. *Julius-Kühn-Archiv*, 425, 243.
- Driscoll, R. 1996. In-store drying and grain psychrometrics. In B. R. Champ, E. Highley & G. I. Johnson (Eds.), *Grain Drying in Asia*. Canberra, Australia.
- e-Hakediş. (2022). Yaklaşık Maliyet, Hakediş ve Kesin Hesap Programı. Oska Yazılım.
- Gençoğlan, S., Besen, D., & Gençoğlan, C. (2018). Osmaniye ilindeki tahıl depolarının mevcut durumu ve yapısal özelliklerinin belirlenmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(5), 596-601. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i5.596-601.1831>
- Golob, P., Farrell, G., & Orchard, J. E. (Eds.). (2008). *Crop post-harvest: science and technology*, Volume 1: Principles and practice. John Wiley & Sons.
- Kibar, H. (2011). Tömbul fıındık depolanmasında tane özelliklerine bağlı olarak ansys programıyla optimum silo tasarımı.[Doktora tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Kibar, H., Maman, K., Gülbe, A., & Can, Ç. (2015). Iğdır iline uygun mısır depolama yapısı ve havalandırma sistem tasarımı. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1), 37-46.
- Maman, K. 2019. Iğdır ilindeki bitkisel ürün depolarının mevcut durumu, geliştirme olanakları ve planlanması. [Yüksek Lisans tezi, Iğdır Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Montross, J. E., Montross, M. D., & Bakker-Arkema, F. W., 1999. Grain storage. In F. W. Bakker-Arkema, J. DeBaerdemaeker, P. Amirante, M. Ruiz-Altisent, & C. J. Studman (Eds.), *CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Volume IV: Agro-Processing Engineering* (pp. 46-59). American Society of Agricultural Engineers.
- Moreira, R. G., & Bakker-Arkema, F. W. (1992). Grain dryer controls: A review. *Cereal Chemistry*, 69(4), 390-396.
- Navarro, S. and Calderon, M. (1982). *Aeration of grain in subtropical climates*. FAO Agricultural Services Bulletin.
- Navarro, S., & Noyes, R. T. (2001). *The mechanics and physics of modern grain aeration management*. CRC press.
- Öztürk, T. (2003). *Tarımsal yapılar*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı.
- Sinha, R. N., & Muir, W. E. (1973). *Grain storage: part of a system*. The Avi Publishing Company.
- Shuanglin, W., Shengbin, L., & Xiaojun, Z. (2006, October 15-18). *Test on cooling grains with intellectual ventilation system*. Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored-Product Protection. Passo Fundo, RS, Brazil.
- Şişman, C. B. (2003). Tekirdağ yöresindeki ayçiçek depolarının durumu ve geliştirme olanakları. [Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- TS 2164. (1983). *Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 825. (2013). *Binalarda Isı Yalıtım Kuralları*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tutar, B. (2010). Adana ili ve ilçelerindeki yatay betonarme hububat depo yapılarının mevcut durumu, geliştirme olanakları. planlanması ve lisanslı depoculuk. [Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Van Wylen, G. J., & Sonntag, R. E. (1976). *Fundamentals of classical thermodynamics*. Wiley.
- Yılmaz, T., & Bulut, H. (1996). *Şanlıurfa ili için meteorolojik değerlerin günlük, yıllık değişiminin sürekli fonksiyonlarla ifadesi*. 4. Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Tekniğı Kongresi, Türkiye.

#### Kısaltmalar

A	.....	Yüzey alanı, m <sup>2</sup>
A <sub>Top</sub>	.....	Isı kaybı hesaplanan hacmi çevreleyen tüm yüzeylerin alanları toplamı, m <sup>2</sup>
a	.....	Deponun genişliğı, m
a <sub>s</sub>	.....	Hava sızdırma katsayısı, m <sup>3</sup> m <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>
b	.....	Deponun boyu, m
C	.....	Ürünün yaydığı ısı miktarı, kcal t <sup>-1</sup>
C <sub>p</sub>	.....	Havanın özgül ısı kapasitesi, kJ kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>
D	.....	Deponun çapı

Dz	.....	Birim alan, zaman ve sıcaklık ısı değeri
E	.....	Bina durum kat sayısı için düzeltme çarpım faktörü
G	.....	Deponun kapasitesi, ton
H	.....	Depo yan duvar yüksekliği
H <sub>d</sub>	.....	Bina durum katsayısı
h	.....	Ürün yığın yüksekliği
l	.....	Pencere veya kapının açılan kısmının çevre uzunluğu, m
K	.....	Kelvin
L <sub>n</sub>	.....	Yapı bileşeninin kalınlığı, cm
M	.....	Ürün miktarı, ton
m <sub>hava</sub>	.....	Isıtılacak hava miktarı, kg h <sup>-1</sup>
min	.....	Dakika
Q	.....	Depo maksimum ısı ihtiyacı, W
Q <sub>0</sub>	.....	Artırımsız iletimsel ısı kaybı, W
Q <sub>h</sub>	.....	Toplam ısı kaybı, W
Q <sub>i</sub>	.....	İletimsel ısı kaybı, W
Q <sub>s</sub>	.....	Hava sızıntısı ısı kaybı, W
q	.....	Ürünün 24 saatte yaydığı ısı miktarı, kcal h <sup>-1</sup>
r	.....	Yarıçap, m
R <sub>a</sub>	.....	Isı geçirgenlik direnci
R <sub>d</sub>	.....	Depo durum katsayısı
T <sub>d</sub>	.....	Dış sıcaklık, °C
T <sub>i</sub>	.....	İç sıcaklık, °C
U	.....	Isı geçirgenlik katsayısı, W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>
V	.....	Kanaldaki hava akım hızı
V <sub>d</sub>	.....	Deponun hacmi, m <sup>3</sup>
V <sub>hava</sub>	.....	İhtiyaç duyulan havanın hacmi, m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>
Z <sub>D</sub>	.....	Birleştirilmiş artırım katsayısı
Z <sub>e</sub>	.....	Hava sızıntı oda durum katsayısı
Z <sub>H</sub>	.....	Yön artırımı katsayısı
Z <sub>w</sub>	.....	Kat artırımı katsayısı
ΔT	.....	Sıcaklık farkı, °C
α <sub>d</sub>	.....	Dış yüzeyel ısı iletim katsayısı, W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>
α <sub>i</sub>	.....	İç yüzeyel ısı iletim katsayısı, W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>
λ	.....	Isıl iletkenlik, W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>
π	.....	Pi sabiti
ρ <sub>hava</sub>	.....	Havanın özgül ağırlığı, kg m <sup>-3</sup>
ω	.....	Pencere sızıntı aralığı uzunluğu katsayısı
°C	.....	Santigrad derece
1/U	.....	Yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik direnci, m <sup>2</sup> K W <sup>-1</sup>
®	.....	Kayıtlı

## EK

### Isıtma ve Soğutma Sisteminin Çalışması İçin Yazılan Kodlar

Sistemin çalışması için arka planda çalışan bütün kodlar sistemde ilgili parametreler ile ilişkilendirilerek aşağıda açıklanmıştır.

- 1- OFF butonuna basıldığında sistemin açma kapama işlevi meydana gelmekte olup arka planda icra edilen kodlar aşağıda verilmiştir.

```

Private Sub OnOFF_Click()
If OnOFF = True Then
    OnOFF.Caption = "OFF"
    If [k18] = 0 Then Call Bekleme_Modu
    If [k18] = 1 Then Call Isıtma_Modu
    If [k18] = 2 Then Call Soğutma_Modu
Else
    OnOFF.Caption = "ON"

End If

End Sub

```

ISIT butonuna tıklandığında sistem manuel olarak ısıtılabilir. Bunun dışında ortam sıcaklığının sınır değerinin altına düşmesi durumunda otomasyon otomatik olarak bu butonu devreye alacaktır.

```

Private Sub ISITMA_Click()
If ISITMA = True Then
    SOĞUTMA = False
    ISITMA.Caption = "ISITMA DEVREDE"
    Call Isıtma_Modu
Else
    ISITMA.Caption = "ISIT"
    Range("K18").Value = 0

End If

End Sub

```

2- SOĞUT butonuna tıklandığında sistem manuel olarak soğutulabilir. Bunun dışında ortam sıcaklığının sınır değerinin üstüne çıkması durumunda otomasyon otomatik olarak bu butonu devreye alacaktır.

```

Private Sub SOĞUTMA_Click()
If SOĞUTMA = True Then
    ISITMA = False
    SOĞUTMA.Caption = "SOĞUTMA DEVREDE"
    Call Soğutma_Modu
Else
    SOĞUTMA.Caption = "SOĞUT"
    Range("K18").Value = 0

End If

End Sub

```

3- Panel ON/OFF butonlarına basıldığında 8 adet iklimlendirme paneli devreye girmekte olup arka planda icra edilen kodlar aşağıda sunulmuştur.

```

Private Sub T1_Click()
    If Range("k18") = 2 Then
        If T1.Value = True Then
            Call Fan1Soğuk
            Range("e15") = 1
        Else
            Call Fan1OFF
            Range("e15") = 0
            Range("x11") = ""
        End If
    ElseIf Range("k18") = 1 Then
        If T1.Value = True Then
            Call Fan1Sıcak
            Range("e15") = 1
        Else
            Call Fan1OFF
            Range("e15") = 0
            Range("x11") = ""
        End If
    ElseIf Range("k18") = 0 Then
        If T1.Value = True Then
            Range("e15") = 1
        Else
            Range("e15") = 0
        End If
    End If
End Sub

```

- 4- Sistem çalışma modlarında ihtiyaç duyulan ısı miktarına göre sistemde kullanılacak ısıtma ekipmanlarının etiket değerlerinden her bir modül için ısı hesabı yapılarak sisteme entegre edilmiştir. Her bir mod için gerekli ısı miktarı ısı hesaplarında belirtildiği gibi modüllere tanımlanmıştır. İlgili modlar için arka planda icra edilecek kod blokları sırasıyla aşağıda sunulmuştur.
- Sistem bekleme durumuna geldiğinde ortamın *Yaz* veya *Kış* olma durumuna göre sıcaklık değişimi artıp veya azalacağından bekleme durumunda aşağıdaki kod bloğu icra edilecektir.

```

Sub BeklemeDurumu()
    Start = Timer

    ISITMA = False
    SOĞUTMA = False

    t = [n16].Value

    Do
        DoEvents
        Finish = Timer
        i = [AL20].Value      'Açık Anahtar Sayısı
        l = [k18].Value      'Bekleme Modunda

        If l = 0 Then
            If Yaz.Value = True Then
                [p15] = Format(t + 0.01 * (Finish - Start), 0)
                If Range("n16").Value = 15 Then Call Soğutma_Modu
            Else
                [p15] = Format(t - 0.01 * (Finish - Start), 0)
                If Range("n16").Value = 3 Then Call Isitma_Modu
            End If
        End If
        If OnOFF = False Then Exit Sub
    Loop While Finish - Start <= 500

End Sub

```

- 5- Sistem kış modunda olduğunda bekleme modunda (tüm fanlar kapalı) ortam sıcaklığı kendiliğinden düşeceği için sıcaklık belirtilen sınır değer (3 °C) altına düştüğü zaman *Isıtma Modu* devreye girerek aktif olan fanlar sıcak hava üfleyecek ve ortam sıcaklığını



5 °C' ye kadar yükseltecektir. Sıcaklık 5 °C' ye ulaştığında *Bekleme Modu* devreye girecek ve tüm fanlar devre dışı bırakılacaktır. Bu döngü tekrar tekrar devam edeceği için ortam sıcaklığı 3 °C ile 5 °C arasında tutulacaktır.

```
Sub Isıtma_Modu()

    Range("E18:J18").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-6]C[34]"
    Range("E19").Select
    Range("E18:J18").Select
    With Selection.Font
        .Color = -16776961
        .TintAndShade = 0
    End With
    Range("K18").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "1"
    Range("A2").Select

    If Range("AJ11").Value = 1 Then Call Fan1Sıcak
    If Range("AJ12").Value = 1 Then Call Fan2Sıcak
    If Range("AJ13").Value = 1 Then Call Fan3Sıcak
    If Range("AJ14").Value = 1 Then Call Fan4Sıcak
    If Range("AJ15").Value = 1 Then Call Fan5Sıcak
    If Range("AJ16").Value = 1 Then Call Fan6Sıcak
    If Range("AJ17").Value = 1 Then Call Fan7Sıcak
    If Range("AJ18").Value = 1 Then Call Fan8Sıcak

    ISITMA.Value = True
    Call IsıtmaDurumu

End Sub
```

6- *Isıtma Modu* icra edildiğinde ilgili fanlar devreye girerek arka planda aşağıdaki kod blokları icra edilecektir.

```
Sub IsıtmaDurumu()
    Start = Timer

    t = [n16].Value

    Do
    DoEvents
    Finish = Timer
    i = [AL20].Value      'Açık Anahtar Sayısı
    l = [k18].Value      'Bekleme Modunda

    If l = 1 Then
        If i = 0 Then
            [p15] = Format(t + 0.1 * (Finish - Start), 0)
        Else
            [p15] = Format(t + 0.1 * 4 * (Finish - Start), 0)
        End If
    End If

    If Range("n16").Value > 15 Then ISITMA.Value = False:
    SOĞUTMA.Value = True: Call Soğutma_Modu

    If OnOFF = True Then
        If Range("n16").Value = 5 Then Call Bekleme_Modu
    End If

    If OnOFF = False Then Exit Sub
    Loop While Finish - Start <= 500

End Sub
```

7- Sistem yaz modunda olduğunda bekleme modunda (tüm fanlar kapalı) ortam sıcaklığı kendiliğinden yükseleceği için sıcaklık belirtilen sınır değer (15 °C) üzerine çıktığı zaman *Soğutma Modu* devreye girerek aktif olan fanlar soğuk hava üfleyecek ve ortam sıcaklığını 5 °C' ye kadar düşürecektir. Sıcaklık 5 °C' ye ulaştığında *Bekleme Modu*

devreye girecek ve tüm fanlar devre dışı bırakılacaktır. Bu döngü tekrar tekrar devam edeceği için ortam sıcaklığı 5 °C ile 15 °C arasında tutulacaktır.

```
Sub Soğutma_Modu()

    Range("E18:J18").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "=R[-5]C[34]"
    Range("E18:J18").Select
    With Selection.Font
        .Color = -4165632
        .TintAndShade = 0
    End With
    Range("K18").Select
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "2"
    Range("A2").Select

    If Range("AJ11").Value = 1 Then Call Fan1Soğuk
    If Range("AJ12").Value = 1 Then Call Fan2Soğuk
    If Range("AJ13").Value = 1 Then Call Fan3Soğuk
    If Range("AJ14").Value = 1 Then Call Fan4Soğuk
    If Range("AJ15").Value = 1 Then Call Fan5Soğuk
    If Range("AJ16").Value = 1 Then Call Fan6Soğuk
    If Range("AJ17").Value = 1 Then Call Fan7Soğuk
    If Range("AJ18").Value = 1 Then Call Fan8Soğuk

    SOĞUTMA.Value = True
    Call SoğutmaDurumu

End Sub
```

- 8- *Soğutma Modu* icra edildiğinde ilgili fanlar devreye girerek arka planda aşağıdaki kod blokları icra edilecektir.

```
Sub SoğutmaDurumu()
    Start = Timer

    t = [n16].Value

    Do
    DoEvents
    Finish = Timer
    i = [AL20].Value      'Açık Anahtar Sayısı
    l = [k18].Value      'Bekleme Modunda

    If l = 2 Then
        If i = 0 Then
            [p15] = Format(t - 0.1 * (Finish - Start), 0)
        Else
            [p15] = Format(t - 0.1 * 4 * (Finish - Start), 0)
        End If
    End If

    If Range("n16").Value < 0 Then SOĞUTMA.Value = False:
    ISITMA.Value = True: Isıtma_Modu

    If OnOFF = True Then
    If Range("n16").Value = 5 Then Call Bekleme_Modu
    End If


    If OnOFF = False Then Exit Sub
    Loop While Finnish - Start <= 500

End Sub
```



## Monitoring the Short-Term Effect of Banana Waste Compost on the Enzymatic Activities of Soil Associated with Nitrogen and Phosphorus

Muz Atıkları Kompostunun Toprağın Azot ve Fosfor ile İlişkili Enzimatik Aktiviteleri Üzerine Kısa Süreli Etkisinin İzlenmesi

İsmail Emrah Tavalı<sup>1</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 15.04.2022

Kabul Tarihi (Accepted): 06.07.2022

Yayın Tarihi (Published): 22.08.2022

**Abstract:** A large amount of plant pruning waste occurs after annual care in banana production areas. This waste material contains significant amounts of organic substances and nutrients. In this study, banana waste compost (BWC) was applied to the soil both alone and in mixture with leonardite (LT) and vinasse compost (VC). Treatments include: control (CL), banana waste compost alone (BWC-2: 2 t da<sup>-1</sup>; BWC-4: 4 t da<sup>-1</sup>; BWC-8: 8 t da<sup>-1</sup>), leonardite alone (LT: the recommended application rate), leonardite with banana waste compost (BWC-2+LT; BWC-4+LT; BWC-8+LT), vinasse compost alone (VC: the recommended application rate), vinasse compost with banana waste compost (BWC-2+VC; BWC-4+VC; BWC-8+VC). Afterwards, the changes in the activities of nitrogen (NH<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub>) and phosphorus (available P) related enzymes (urease and alkaline phosphatase) were monitored through analyzes made on soil samples taken on certain days (0<sup>th</sup>, 10<sup>th</sup>, 20<sup>th</sup>, 40<sup>th</sup>, 80<sup>th</sup>). During this period, the pH and EC values of the soil were also measured. According to the results obtained; it was determined that banana waste compost combined with leonardite generally positively affects the pH, EC, exchangeable NH<sub>4</sub>-NO<sub>3</sub> and, available P of the soil, as well as the activity of urease and alkaline phosphatase compared to other treatments. In this regard, according to the control, the urease activity of the soil increased by 875%, the alkaline phosphatase activity by 149%, the exchangeable NH<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub> by 188%, available P by 83%, and the EC value by 100%. However, the pH value decreased by about 5%. As a result, it can be stated that the application of banana waste compost combined with leonardite as a soil conditioner at least 4 t da<sup>-1</sup> will be economical and 10 to 20 days after this application, nitrogen and phosphorus availability will increase in the soil.

**Keywords:** Organic waste, organic matter, soil enzymes, soil quality.

&

**Öz:** Muz üretim alanlarında her yıl yapılan muz bakımı sonrası çok miktarda bitki budama atığı ortaya çıkmaktadır. Bu atık malzeme önemli miktarlarda organik madde ve besin içermektedir. Bu çalışmada, muz atıkları kompostlandıktan (MAK) sonra hem tek başına hem de leonardit (LT) ve melas kompostu (MK) ile karıştırılarak toprağa uygulanmıştır. Yapılan uygulamalar şunlardır: Kontrol (K), tek başına muz atığı kompostu (MAK-2: 2 t da<sup>-1</sup>; MAK-4: 4 t da<sup>-1</sup>; MAK-8: 8 t da<sup>-1</sup>), tek başına leonardit (LT: tavsiye edilen doz), muz atığı kompostu ile leonardit (MAK-2+LT; MAK-4+LT; MAK-8+LT), tek başına melas kompostu (MK), muz atığı kompostu ile melas kompostu (MAK-2+MK; MAK-4+MK; MAK-8+MK). Sonrasında azot (NH<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub>) ve fosfor (alınabilir P) ile ilişkili enzimlerin (ürez ve alkali fosfataz) aktivitelerindeki değişimler belirli günlerde (0., 10., 20., 40., 80.) alınan toprak örneklerinde yapılan analizler vasıtasıyla izlenmiştir. Bu sürede toprağın pH ve EC değerleri de ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre; leonardit ile kombine edilen muz atığı kompostunun genel olarak toprağın pH, EC, değişebilir NH<sub>4</sub>-NO<sub>3</sub>, alınabilir P, ürez ve alkali fosfataz aktivitesini diğer uygulamalara göre olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. Bu bağlamda, kontrole göre toprağın ürez aktivitesi % 875, alkali fosfataz aktivitesi % 149, değişebilir NH<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub> kapsamı % 188, alınabilir P kapsamı % 83, EC değeri % 100 oranında artmıştır. pH değeri ise yaklaşık % 5 oranında azalmıştır. Sonuçta, leonardit ile kombine edilen muz atığı kompostunun toprak iyileştiricisi olarak en az 4 t da<sup>-1</sup> olacak şekilde uygulanmasının ekonomik olacağı ve bu uygulamadan 10 ila 20 gün sonra toprakta azot, fosfor yarayışlılığının artacağı ifade edilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Organik atık, organik madde, toprak enzimleri, toprak kalitesi.

**Atıf/Cite as:** Tavalı, İ. E. (2022). Monitoring the Short-Term Effect of Banana Waste Compost on the Enzymatic Activities of Soil Associated With Nitrogen and Phosphorus. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 8 (2), 328-339. DOI: 10.24180/ijaws.1103908

**İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethik:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/pub/ijaws>

Copyright © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi İsmail Emrah Tavalı, Akdeniz Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, etavali@akdeniz.edu.tr (Corresponding author)

## **INTRODUCTION**

The addition of materials derived from organic sources is a common approach of correcting the physical, chemical, and biological qualities of the soil and ensuring its continuity. In general, organic matter has a positive influence on soil nutrient content, nutrient absorption, soil aggregation, water holding capacity, aeration, plasticity, temperature, pH, microbial diversity, erosion sensitivity, and production capacity (Kome et al., 2019). It has been known for a long time that the production capacity of soils is directly related to the amount of organic matter they contain. In this context, it is reported that soils rich in organic matter are more efficient, serve as a source and storehouse for nutrients such as nitrogen, phosphorus, sulfur, and also serve as a source of energy and nutrients for soil organisms (Goss et al., 2013). In addition, organic matter is responsible for 20-70% of the cation exchange capacities of most soils. In other words, although it makes up a very small percentage of soils by weight, it is an important soil parameter that affects soil fertility and structure (Nawaz et al., 2013).

Compost is obtained from organic waste by microbiological oxidation under aerobic conditions by various methods. This material is a biologically sterilized substance of organic character, odorless, low in volume weight, high in water holding capacity, containing macro- and micronutrients favorable for the plant, in a granular structure (Wang et al., 2021). Despite the increasing use of compost in recent years in the world, this material still does not receive the attention it deserves. It has been shown that the application of this material to the soil increases the yield of plants, improves soil structure, increases cation exchange capacity, and also accelerates biochemical activity (Adugna, 2016). Tons of banana pruning waste occur every year in the regions where banana cultivation is intensively carried out in Turkey (Aksu, Serik, Manavgat, Alanya, Anamur, Gazipaşa, Bozyazı) and they cause serious environmental pollution. However, in tropical regions where banana cultivation is intensive, farm manure is never used as an organic fertilizer, instead, banana stems and leaves are used directly (Teixeira et al., 2021). In Turkey, relatively expensive farm manure is used as an organic fertilizer in banana cultivation. Plantain plant stems and leaves are very rich in plant nutrients. Every year in an area where bananas are grown, an average of about 20 tons of waste per decare comes out as stems and leaves during the maintenance-pruning period after harvest (Alzate Acevedo et al., 2021). It was reported that the amounts of nutrients thrown out of the plantation with these plant wastes every year are in the form of 60 kg N, 25 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 100 kg K<sub>2</sub>O, 12.5 kg CaO and 3.0 kg MgO (Padam et al., 2014).

For microorganisms to benefit from large-molecule organic substances found in the soil, they must secrete their enzymes into the medium and break down these compounds into simple compounds of the size they can absorb (Jacoby et al., 2017). A very large part of the enzymes in the soil are extracellular enzymes that living soil microorganisms release to the outside to break down nutrients, as well as enzymes that become partially or completely free after the death of microorganisms and mix with the soil. These enzymes are adsorbed by inorganic (clay minerals) and organic (humus) colloids of the soil. Adsorbed enzymes are more resistant to external influences than other enzymes (compared to those secreted from plants and animals) and are able to maintain their activity for a long time (Datta et al., 2017). By measuring the activity of enzymes secreted by soil microorganisms, important information can be obtained about the state of soil fertility (Rózyło and Bohacz, 2020). In each culture soil, there is a level of enzymes specific to that soil. The amount and types of enzymes also depend on the properties and amounts of harvest residues remaining in the soil, as well as the types and amount of organic and inorganic fertilizers supplied (Szostek et al., 2022). Within the scope of this study, banana pruning waste compost was applied to the soil both alone and together with leonardite and vinasse compost. In this context, the effects of banana waste compost on some chemical properties of the soil (exchangeable mineral nitrogen, available phosphorus, pH, EC) and enzyme activities (urease and alkaline phosphatase) were tried to determine by the compare with leonardite and vinasse compost.

## **MATERIAL AND METHOD**

### *Preparation of Compost*

Banana waste was obtained from a banana greenhouse (36° 21' 3" N; 32° 15' 47" E, altitude 185 m) belonging to a farmer located in the Alanya District of Antalya and then composted by heap composting

method. The composting material was formed from the remaining parts of the banana plant and the seedlings left over from the harvest. The composting process was carried out according to the method reported by Torres-Climent et al. (2015). Accordingly, sawdust 20 cm high was spread on the surface as a substrate to ensure air passage, and a mixture of soil and farm manure 10 cm thick was added to it. After the mixture was sufficiently moistened, banana waste cut into small pieces was added to it so that it was 30 cm thick. 10 cm of soil-farm fertilizer mixture and 30 cm of banana waste were added to the pile again. After that, it was spread on a 10 cm soil-farm fertilizer mixture for the last time and after it was sufficiently soaked, it was covered with a nylon wrap and expected to reach the appropriate temperature. After one to three days, the wrap was opened and the pile was mixed uniformly, then some water was added to adjust the amount of moisture. After that, compost was obtained by 1 mixing process and moisture control per week for 14 weeks.

### Experiment Management

Within the scope of the study, a potting experiment was established in the greenhouse located in the area where banana pruning waste was provided. The soil sample to be used in the pots was taken from an area where no previous application had been made. According to the analyses, it was determined that the composition of the experimental soil was clay-loam, moderate alkaline (pH 7.75). Its EC was salt-free ( $0.258 \mu\text{S cm}^{-1}$ ), the amount of organic matter was poor in humus (1.88%), the amount of lime was high (19%). In addition, it was determined that it was also in the inadequate class in terms of some nutrient elements (total N: 0.082%; available P:  $3.84 \text{ P}_2\text{O}_5 \text{ kg da}^{-1}$ ). In order to better see the effectiveness of banana waste compost, leonardite and vinasse compost were also used. The leonardite and vinasse compost used in the experiment was obtained from a commercial company (Deryagri co. ltd.). The properties of all materials applied to the soil are listed in Table 1.

**Table 1.** Properties of materials applied to the soil.

*Çizelge 1. Denemede toprağa uygulanan materyallerin özellikleri.*

Parameter	Banana waste compost (BWC)	Leonardite (LT)	Vinasse compost (VC)
pH	8.2	5.8	7.4
Moisture (%)	30	20	20
Organic matter (%)	48	65	32
Organic carbon (%)	27.8	37.7	18.5
C/N rate	25/1	18/1	14/1
C/P rate	30/1	21/1	15/1
Humic+fulvic acid (%)	45	78	42
Total N (%)	1.1	2	1.3
Total P (%)	0.9	1.8	1.2

In the experiment, 5 mm sieved soils were filled into pots that received 3 kg of soil first. Then, according to the random plots experiment pattern, banana compost was applied to the soil in 4 different application rates (0, 2, 4, 8 t da<sup>-1</sup>) both alone and in combination with leonardite and vinasse compost in a 3-repeat. Vinasse compost and leonardite were applied to pots at the commercially recommended dose. The treatments to the soil in the experiment are as follows: control (CL: no treatment), banana waste compost alone (BWC-2: 2 t da<sup>-1</sup>; BWC-4: 4 t da<sup>-1</sup>; BWC-8: 8 t da<sup>-1</sup>), leonardite alone (LT: the recommended application rate), leonardite with banana waste compost (BWC-2+LT; BWC-4+LT; BWC-8+LT), vinasse compost alone (VC: the recommended application rate), vinasse compost with banana waste compost (BWC-2+VC; BWC-4+VC; BWC-8+VC). These materials were calculated and weighed to be in the indicated application rates. Next, it was poured into the potting soil uniformly and carefully mixed. During the experiment period, attention was paid to the fact that the moisture level of the mixture in the pots will be 60% of the field capacity of the soil. For this, the pots were weighed and the amount of water calculated according to the weight loss was supplemented with well water. In addition, the location of the pots was changed periodically. After the procedures of taking soil samples for analysis were completed, the experiment was terminated.

**Collection of Samples and Methods of Analysis**

Texture, total nitrogen (N), available phosphorus (P), pH, EC, lime, organic matter, and the activities of urease and alkaline phosphatase were determined in the soil sample taken before the experiment was established. In the obtained banana waste compost and leonardite and vinasse compost, the amount of moisture, pH, EC, amount of organic matter, and nutrients (total C, N, P) were determined. After the experiment was established, urease and alkaline phosphatase activities, ammonium-nitrate and available phosphorus were determined in the soil samples taken from 0-10 cm depth on the 0<sup>th</sup>, 10<sup>th</sup>, 20<sup>th</sup>, 40<sup>th</sup> and 80<sup>th</sup> days. In addition, pH and EC measurements were also determined.

Soil texture was determined by according to the hydrometer method (Bouyoucos, 1951). pH and EC were measured by 1/2.5 soil-pure water mixture (Jackson, 1967). Soil lime was determined by according to the calcimeter method (Çağlar, 1949). Soil organic matter was determined by according to the modified Walkley-Black method (Black, 1965), and total nitrogen by according to the modified Kjeldahl method (Kacar, 1995). Soil exchangeable NH<sub>4</sub>-NO<sub>3</sub> determined by according to the steam distillation method (Bremner, 1965), and available P by according to the Olsen method (Olsen and Sommers, 1982). The analyzes made on the materials applied to the soil are as follows: pH and EC were determined in 1/10 waste-pure water mixture (Jackson, 1967). Moisture, organic matter and, organic carbon were determined by weight loss which occurs as a result of burning in the muffle furnace (Kacar, 1990). Total N and total P were determined by according to the wet digestion method (Kacar and İnal, 2008). Total Humic + Fulvic acid was determined according to the by TS 5869 ISO method no 5073 (TSE, 2003).

The urease activity of soils was determined according to Hoffman and Teicher's (1961) method. Accordingly, 0.2 ml of toluene, 7.5 ml of citrate buffer solution (184 g of citric acid and 147 g of potassium hydroxide / 1 L, pH 6.7) and 10 ml of urea solution (10%) were added to 10 g of moist soil. Next, this mixture was incubated for 1 hours at 37 ° C. The final volume was brought to 100 ml and filtered. The ammonium released after the addition of the color solution was measured at 578 nm. Alkaline phosphatase activity was determined according to the method of Tabatabai and Bremner (1969). For this, 0.2 ml of toluene, 4 ml of MUB (12.1 g of tris, 11.6 g of maleic acid, 14.0 g of citric acid and 6.3 g of boric acid / 1 L, pH 11) and 1 ml of p-nitrophenyl phosphate (0.835 g of PNP phosphate/50 ml of MUB) were added to 1 g of soil. This mixture was incubated for 1 hour at 37 °C, and after incubation, 1 ml of 0.5 M CaCl<sub>2</sub> and 4 ml of 0.5 M NaOH were added to the mixture and filtered. The intensity of the formed yellow color was determined at 410 nm. After calculating the moisture content of the soils for both enzyme activities, the results were expressed in terms of dry soil equivalents.

**Statistical Analysis**

The significance of the numerical data obtained in the experiment was determined at the 5% level by repeated measurement analysis (*r*ANOVA) in the SPSS 17.0 package program. The significant findings were grouped by Duncan multiple comparison test (SPSS, 2008).

**RESULTS AND DISCUSSION**

**Urease Activity**

The effects of interaction between applications and sampling times on the urease activity of soil were found to be statistically insignificant (Table 2). However, considering the average values depending on the time of application, the BWC-2+LT, BWC-4+LT and BWC-8+LT (69.57, 67.05 and 74.93 µg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N g<sup>-1</sup> dw h<sup>-1</sup>, respectively) applications were found to increase of soil urease activity statistically greater than that of others. On the other hand, it was determined that the urease activity of the soil reaches the highest levels during the 10<sup>th</sup>, 20<sup>th</sup>, and 40<sup>th</sup> days. The increase in soil enzyme activity is parallel to the increase in soil organic matter. This situation reveals that enzymes are linked to the population dynamics of the soil biota (Myszura et al., 2021). It is reported that the increase in urease activity with the addition of organic matter to the soil is mainly attributed to the nitrogen content of the added material (Piotrowska-Długosz et al., 2022). It can be stated that the amount of both nitrogen (1.1%) and organic matter (48%) in the banana waste compost used in this study is not very low. In addition, it's the C/N ratio (25/1) is also high. However, since the leonardite added to the compost has better properties, it is considered that banana

waste compost alone cannot be effective on urease activity. As a matter of fact, it can be stated that the leonardite used in the experiment is a good source of organic matter (65%), carbon (37.7%) and nitrogen (2%).

**Table 2.** Effect of applications on urease activity of soil ( $\mu\text{g NH}_4^+\text{-N g}^{-1} \text{dw h}^{-1}$ ).

Çizelge 2. Uygulamaların toprağın üreaz aktivitesi üzerine etkisi.

Treatments	Sampling time (days)					Mean
	0	10	20	40	80	
CL	4.06	7.84	7.77	9.29	9.43	7.68e <sup>1</sup>
BWC-2	21.87	28.67	24.92	30.76	11.18	23.48de
BWC-4	35.65	34.52	38.89	35.68	26.46	34.24c
BWC-8	36.23	38.19	36.36	36.62	24.10	34.30c
VC	30.26	31.27	32.44	27.70	26.46	29.63d
BWC-2+VC	32.25	34.76	35.09	32.00	28.80	32.58c
BWC-4+VC	19.58	22.16	21.74	30.76	27.63	24.37de
BWC-8+VC	14.98	26.72	29.89	33.84	29.97	27.08d
LT	45.47	53.56	58.27	58.06	54.63	54.00b
BWC-2+LT	58.64	77.22	79.63	78.34	54.04	69.57a
BWC-4+LT	59.22	65.75	82.10	75.90	52.27	67.05a
BWC-8+LT	56.91	82.02	96.07	83.2608	56.38	74.93a
Mean	34.59b <sup>2</sup>	41.89a	45.26a	44.35a	33.44b	

rANOVA (LSD %5)

Sampling time (S)	11.241*** <sup>3</sup>
Treatment (T)	62.181***
S x T	Ns <sup>4</sup>

<sup>1</sup> The values lettered are the mean of the applications. Differences between values not denoted by the same letter are significant at the 5% level.

<sup>2</sup> The lettered values are the mean of the sampling time. Differences between values not denoted by the same letter are significant at the 5% level.

<sup>3</sup>  $p < 0.001$

<sup>4</sup> Ns: Not significant.

### Alkaline Phosphatase Activity

The effects of interaction between applications and sampling times on the alkaline phosphatase activity of soil were found to be significant at the  $p < 0.001$  level (Table 3). In addition, according to the time-dependent average values of the applications, it was found that the application of BWC-4+LT ( $53.69 \mu\text{g PNP g}^{-1} \text{dw h}^{-1}$ ) statistically increased the urease activity of the soil more than others. On the other hand, it was determined that the alkaline phosphatase activity of the soil 10<sup>th</sup> day reaches the highest levels. It was shown that organic materials added to the soil increase the phosphatase activity of the soil, so there is a close relationship between the amount of soil organic matter and the phosphatase activity (Margalef et al., 2017). It is reported that organic fertilizers, which are widely used to increase soil organic matter, increase the activity of this enzyme by acting as a substrate for the phosphatase (Shang et al., 2020). Although the banana waste compost used in this study is not insufficient in terms of phosphorus (total P: 0.9%) and organic carbon (27.8%), the highest phosphatase activity value was obtained in the application of banana waste compost with the addition of leonardite (organic matter: 65%, total P: 1.8%). In this case, it can be said that the combined application is more stimulating on microorganisms that secrete the enzyme alkaline phosphatase. This situation is likely to occur as a result of the high C/P ratios of both banana waste compost (30/1) and leonardite (21/1). As a matter of fact, it has been shown that a significant increase in the activity of the alkaline phosphatase enzyme secreted from microorganisms also occurs with an increase in the amount of organic-bound P, which acts as a substrate in the soil (Cabugao et al., 2017).

**Table 3.** Effect of applications on alkaline phosphatase activity of soil ( $\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{dw h}^{-1}$ ).

Çizelge 3. Uygulamaların toprağın alkali fosfataz aktivitesi üzerine etkisi.

Treatments	Sampling time (days)					Mean
	0	10	20	40	80	
CL	14.97	23.68	24.18	18.65	26.04	21.50d <sup>1</sup>
BWC-2	18.40	69.75	39.72	29.82	33.50	38.24cd
BWC-4	18.70	79.51	47.02	35.57	44.50	45.06bc
BWC-8	22.98	72.58	42.99	38.80	39.22	43.31bc
VC	25.26	91.53	36.12	34.79	51.91	47.92b
BWC-2+VC	18.86	94	37.47	38.04	47.82	47.24b
BWC-4+VC	16.51	97.76	47.24	43.00	42.18	49.34b
BWC-8+VC	17.14	96.58	37.76	38.88	53.71	48.81b
LT	18.12	72.78	35.43	35.63	42.30	40.85c
BWC-2+LT	19.30	106.96	45.10	40.24	45.79	51.48ab
BWC-4+LT	23.40	91.24	43.12	50.09	60.62	53.69a
BWC-8+LT	22.93	77.79	46.42	45.46	63.98	51.32ab
Mean	19.71c <sup>2</sup>	81.18a	40.21bc	37.41bc	45.97b	

*r*ANOVA (LSD %5)

Sampling time (S)	83.132*** <sup>3</sup>
Treatment (T)	12.196***
S x T	5.267***

<sup>1</sup> The values lettered are the mean of the applications. Differences between values not denoted by the same letter are significant at the 5% level.

<sup>2</sup> The lettered values are the mean of the sampling time. Differences between values not denoted by the same letter are significant at the 5% level.

<sup>3</sup>  $p < 0.001$

#### Exchangeable $\text{NH}_4\text{-NO}_3$

The effects of interaction between applications and sampling time on the exchangeable  $\text{NH}_4\text{-NO}_3$  of soil were found to be statistically significant at the  $p < 0.001$  level (Table 4).

**Table 4.** Effect of applications on exchangeable  $\text{NH}_4\text{-NO}_3$  of soil ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).

Çizelge 4. Uygulamaların toprağın değişebilir  $\text{NH}_4\text{-NO}_3$  kapsamı üzerine etkisi.

Treatments	Sampling time (days)					Mean
	0	10	20	40	80	
CL	7.27	10.42	14.55	10.13	5.64	9.60e <sup>1</sup>
BWC-2	10.27	26.59	24.26	20.59	6.44	17.63d
BWC-4	13.76	35.46	26.90	17.46	7.32	20.18c
BWC-8	13.36	27.73	32.19	16.67	14.06	20.80bc
VC	11.64	27.87	24.70	26.02	21.52	22.35b
BWC-2+VC	11.20	19.49	33.08	25.97	21.56	22.26b
BWC-4+VC	12.39	23.85	31.75	22.53	17.46	21.60bc
BWC-8+VC	22.76	31.05	32.19	13.62	18.96	23.72b
LT	25.93	30.08	20.73	19.58	22.09	23.68b
BWC-2+LT	19.44	29.02	31.31	14.15	19.00	22.58b
BWC-4+LT	24.61	25.79	32.63	14.86	17.99	27.66a
BWC-8+LT	32.10	27.69	34.84	21.52	22.14	23.18b
Mean	17.06bc <sup>2</sup>	26.25a	28.26a	18.59b	16.18c	

*r*ANOVA (LSD %5)

Sampling time (S)	61.125*** <sup>3</sup>
Treatment (T)	16.148***
S x T	8.234***

<sup>1</sup> The values lettered are the mean of the applications. Differences between values not denoted by the same letter are significant at the 5% level.

<sup>2</sup> The lettered values are the mean of the sampling time. Differences between values not denoted by the same letter are significant at the 5% level.

<sup>3</sup>  $p < 0.001$



In addition, taking into account the time-dependent average values of the applications, it was found that the application of BWC-4+LT (27.66 mg kg<sup>-1</sup>) statistically increased the exchangeable NH<sub>4</sub>-NO<sub>3</sub> of the soil more than others. On the other hand, it was determined that the exchangeable NH<sub>4</sub>-NO<sub>3</sub> of the soil on 10<sup>th</sup> and 20<sup>th</sup> days has reached the highest levels. According to Turan (1967), the amount of NO<sub>3</sub>-N in the soil of the coastal region of Antalya Province varies between 2.0-52.5 mg kg<sup>-1</sup>. Accordingly, the values obtained in the study seem to be compatible with the literature. In addition, when assessed according to FAO (1990), it was determined that the soil is in the adequate class of nitrogen coverage. Accordingly, it can be stated that the banana waste compost with the addition of leonardite enriches the soil with mineral nitrogen. Similarly, Ece et al. (2007) determined that the total N content of soils increased from 0.086% to 0.095% as a result of the application of different doses of leonardites. It can be said that the leonardite used in the study enriched the banana waste compost with nitrogen, which had a positive effect on soil application.

#### Available P

The effects of the interaction between the applications and the sampling time on the available P of the soil were found to be statistically insignificant (Table 5). However, when taking into account the time-dependent average values of applications, it was found that the application of BWC-4+LT (10.29 mg kg<sup>-1</sup>) statistically increased the available P more than other. On the other hand, it was determined that the P value of the soil 20<sup>th</sup> day reaches the highest levels.

**Table 5.** Effect of applications on available P of soil (mg kg<sup>-1</sup>).

Çizelge 5. Uygulamaların toprağın alınabilir P kapsamı üzerine etkisi.

Treatments	Sampling time (days)					Mean
	0	10	20	40	80	
CL	6.49	5.30	6.38	5.24	4.62	5.61d <sup>1</sup>
BWC-2	9.84	6.34	12.61	9.97	4.54	8.66b
BWC-4	8.64	5.70	11.05	6.59	9.61	8.32b
BWC-8	6.82	9.90	13.19	7.30	7.53	8.95b
VC	8.39	9.39	12.88	7.19	6.75	8.92b
BWC-2+VC	5.05	8.91	10.52	8.53	8.69	8.34b
BWC-4+VC	6.21	6.51	8.64	8.30	6.27	7.19c
BWC-8+VC	5.88	8.66	10.43	7.98	8.69	8.33b
LT	6.56	7.77	11.25	8.71	7.40	8.34b
BWC-2+LT	6.29	8.64	9.50	8.00	6.58	7.80c
BWC-4+LT	6.10	9.93	12.90	8.62	8.13	10.29a
BWC-8+LT	7.36	10.09	12.47	11.48	10.05	9.14ab
Mean	6.97d <sup>2</sup>	8.10b	10.99a	8.16b	7.41c	

rANOVA (LSD %5)

Sampling time (S)	19.531*** <sup>3</sup>
Treatment (T)	4.129***
S x T	Ns <sup>4</sup>

<sup>1</sup> The values lettered are the mean of the applications. Differences between values not denoted by the same letter are significant at the 5% level.

<sup>2</sup> The lettered values are the mean of the sampling time. Differences between values not denoted by the same letter are significant at the 5% level.

<sup>3</sup>  $p < 0.001$

<sup>4</sup> Ns: Not significant.

According to FAO (1990) range of 2.5-8 mg kg<sup>-1</sup> is evaluated in the poor class for the P of soil. Accordingly, it can be stated that the banana waste compost combined with the leonardite used in the study increases the soil available P. However, Materechera and Morutse (2009) report that vegetable compost and manures are an important source of organic P required by plants and microorganisms. Similarly, in previous studies, it was shown that compost applications obtained from various organic wastes increase the total P content of the soil (Jakubus, 2016; Lanno et al., 2021; Santos et al., 2018). On the

other hand, it was reported that humic and fulvic acid have effects on increasing the surface area in the soil, and this has an effect on capillary rooting and especially on the access of low mobility nutrients such as phosphorus to the plant roots (Noroozisharaf and Kaviani, 2018). From this point of view, it is considered important that the leonardite used in the experiment has a high humic +fulvic acid content (78%) compared to other materials.

**pH**

The effects of the interaction between the applications and the sampling time on the pH of the soil were found to be statistically significant at the  $p < 0.01$  level (Table 6). In addition, taking into account the time-dependent average values, it was found that BWC-2+LT (7.16) and BWC-8+LT (7.18) applications statistically reduced the soil pH more than others. On the other hand, it was determined that the pH value of the soil has reached the lowest levels the 40<sup>th</sup> day. Organic matter applied to the soil by means of organic fertilizers, CO<sub>2</sub> and organic acids released when they are broken down by microorganisms cause drops in the pH of soils with alkaline reactions (Neina, 2019). However, when organic fertilizers with alkaline reaction are applied to soils with acid reaction, they cause a short-term increase in pH (Whalen et al., 2000). The usefulness of plant nutrients is determined by pH. In the study, the decrease in soil pH can be mainly attributed to the combination of banana waste compost with leonardite. Accordingly, it is believed that this material enriched with organic matter stimulates microorganisms more in the soil, and acids released as a result of microbial activity also cause a decrease in soil pH. It was reported that the application of organic fertilization material mostly causes a decrease in soil pH (Assefa and Tadesa, 2019).

**Table 6.** Effect of applications on soil pH.

*Çizelge 6. Uygulamaların toprağın pH'sı üzerine etkisi.*

Treatments	Sampling time (days)					Mean
	0	10	20	40	80	
CL	7.39	7.53	7.48	7.42	7.38	7.44ab <sup>1</sup>
BWC-2	7.35	7.55	7.44	7.01	7.17	7.30b
BWC-4	7.40	7.48	7.48	6.85	7.18	7.28b
BWC-8	7.31	7.74	7.53	6.83	6.82	7.25bc
VC	7.32	7.68	7.52	7.27	7.51	7.46ab
BWC-2+VC	7.50	7.67	7.43	7.27	7.39	7.45ab
BWC-4+VC	7.56	7.68	7.59	7.22	7.33	7.48a
BWC-8+VC	7.44	7.66	7.56	7.41	7.46	7.51a
LT	7.19	7.60	7.52	7.27	7.50	7.42ab
BWC-2+LT	7.43	7.58	7.36	6.64	6.80	7.16c
BWC-4+LT	7.43	7.66	7.43	6.71	7.14	7.27bc
BWC-8+LT	7.33	7.60	7.60	6.53	6.83	7.18c
Mean	7.39c <sup>2</sup>	7.62a	7.50b	7.04e	7.13d	

*r*ANOVA (LSD %5)

Sampling time	
(S)	39.128*** <sup>3</sup>
Treatment (T)	1.657** <sup>4</sup>
S x T	1.238**

<sup>1</sup> The values lettered are the mean of the applications. Differences between values not denoted by the same letter are significant at the 5% level.

<sup>2</sup> The lettered values are the mean of the sampling time. Differences between values not denoted by the same letter are significant at the 5% level.

<sup>3</sup>  $p < 0.001$

<sup>4</sup>  $p < 0.01$

**EC**

The effects of the interaction between the applications and the sampling time on electrical conductivity (EC) of the soil were found to be statistically significant at the  $p < 0.001$  level (Table 7). In addition, taking into account the time-dependent average values of the applications, it was found that the application of BWC-8+LT (1401.17  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) statistically increased the EC of the soil more than others. On the other hand,

it was determined that the EC value of the soil 40<sup>th</sup> day reaches the highest levels. The EC, which is the expression of the salinity state in the soil, is an important factor affecting plant nutrition and other soil properties. In saline soils, plant development and microorganism activity decrease due to the toxic effects of salts, increased osmotic pressure, and poor weathering conditions (Machado and Serralheiro, 2017). In general, it is reported that rapid EC increases do not occur in the soil with the application of organic fertilizers, so that there are no salinity problems in the soil (Shahid et al., 2018). In this study, it was determined that even in the application of banana waste compost combined with leonardite, which causes the highest EC increase, no salinity was formed in the soil. Similarly, it was reported that there is no rapid nutrient enrichment in the compost applied soil and, accordingly, there is no salinity problem (Lakhdar et al., 2009).

**Table 7.** Effect of applications on soil EC ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ).

Çizelge 7. Uygulamaların toprağın EC'si üzerine etkisi ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ).

Treatments	Sampling time (days)					Mean
	0	10	20	40	80	
CL	541.87	772.65	693.37	908.24	574.19	698.06e <sup>1</sup>
BWC-2	710.79	919.61	863.30	1285.73	588.58	873.60c
BWC-4	800.68	1186.25	977.68	1297.60	808.25	1014.09b
BWC-8	991.06	1419.81	1109.23	1669.28	739.32	1185.74b
VC	615.85	725.43	617.11	1420.82	572.17	790.28d
BWC-2+VC	735.28	922.64	821.64	1431.93	689.33	920.16bc
BWC-4+VC	765.08	964.30	1017.83	1307.95	677.71	946.57bc
BWC-8+VC	696.65	1309.21	1374.11	1537.22	754.22	1134.28b
LT	997.38	1196.35	1153.17	1481.67	762.05	1118.12b
BWC-2+LT	1077.67	1146.29	1411.22	1355.93	767.10	1151.64b
BWC-4+LT	1048.13	1502.38	1462.48	1396.07	830.22	1247.86b
BWC-8+LT	1352.14	1489.75	1467.03	1427.38	1269.57	1401.17a
Mean	861.05c <sup>2</sup>	1129.55b	1080.68b	1376.65a	752.72d	

rANOVA (LSD %5)

Sampling time	
(S)	92.258*** <sup>3</sup>
Treatment (T)	1.425** <sup>4</sup>
S x T	5.367***

<sup>1</sup> The values lettered are the mean of the applications. Differences between values not denoted by the same letter are significant at the 5% level.

<sup>2</sup> The lettered values are the mean of the sampling time. Differences between values not denoted by the same letter are significant at the 5% level.

<sup>3</sup>  $p < 0.001$

<sup>4</sup>  $p < 0.01$

## CONCLUSION

Within the scope of this study, banana pruning waste compost was applied to the soil both alone and together with leonardite and vinasse compost. In this context, some of the soil chemical properties of banana waste compost (subject to change of mineral nitrogen, available phosphorus, pH, EC) and enzyme activities (urease and alkaline phosphatase) in comparison with molasses and compost effects on leonardit determined. According to the results obtained; it was found that the mixtures of banana waste compost combined with leonardite have a more positive effect on the pH, EC, exchangeable  $\text{NH}_4\text{-NO}_3$ , available P, urease and alkaline phosphatase activity of the soil in general than other treatments. Considering the economic benefit, it can be stated that it will be appropriate to apply banana compost enriched with leonardite to the soil with a minimum of  $4 \text{ t da}^{-1}$  to improve the soil, and it may be possible to enrich the soil with nitrogen and phosphorus 10 to 20 days after this application. In order to increase the widespread effect of the results obtained, it is clear that banana waste compost is used in plant cultivation with different production models, and long-term studies are needed that include variables such as different climate and soil type.

## CONFLICT OF INTERESTS

The author(s) declare that there are no conflicts of interest related to this article.

## AUTHORS' CONTRIBUTIONS

The experimental design, management, experiments and data analysis of this article, its preparation according to the journal writing rules, and its editing were done by İsmail Emrah Tavali.

## ACKNOWLEDGMENT

The study was supported by Hasan Aydođan, the leading farmer from Alanya, who has made a very valuable contribution to the allocation of experiment area and the provision of banana pruning waste.

## REFERENCES

- Adugna, G. (2016). A review on impact of compost on soil properties, water use and crop productivity. *Academic Research Journal of Agricultural Science and Research*, 4(3), 93-104. <https://doi.org/10.14662/ARJASR2016.010>
- Alzate Acevedo, S., Carrillo, A. J. D., Flórez-López, E., & Carlos D. Grande-Tovar, C. D. (2021). Recovery of banana waste-loss from production and processing: A contribution to a circular economy. *Molecules*, 26(17), 5282. <https://doi.org/10.3390/molecules26175282>
- Assefa, S., & Tadessa, S. (2019). The principal role of organic fertilizer on soil properties and agricultural productivity - A review. *Agricultural Research & Technology: Open Access Journal*, 22(2), 556192. <https://doi.org/10.19080/ARTOAJ.2019.22.556192>
- Black, C. A. (1965). *Methods of soil analysis*. Part 2. Wilconsin, USA: American Society of Agronomy Inc., Publisher Madisson.
- Bouyoucos, G. J. (1951). A recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 43(9), 434-438. <https://doi.org/10.2134/agronj1951.00021962004300090005x>
- Bremner, J. M. (1965). Total nitrogen. In C. A. Black (Eds.), *Methods of soil analysis* (pp. 1149-1178). Part 2 Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Cabugao, K. G., Timm, C. M., Carrell, A. A., Childs, J., Lu, T-Y.S., Pelletier, D. A., Weston, D. J., & Norby, R. J. (2017). Root and rhizosphere bacterial phosphatase activity varies with tree species and soil phosphorus availability in Puerto Rico Tropical Forest. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1834. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01834>
- Çağlar, K. O. (1949). *Toprak bilgisi*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. No: 10, Ankara.
- Datta, R., Anand, S., Moulick, A., Baraniya, D., Imran Pathan, S., Rejsek, K., Vranová, V., Sharma, M., Sharma, D., Kelkar, A., & Formánek, P. (2017). How enzymes are adsorbed on soil solid phase and factors limiting its activity: A Review. *International Agrophysics*, 31(2), 287-302. <https://doi.org/10.1515/intag-2016-0049>
- Ece, A., Saltalı, K., Eryiđit, N., & Uysal, F. (2007). The effects of leonardite applications on climbing bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield and the some soil properties. *Journal of Agronomy*, 6, 480-483. <https://doi.org/10.3923/ja.2007.480.483>
- FAO. (1990). *Macronutrient and Micronutrient*. Assessment at the Country Level: An International Study. FAO Soil Bulletin by Sillanpaa. Rome.
- Goss, M. J., Tubeileh, A., & Goorahoo, D. (2013). A review of the use of organic amendments and the risk to human health. *Advances in Agronomy*, 120, 275-379. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407686-0.00005-1>
- Hoffman, G., & Teicher, K. (1961). Ein kolorimetrisches Verfahren zur Bestimmung der Urease aktivitat in Boden. *Zeitschrift Fur Pflanzenernahrung Dungung Bodenkunde* 95, 55-63.
- Jackson, M. L. (1967). *Soil chemical analysis*. New Delhi: Prentice Hall of India Private Limited.
- Jacoby, R., Peukert, M., Succurro, A., Koprivova, A., & Kopriva, S. (2017). The role of soil microorganisms in plant mineral nutrition-current knowledge and future directions. *Frontiers in Plant Science*, 19(8), 1617. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01617>
- Jakubus, M. (2016) Estimation of phosphorus bioavailability from composted organic wastes. *Chemical Speciation & Bioavailability*, 28(1-4), 189-198. <https://doi.org/10.1080/09542299.2016.1227687>

- Kacar, B. (1990). *Gübre analizleri*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları. Ankara.
- Kacar, B. (1995). *Bitki ve toprağın kimyasal analizleri*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları. No: 3, Ankara.
- Kacar, B., & İnal, A. (2008). *Bitki analizleri*. Nobel Yayınları No: 1241, Ankara.
- Kome, G., Enang, R., Tabi, F., & Yerima, B. (2019) Influence of clay minerals on some soil fertility attributes: A review. *Open Journal of Soil Science*, 9, 155-188. <https://doi.org/10.4236/ojss.2019.99010>
- Lakhdar, A., Rabhi, M., Ghnaya, T., Montemurro, F., Jedidi, N., & Abdelly, C. (2009). Effectiveness of compost use in salt-affected soil. *Journal of Hazardous Materials*, 171, 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.05.132>
- Lanno, M., Kriipsalu, M., Shanskiy, M., Silm, M., & Kisand, A. (2021). Distribution of phosphorus forms depends on compost source material. *Resources*, 10(10), 102. <https://doi.org/10.3390/resources10100102>
- Machado, R. M. A., & Serralheiro, R. P. (2017). Soil salinity: Effect on vegetable crop growth. management practices to prevent and mitigate soil salinization. *Horticulturae*, 3(2), 30. <https://doi.org/10.3390/horticulturae3020030>.
- Margalef, O., Sardans, J., Fernández-Martínez, M. R. Molowny-Horas, I. A., Janssens, P., Ciais, D., Goll, A., Richter, M., Obersteiner, D., Asensio A., & Peñuelas J. (2017). Global patterns of phosphatase activity in natural soils. *Scientific Reports*, 7, 1337. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-01418-8>
- Materchera, S., & Morutse, H. (2009). Response of maize to phosphorus from fertilizer and chicken manure in a semi-arid environment of South Africa. *Experimental Agriculture*, 45(3), 261-273. <https://doi.org/10.1017/S0014479709007868>.
- Myszura, M., Żukowska, G., Kobyłka, A., & Mazurkiewicz, J. (2021). Enzymatic activity of soils forming on an afforested heap from an opencast sulphur mine. *Forests*, 12(11), 1469. <https://doi.org/10.3390/f12111469>
- Nawaz, M.F., Bourrié, G. & Trolard, F. (2013). Soil compaction impact and modelling. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33, 291–309. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0071-8>
- Neina, D. (2019). The Role of Soil pH in Plant Nutrition and Soil Remediation. *Applied and Environmental Soil Science*, 2019, 5794869. <https://doi.org/10.1155/2019/5794869>
- Noroozisharaf, A., & Kaviani, M. (2018). Effect of soil application of humic acid on nutrients uptake, essential oil and chemical compositions of garden thyme (*Thymus vulgaris* L.) under greenhouse conditions. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 24(3), 423-431. <https://doi.org/10.1007/s12298-018-0510-y>
- Olsen, S. R., & Sommers, L. E. (1982). Phosphorus. In A. L. Page (Eds.), *Methods of Soil Analysis* (pp. 403-430) Part 2 Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Padam, B. S., Tin, H. S., Chye, F. Y., & Abdullah, M. I. (2014). Banana by-products: an under-utilized renewable food biomass with great potential. *Journal of food science and technology*, 51(12), 3527–3545. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0861-2>.
- Piotrowska-Długosz, A., Długosz, J., Gryta, A., & Frac, M. (2022). Responses of N-cycling enzyme activities and functional diversity of soil microorganisms to soil depth, pedogenic processes and cultivated plants. *Agronomy*, 12(2), 264. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020264>.
- Różyło, K., & Bohacz, J. (2020). Microbial and enzyme analysis of soil after the agricultural utilization of biogas digestate and mineral mining waste. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17, 1051–1062. <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02522-0>.
- Santos, A., Fanguero, D., Moral, R., & Bernal, M. P. (2018). Composts produced from pig slurry solids: Nutrient efficiency and N-leaching risks in amended soils. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2, 8. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00008>.
- Shahid, S. A., Zaman, M., & Heng, L. (2018). Introduction to soil salinity, sodicity and diagnostics techniques. In *Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-96190-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96190-3_1).

**Monitoring the Short-Term Effect of Banana Waste Compost on the Enzymatic Activities of Soil Associated with Nitrogen and Phosphorus**

- Shang, L., Wan, L., Zhou, X., Li, S., & Li, X. (2020). Effects of organic fertilizer on soil nutrient status, enzyme activity, and bacterial community diversity in *Leymus chinensis* steppe in Inner Mongolia, China. *PLoS ONE*, 15(10), e0240559. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240559>.
- SPSS. (2008). *SPSS Statistics for Windows*. (version 17.0) SPSS Inc., Chicago, USA.
- Szostek, M., Szpunar-Krok, E., Pawlak, R., Stanek-Tarkowska, J., & Ilek, A. (2022). Effect of different tillage systems on soil organic carbon and enzymatic activity. *Agronomy*, 12, 208. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010208>.
- Tabatabai, M. A. & Bremner, J. M. (1969). Use of p-nitrophenol phosphate for the assay of soil phosphatase activity. *Soil Biology Biochemistry*, 1, 301-307. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(69\)90012-1](https://doi.org/10.1016/0038-0717(69)90012-1).
- Teixeira, L., Heck, D., Nomura, E., Vieira, H., & Dita, M. (2021). Soil attributes, plant nutrition, and Fusarium wilt of banana in São Paulo, Brazil. *Tropical Plant Pathology*, 46, 443–454. <https://doi.org/10.1007/s40858-021-00428-2>.
- Torres-Climent, A., Gomis, P., Martín-Mata, J., Bustamante, M. A., Marhuenda-Egea, F. C., Pérez-Murcia, M. D., Perez-Espinosa, A., Paredes, C., & Moral, R. (2015). Chemical, thermal and spectroscopic methods to assess biodegradation of winery-distillery wastes during composting. *PLoS ONE*, 10(9), e0138925. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138925>.
- TSE. (2003). *TS 5869 ISO 5073*, Kahverengi Kömürler ve Linyitler-Hümik Asitlerin Tayini, Ankara.
- Turan, C. (1967). Antalya sahil bölgesi topraklarının azot durumu ve bu topraklarda kültür bitkilerinin faydalanacağı azot miktarının tayininde kullanılacak en uygun metodun seçilmesi üzerinde bir araştırma. [Doktora Tezi]. A. Ü. Z. F. Yayınları, SİS Bilimsel Araştırma ve İncelemeler, 297.
- Wang, L.K., Wang, M. S., Cardenas Jr., R. R., Md Sabiani, N. H., Yusoff, M. S., Hassan, S. H., Kamaruddin, M. A., George, F. O., & Hung, Y-T (2021). Composting processes for disposal of municipal and agricultural solid wastes. In L. K. Wang, M. H. S. Wang, Y. T. Hung (Eds.), *Solid Waste Engineering and Management*. Handbook of Environmental Engineering, vol 23. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-84180-5>.
- Whalen, J. K. Chang, C., Clayton, G. W., & Carefoot, J. P. (2000). Cattle manure amendments can increase the pH of acid soils. *Soil Science Society of America Journal*, 64(3), 962-966. <https://doi.org/10.2136/sssaj2000.643962x>.



## Species Delimitation Analysis to Reveal the Origin of Turkish *Podarcis siculus siculus* (Rafinesque-Schmaltz, 1810) Populations

Türkiye *Podarcis siculus siculus* (Rafinesque-Schmaltz, 1810) Populasyonlarının Kökenini Ortaya Çıkarmak için Tür Sınırlarının Belirlenmesi\*

Ferhat Matur<sup>1\*</sup> , Kamil Candan<sup>1,2</sup> , Çetin Ilgaz<sup>1,2</sup> , Cemal Varol Tok<sup>3</sup> , Mustafa Sözen<sup>4</sup> ,  
Muhsin Çoğal<sup>4</sup> , Batuhan Yaman Yakın<sup>3</sup> , Elif Yıldırım Caynak<sup>1,2</sup> , Yusuf Kumlutaş<sup>1,2</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 24.11.2021

Kabul Tarihi (Accepted): 03.12.2021

Yayın Tarihi (Published): 22.08.2022

**Öz:** Türkiye'ye insan eliyle getirilen *Podarcis sicurus* türünün kökeninin iki farklı kaynak popülasyona dayanma olasılığı ya da farklı coğrafyalara taşınan örneklerin alttür seviyesinde farklılaşma olasılığı bulunmaktadır. Ada türlerinde gözlemlenen hızlı evrimleşme süreçleri, taşınmış ve izole olmuş popülasyonlarda da benzer şekilde ortaya çıkabilmektedir. Bu çalışmada Türkiye'den üç farklı lokaliteden; Zonguldak, İstanbul ve Samsun'dan elde edilen örneklerden dokular alınmıştır. mtDNA gen dizileri elde edilmiş ve Türkiye'ye ait *Podarcis sicurus* örnekleri ve Genbanktan indirilen dizilerle birleştirilmiştir. Filogenetik analizler ve tür sınırlama analizleri yapılmıştır. Buna göre, türün Türkiye'den elde edilen örnekleri coğrafik izolasyonlarına benzer şekilde iki farklı haplotipte gruplanmıştır. Bu grupların farklı kaynak grupları olduğu görülmüştür. Species delimitation analizleri ise bu haplotiplerin farklılaşmasının alttür düzeyinde olabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *Podarcis sicurus*, taşınan tür, tür sınırlandırma analizi, Türkiye

&

**Abstract:** It is possible that the origin of *Podarcis sicurus*, which was introduced to Turkey by humans, is based on two different source populations or that the samples introduced to different geographies may differ at the subspecies level. The rapid evolutionary processes observed in island species can similarly occur in introduced and isolated populations. In this study Tissues were taken from samples obtained from Zonguldak, İstanbul and Samsun. mtDNA gene sequences were obtained and combined with *Podarcis sicurus* samples from sequences downloaded from Genbank. Phylogenetic analyzes and species delimitation analyzes were executed. Accordingly results, the specimens obtained from Turkey were grouped into two different haplotypes, similar to their geographic isolation. It has been observed that these groups are different resource groups. Species delimitation analyzes show that the differentiation of these haplotypes may be at the subspecies level.

**Keywords:** Delimitation analysis, introduced species, *Podarcis sicurus*, Türkiye

**Atıf/Cite as:** Matur, F., Candan, K., Ilgaz, Ç., Tok, C. V., Sözen, M., Çoğal, M., Yakın, B. Y., Caynak, E. Y. & Kumlutaş, Y. (2022). Türkiye *Podarcis siculus siculus* (Rafinesque-Schmaltz, 1810) Populasyonlarının Kökenini Ortaya Çıkarmak için Tür Sınırlarının Belirlenmesi. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 8 (2), 340-348. DOI: 10.24180/ijaws.1027526

**İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijaws>

**Copyright** © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Prof. Dr. Ferhat Matur, Dokuz Eylül University, Department of Biology, ferhat.matur@deu.edu.tr (Corresponding author)

<sup>1,2</sup> Öğr. Gör. Dr. Kamil Candan, Dokuz Eylül University, Department of Biology, Dokuz Eylül University, Fauna and Flora Research and Application Center, kamil.candan@deu.edu.tr

<sup>1,2</sup> Prof. Dr. Çetin Ilgaz, Dokuz Eylül University, Department of Biology, Dokuz Eylül University, Fauna and Flora Research and Application Center, cetin.ilgaz@deu.edu.tr

<sup>3</sup> Prof. Dr. Cemal Varol Tok, Çanakkale On Sekiz Mart University Department of Biology, Faculty of Sciences, cvtok@comu.edu.tr

<sup>4</sup> Prof. Dr. Mustafa Sözen, Department of Biology, Faculty of Arts and Sciences, Zonguldak Bülent Ecevit University University, Zonguldak, Turkey, spalaxtr@hotmail.com

<sup>4</sup> Dr. Muhsin Çoğal, Department of Biology, Faculty of Arts and Sciences, Zonguldak Bülent Ecevit University University, Zonguldak, Turkey, mhsncogal@gmail.com

<sup>3</sup> Dr. Batuhan Yaman Yakın, Çanakkale On Sekiz Mart University Department of Biology, byyakın@gmail.com

<sup>1,2</sup> Dr. Öğr. Üyesi Elif Yıldırım Caynak, Dokuz Eylül University, Department of Biology, Dokuz Eylül University, Fauna and Flora Research and Application Center, yildirim.elif@deu.edu.tr

<sup>1,2</sup> Prof. Dr. Yusuf Kumlutaş, Dokuz Eylül University, Department of Biology, Dokuz Eylül University, Fauna and Flora Research and Application Center, yusuf.kumlutas@deu.edu.tr

## INTRODUCTION

Isolated populations evolve faster than those on main continents (Buglione *et al.*, 2019). The gene pool of an introduced species also affects its rate of differentiation. The distribution range of *Podarcis siculus* (Italian wall lizard) includes the southern Alps, many islands in the Tyrrhenian Sea (Italy), the island of Sardinia (Sicily), remote parts of southern Switzerland, Corsica (France), the Adriatic coast of southwestern Slovenia, throughout western and southern Croatia, and from the far southern parts of Bosnia and Herzegovina to Montenegro. According to Podnar *et al.* (2005) and Isailović *et al.* (2009), human-transported populations are also found in southern France, the Iberian Peninsula (Spain and Portugal), the Balearic Island Menorca (Spain), northwestern Turkey, Galite Islands (Tunisia), and Lampedusa Island (Italy). The number of *Podarcis siculus* subspecies defined so far is already high, and researchers still keep adding new subspecies to this list. According to the review by Henle and Klaver (1986), based on morphological characters, *P. siculus* contains 52 subspecies. Allozyme electrophoresis (Gorman *et al.*, 1975; Capula and Ceccarelli, 2003) and mitochondrial DNA sequencing (Oliverio *et al.*, 1998, 2001; Podnar *et al.*, 2005) have been performed to reveal the taxonomic position of *P. siculus*. As the results of these studies suggest, it is not realistic to define some of the subspecies based only on morphological methods. *P. siculus hieroglyphicus* was first described from İstanbul by Berthold (1842). Afterwards, the taxon was also recorded from other localities on some islands in the Sea of Marmara (Bird, 1936; Bodenheimer, 1944; Başoğlu and Baran, 1977; Çevik, 1999). Uğurtaş *et al.* (2000) recorded the taxon from a village 10 km west of İznik, in the centers of Burda and Çakırca. Hür *et al.* (2008) took records of *P. siculus hieroglyphicus* from Kazdağları (Hamdibey Village). Finally, Mollov (2009) showed that the taxon is also dispersed in Güzelyalı town, southeast of Mudanya. Molecular studies are essential for this taxon, where there is taxonomic confusion regarding each of the local populations at the subspecies level. A study by Silva-Rocha *et al.* (2012), carried out with samples obtained from Turkey, suggests that *P. siculus* was introduced to Turkey from Italy by humans.

It may not be correct to classify a taxon with a relatively large and fragmented distribution within a single category in a geography such as Turkey, especially if this taxon has a high subspeciation ratio, such as *Podarcis*. Important results can be obtained from a study that investigates the taxonomic status and the biogeography of these subspecies, identifying the regions of Italy where *P. siculus* originated from, and revealing the genetic diversity of this taxon in Turkey, by comparing all populations. The aim of this study is to evaluate the status of *Podarcis siculus* by comparing the sequence analyses of samples from both Italy and Turkey in order to see the degree of differentiation of the studied populations, and if any, by revealing them with species delimitation analysis.

## MATERIAL AND METHOD

We isolated and sequenced DNA from 19 specimens (Table 1), and compare these with 89 sequences uploaded to GenBank, 37 of which were given in Podnar *et al.* (2005) and 52 in Kolbe *et al.* (2013). Sequences taken from GenBank are listed in Appendix 1.

DNA isolation from tissue samples in the field and in the laboratory was made using the protocol provided with ready-made kits (QIAGEN DNeasy). The gene region and PCR protocols used in molecular studies were taken from Podnar *et al.* (2005). Raw sequence data of the DNA region was transferred to the Geneious V.R11 software, the bases of each gene region were checked one by one for each individual, and all data for each gene region were separately submitted to BioEdit version v.7.2.5 (Hall, 1999), where aligned data matrices were generated for each imported gene region. The haplotype diversity (h) and nucleotide diversity (pi) in each species were calculated for the target gene using DnaSP v.5 (Librado and Rozas, 2009), where aligned datasets of the gene region were also calculated, revealing the number of different haplotypes for each species in the matrices and their frequencies.



**Table 1.** Sampling information from Turkey. Other DNA sequences were taken from the genebank listed in Appendix 1.  
*Çizelge 1. Türkiye'den elde edilen örneklerin lokalite bilgileri. Diğer DNA dizileri Ek 1'de listelenmiş Genbank verileridir.*

Code	Locality	Genebank accession numbers
1095	Samsun	OK513199
1096	Samsun	OK513200
1098	Samsun	OK513201
1117	Samsun	OK513202
1119	Samsun	OK513203
1125	Samsun	OK513204
1126	Samsun	OK513205
11298	Samsun	OK513206
IPS2	İstanbul	OK513207
IPS3	İstanbul	OK513208
IPS4	İstanbul	OK513209
IPS5	İstanbul	OK513210
IPS6	İstanbul	OK513212
ZPS1	Zonguldak	OK513213
ZPS2	Zonguldak	OK513214
ZPS3	Zonguldak	OK513215
ZPS4	Zonguldak	OK513216
ZPS5	Zonguldak	OK513217
ZPS6	Zonguldak	OK51321
1095	Samsun	OK513199
1096	Samsun	OK513200
1098	Samsun	OK513201
1117	Samsun	OK513202
1119	Samsun	OK513203
1125	Samsun	OK513204
1126	Samsun	OK513205

Bayesian (Huelsenbeck and Ronquist, 2001) approach was used for phylogenetic analysis. The obtained data matrices were transferred to jModeltest v.2 (Posada, 2008) and the most suitable base change model for the data matrix was determined, as suggested by the model drafts of Akaike Information Criterion (Akaike, 1973; 1974) and Bayesian Information Criterion (Schwarz, 1978). Using this base change model, Bayesian analysis was performed with MrBayes v.3.0 (Ronquist and Huelsenbeck, 2003). After the analysis, 50% Majority Consensus tree was drawn and posterior probability values were determined on the tree.

#### *Molecular Clock Analysis*

Using the calibration points given in Colangelo *et al.* (2010), the molecular clock calculations were made and the dates obtained were interpreted in the context of phylogeographic events. To determine the separation times of species and lineages, the Bayesian Markov Chain Monte Carlo (MCMC) coalescent method in Beast 1.7 (Drummond *et al.*, 2012) was used, and before making any datings on the tree, the null

hypothesis of equal molecular evolution along the lineage lines was tested in two ways (Relaxed Clock and Likelihood Ratio Test). MCMC analysis was performed using the lognormal relaxed clock option. Effective sample sizes and posterior probability density distributions and separation times and their 95% confidence intervals were calculated for all parameters transferred to Tracer v1.7 (Rambaut *et al.*, 2018). Finally, FigTree 1.3.1 (Rambaut, 2009) was used to generate a chronogram of the results, including the confidence intervals.

### Species Delimitation

The GMYC model (Generalized mixed Yule coalescent) is widely used to delimitate species based on a single locus. GMYC analysis Ardila *et al.* (2012) using the ultrametric tree obtained from BEAST analysis with bGMYC and SPLITS packages loaded into R 4.1.0 software (R Core Team, 2021). To ensure the accuracy of the approach, each individual gene region was analyzed as well as all the gene regions together. The two techniques used for GMYC, single and multiple threshold approaches, were tried again for each method, and inferences were made about the existence and boundaries of new species according to the results.

## RESULTS AND DISCUSSION

Genetic diversity analyses were executed by DnaSP v6 (Rozas *et al.*, 2017). Accordingly, 3 haplotypes were obtained in Istanbul populations. Haplotype diversity was calculated as 0.38. Polymorphism was found to be quite low. In Zonguldak populations, 2 different haplotypes were obtained, and haplotype diversity was calculated as 0.33. Inter-population gene flow value (Fst) was 0.67, a moderate genetic flow was found. However, calculated Fst value of 0.68 in Italy samples and 0.73 in Croatia samples suggest that the gene flow of Turkish populations occurred at an earlier time than those in Croatia and Italy. Genetic distances were calculated by MEGA X (Kumar *et al.*, 2018) and the grouping was made similar to the species delimitation tree. In total, 16 groups were revealed by the analysis (Table 2 and Figure 2). The distance scores showed a very small distance between Italy and Turkey (Istanbul and Zonguldak) (Table 2). The calculations prove an earlier separation time than other introduced population of *Podarcis*.

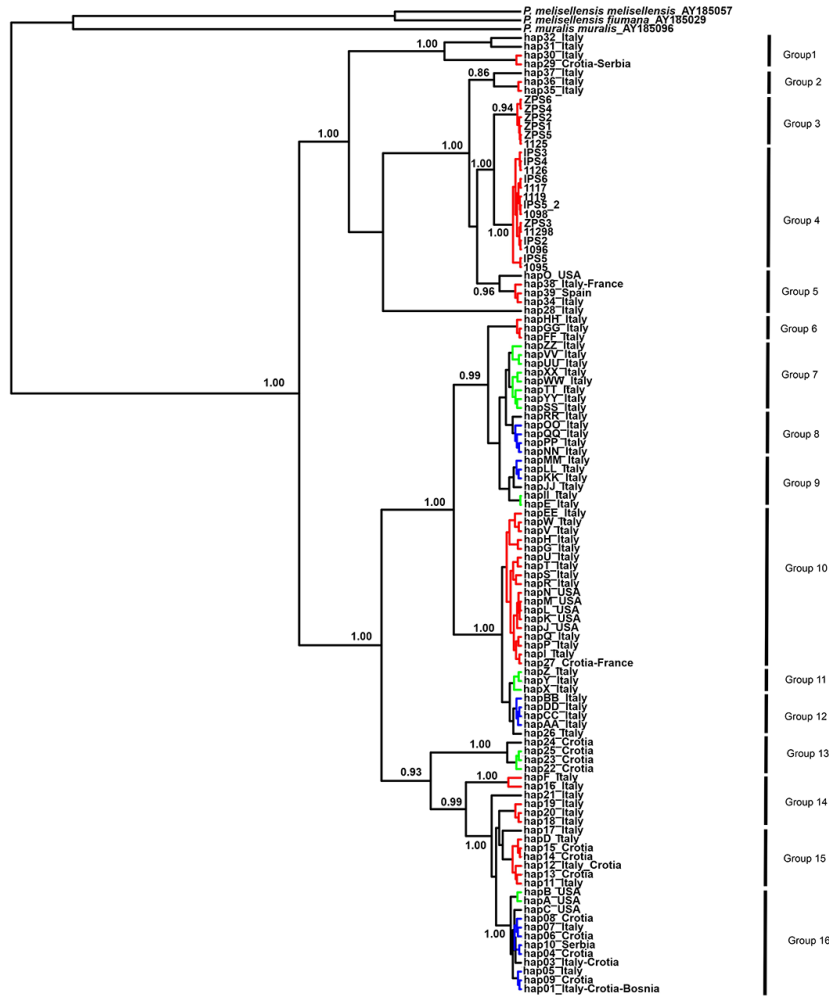
**Table 2.** The genetic distance values for each group. Group Ids are taken from figure 2.

Çizelge 2. Her bir grubun genetik mesafe değerleri. Grup numaraları şekil 2'den alınmıştır.

Group Id	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1																
2	0.064															
3	0.064	0.015														
4	0.065	0.018	0.011													
5	0.062	0.021	0.017	0.020												
6	0.074	0.059	0.060	0.064	0.060											
7	0.087	0.082	0.083	0.086	0.081	0.086										
8	0.091	0.083	0.083	0.085	0.081	0.091	0.015									
9	0.089	0.079	0.077	0.081	0.076	0.080	0.037	0.033								
10	0.088	0.079	0.078	0.082	0.077	0.083	0.034	0.029	0.007							
11	0.088	0.080	0.079	0.082	0.077	0.083	0.034	0.030	0.007	0.004						
12	0.081	0.077	0.075	0.082	0.082	0.084	0.058	0.065	0.067	0.065	0.065					
13	0.075	0.067	0.069	0.074	0.069	0.075	0.054	0.058	0.055	0.053	0.054	0.037				
14	0.082	0.071	0.074	0.079	0.074	0.081	0.052	0.055	0.056	0.057	0.057	0.044	0.024			
15	0.079	0.065	0.068	0.074	0.069	0.078	0.051	0.055	0.056	0.056	0.056	0.039	0.019	0.010		
16	0.079	0.065	0.065	0.070	0.066	0.076	0.052	0.055	0.059	0.060	0.060	0.038	0.025	0.014	0.011	
Out-group	0.148	0.143	0.142	0.145	0.143	0.151	0.152	0.149	0.147	0.078	0.079	0.075	0.069	0.074	0.068	0.065

Parameters for the appropriate nucleotide exchange model were calculated with Jmodeltest2. Bayesian phylogenetic analysis was drawn according to the Bayesian approach according to the model obtained (HKY+I+G) (Figure 1).





**Figure 2.** Species delimitation tree drawn with the R program Gmyc package. Turkey specimens are located in a separate branch, differentiated enough to be considered a different subspecies.

Şekil 2. R Gmyc paketi ile çizilen tür sınırlandırma analizi ağacı. Türkiye örnekleri ayrı bir dalda farklı bir alttür olarak değerlendirebilecek kadar ayrı çıkmıştır

With the Ir test applied for the molecular clock, strick clock was determined to be the suitable model. According to the molecular clock results calculated from the data obtained, and due to the correct calculation of the calibration point used in molecular clock calculations (1.7 my), the separation time of Turkish *Podarcis* was revealed to be 18 thousand years ago. Accordingly, the trade and product transport events during that time indicate that this species was introduced to Turkey from Italy. According to these findings, the rapid evolution/differentiation that took place during the occupation of the island is observed in the *Podarcis* samples that came to Turkey along with transports. Senczuk *et al.* (2017) revealed that even in Italy, the distribution of the species is fragmented due to LGM and there is genetic differentiation. However, the examination of genetic diversity of Turkish *P. siculus* samples show a low genetic diversity (Koç *et al.*, 2018). However, The transportation of *P. siculus* probably originated from same sources to Turkey will cause the low genetic distance other other hand to settle as different haplotypes on the tree might undergo a similar evolutionary proces as on the islands. The rapid evolution is a common model for islands or isolated populations (Emerson, 2002). According to phylogenetic and species delimitation trees, Turkish *P. siculus* specimens constitute a different haplotype. The cease in gene flow due to geographic isolation suggests that the Turkish samples may at least be a different subspecies.

## CONCLUSION

As a result, although the Turkish *P. siculus* are introduced, interrupted gene flow has accelerated their differentiation. In addition, we may also consider that the two populations known to have been introduced may have different origins. For this reason, a more detailed molecular analysis should be conducted in order to investigate the source of origin and to reveal the taxonomic status of this species.

## CONFLICT OF INTEREST

There are no conflicts of interest.

## DECLARATION OF AUTHOR CONTRIBUTION

FM: Conceptualization, analysis, and writing of the manuscript. KC-ÇI- -CVT- MS, MÇ, BYY, EYC, YK: collecting material and writing of the manuscript.

## ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by Dokuz Eylül University Scientific Research Coordination Unit. Project Number: 2017.KB.FEN.038

## REFERENCES

- Akaike, H. (1973). Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In B. N. Petrov and F. Csaki (Eds.), *Second international symposium on information theory* (pp. 267-281). Budapest: Academiai Kiado.
- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19, 716.
- Ardila, N. E., Giribet, & G., Sánchez, J. A. (2012). A time-calibrated molecular phylogeny of the precious corals: reconciling discrepancies in the taxonomic classification and insights into their evolutionary history. *BMC Evolutionary Biology*, 12, 246.
- Başoğlu, M., & Baran, İ. (1977). *Türkiye Sürüngenleri. Kısım I. Kaplumbağa ve Kertenkeleler*. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi No: 76. İzmir, Turkey: Ege University Publishing House (in Turkish).
- Berthold, A. A. (1842). *Ueber verschiedene neue oder seltene Amphibienarten*. Göttingen, Germany (in German).
- Bird, C. G. (1936). The distribution of reptiles and amphibians in Asiatic Turkey, with notes on a collection from the vilayets of Adana, Gaziantep, and Malatya. *Annals and Magazine of Natural History*, 18(104), 257-281.
- Bodenheimer, F. S. (1944). Introduction into the knowledge of the Amphibia and Reptilia of Turkey. *Revista de la Facultad de Science.*, B9, 1-78.
- Buglione, M., Petrelli, S., Maselli, V., Trapanese, M., Salvemini, M., Aceto S, Di Cosmo, A., & Fulgione, D. (2019). Fixation of genetic variation and optimization of gene expression: The speed of evolution in isolated lizard populations undergoing Reverse Island Syndrome. *PLoS One*, 14, 1-17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224607>
- Capula, M., & Ceccarelli, A. (2003). Distribution on genetic variation and taxonomy of insular and mainland populations of the Italian wall lizard, *Podarcis sicula*. *Amphibia-Reptilia*, 24(4), 483-495. <https://doi.org/10.1163/15685380260449199>
- Colangelo, P., Bannikova, A. A., Krystufek, B., Lebedev, V. S., Annesi, F., Capanna, E., & Loy, A. (2010) Molecular systematics and evolutionary biogeography of the genus *Talpa* (Soricomorpha: Talpidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 55(2), 372-380.
- Çevik, İ. E. (1999). Trakya'da yaşayan kertenkele türlerinin taksonomik durumu (Lacertilia: Anguidae, Lacertidae, Scincidae). *Turkish Journal of Zoology*, 23, 23-35.
- Drummond, A. J., Suchard, M. A., Xie, D., & Rambaut, A. (2012). Bayesian phylogenetics with BEAUTY and the BEAST 1.7. *Molecular Biology and Evolution*, 29(8), 1969-1973.
- Emerson, B. C. (2002). Evolution on oceanic islands: molecular phylogenetic approaches to understanding pattern and process. *Molecular Ecology*, 11, 951-966.
- Gorman, G. C., Soulé, M., Yang, S. Y., & Nevo, E. (1975). Evolutionary genetics of insular Adriatic lizards. *Evolution*, 29, 52-71.

- Hall, T. A. (1999). BioEdit: A User-Friendly Biological Sequence Alignment Editor and Analysis Program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series*, 41, 95-98.
- Henle, K., & Klaver, C. J. J. (1986). *Podarcis sicula* (RafinesqueSchmaltz, 1810) Ruineidechse. In W. Böhme (Ed.), *Handbuch der Amphibien und Reptilien Europas, Echsen III (Podarcis)* (pp. 254-342). Aula-Verlag, Wiesbaden.
- Huelsenbeck, J. P., & Ronquist, F. (2001). MRBAYES: Bayesian inference of phylogeny. *Bioinformatics*, 17, 754-5.
- Hür, H., Uğurtaş, İ. H., & İşbilir, A. (2008). The amphibian and reptile species of Kazdağı National Park. *Turkish Journal of Zoology*, 32, 359-362.
- Koç, H., Bülbül, U., Kurnaz, M., Eroğlu, A. İ., & Kutrup, B. (2018). Phylogenetic relationships of *Podarcis siculus* (Rafinesque-Schmaltz, 1810) and *Podarcis tauricus* (Pallas, 1814) in Turkey, based on mitochondrial DNA. *Mitochondrial DNA Part A*, 29(5), 664-673. <https://doi.org/10.1080/24701394.2017.1342245>
- Kolbe, J. J., Lavin, B. R., Burke, R. L., Rugiero, L., & Capula, M., Luiselli, L. (2013). The desire for variety: Italian wall lizard (*Podarcis siculus*) populations introduced to the United States via the pet trade are derived from multiple native-range sources. *Biological Invasions*, 15(4), 775-83.
- Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C., & Tamura, K. (2018). MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution*, 35, 1547-1549.
- Librado, P., & Rozas, J. (2009). DnaSP v5: A software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data. *Bioinformatics*, 25, 1451-1452.
- Mollov, I. (2009). A new locality of the Italian Wall Lizard *Podarcis siculus* (Rafinesque-Schmaltz, 1810) from Turkey. *ZooNotes* 6, 1-3.
- Oliverio, M., Bologna, M. A., Monciotti, A., Annesi, F., & Mariottini, P. (1998). Molecular phylogenetics of the Italian *Podarcis* lizards (Reptilia, Lacertidae). *Italian Journal of Zoology*, 65, 315-324.
- Oliverio, M., Burke, R., Bologna, M. A., Wirz, A., & Mariottini, P. (2001). Molecular characterization of native (Italy) and introduced (USA) *Podarcis sicula* populations (Reptilia, Lacertidae). *Italian Journal of Zoology*, 68, 121-124. <https://doi.org/10.1080/11250000109356395>
- Podnar, M., Mayer, W., & Tvrtkovic, N. (2005). Phylogeography of the Italian wall lizard, *Podarcis sicula*, as revealed by mitochondrial DNA sequences. *Molecular Ecology*, 14, 575-588. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2005.02427.x>
- Posada, D. (2008). jModelTest: Phylogenetic Model Averaging. *Molecular Biology and Evolution*, 25(7), 1253-1256.
- R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rambaut, A., Drummond, A. J., Xie, D., Baele, G., & Suchard, M. A. (2018). Posterior summarisation in Bayesian phylogenetics using Tracer 1.7. *Systematic Biology*, 67(5), 901-904.
- Rambaut, A. (2009). FigTree, Version 1.3.1. Available at: <http://tree.bio.ed.ac.uk/software/figtree/>
- Ronquist, F., & Huelsenbeck, J. P. (2003). MRBAYES 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models. *Bioinformatics*, 19, 1572-1574.
- Rozas, J., Ferrer-Mata, A., Sanchez-DelBarrio, J. C., Guirao-Rico, S., Librado, P., Ramos-Onsins, S. E., & Sanchez-Gracia, A. (2017). DnaSP 6: DNA sequence polymorphism analysis of large data sets. *Molecular Biology and Evolution*, 34(12), 3299-3302.
- Schwarz, G. (1978). Estimating the Dimension of a Model. *Annals of Statistics*, 6(2), 461-464.
- Senczuk, G., Colangelo, P., De Simone, E., Aloise, G., & Castiglia, R. (2017). A combination of long term fragmentation and glacial persistence drove the evolutionary history of the Italian wall lizard *Podarcis siculus*. *BMC Evolutionary Biology*, 17(6), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s12862-016-0847-1>
- Silva-Rocha, I., Salvi, D., & Carretero, M. A. (2012). Genetic data reveal a multiple origin for the populations of the Italian wall lizard *Podarcis sicula* (Squamata: Lacertidae) introduced in the Iberian Peninsula and Balearic islands. *Italian Journal of Zoology*, 79, 502-510.

Uğurtaş, İ. H., Yıldırımhan, H. S., & Öz, M. (2000). Two new localities of *Lacerta sicula hieroglyphica* Berthold, 1842 (Reptilia, Lacertidae). *Turkish Journal of Zoology*, 24, 253-256.



## The Effects of Temperature-Humidity Index Values on Some Behaviours in Male Anatolian Black Cattle

Sıcaklık-Nem İndeks Değerlerinin Yerli Kara Erkek Sığırlarda Bazı Davranışlar Üzerine Etkileri

Çağrı Melikşah Sakar<sup>1</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 13.12.2021

Kabul Tarihi (Accepted): 25.03.2021

Yayın Tarihi (Published): 22.08.2022

**Abstract:** In this study, ear temperature and some behavioural data were determined in the four male animals of Anatolian Black cattle raised under the Institute conditions. For this purpose, a chip sensor (CowManager) was attached to the ears of the animals, and data of 51 days were obtained from each animal hourly. During the study, hourly temperature and humidity data of the barn where the animals were housed were collected, and hourly and daily Temperature - Humidity Index (THI) data were calculated from these values. According to these index values, daily THI values were classified in 3 groups, while hourly THI values were classified in 4 groups. In this study, the ear temperature of the bulls was found to be an average of 21.97 °C daily. The ear temperature values increased as the THI values increased, and the differences between the groups were found to be statistically significant ( $P<0.001$ ). In the study high active, active, not active, eating and rumination data were found to be 7.84, 6.86, 27.15, 26.69 and 28.31%, daily, respectively. In the analysis made according to the THI groups, the differences according to these behavioural characteristics were found to be statistically significant ( $P<0.01$ ). In the study, as THI values increased high active, active and not active values increased, while eating and rumination values decreased. While the activity and eating values of the animals increased during the daytime, the not active and rumination values of the animals increased during the night hours. As a result, it was concluded that there is a correlation between the THI values, ear temperature and behavioural data, and this could be an indication that the animal behaviour was affected by meteorological events.

**Keywords:** Anatolian Black cattle, animal behaviour, sensor, active

&

**Öz:** Bu çalışmada Enstitü koşullarında yetiştirilen dört baş erkek Yerli Kara sığırdaki kulak sıcaklığı ve bazı davranış verileri belirlenmiştir. Bu amaçla hayvanların kulaklarına çipli sensör (CowManager) takılarak, her hayvandan saatlik olarak toplam 51 gün veri alınmıştır. Çalışma süresince hayvanların barındırıldığı ahırın saatlik olarak sıcaklık ve nem verileri toplanmış olup, bu değerlerden saatlik ve günlük olarak sıcaklık-nem indeksi (SNİ) verileri hesaplanmıştır. Bu indeks değerlerine göre günlük SNİ değerleri 3 grupta sınıflandırılırken, saatlik SNİ değerleri 4 grupta sınıflandırılmıştır. Çalışmada boğaların kulak içi sıcaklıkları günlük olarak ortalama 21.97 °C olarak bulunmuştur. SNİ değerleri artarken kulak sıcaklığı değerleri artmış olup ve SNİ gruplar arası farklılıkları istatistiksel olarak önemli ( $P<0.001$ ) bulunmuştur. Çalışmada günlük olarak hesaplanan yüksek hareketlilik, normal hareketlilik, hareketsizlik, yem yeme ve ruminasyon verileri sırasıyla % 7.84, 6.86, 27.15, 26.69 ve 28.31 olarak bulunmuştur. SNİ gruplarına göre yapılan analizde bu davranış özelliklerine göre farklılıklar istatistiksel olarak önemli ( $P<0.01$ ) bulunmuştur. Araştırmada SNİ değerleri arttıkça yüksek hareketlilik, normal hareketlilik ve hareketsizlik değerleri artarken, yem yeme ve ruminasyon değerleri azalmıştır. Ayrıca, hayvanların hareketlilik ve yem yeme değerleri gündüz saatlerinde artarken, hareketsizlik ve ruminasyon değerleri gece saatlerinde artmıştır. Sonuç olarak SNİ değerlerinin kulak sıcaklığı ve davranış verileri arasında korelasyon bulunduğu ve bunun hayvan davranışlarının meteorolojik olaylardan etkilendiğinin göstergesi olabileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yerli Kara, hayvan davranışı, sensör, hareket

**Atıf/Cite as:** Sakar, Ç. M. (2022). The Effects of Temperature-Humidity Index Values on Some Behaviours in Male Anatolian Black Cattle. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 8 (2), 349-357. DOI: 10.24180/ijaws.1035429

**İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijaws>

Copyright © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup>Dr. Çağrı Melikşah SAKAR, International Livestock Research and Training Center Lalahan/ANKARA, meliksahi@gmail.com (Corresponding author/ Sorumlu Yazar



## INTRODUCTION

Animal behaviour have been researched since the 1990s (Corujo and Timms, 2017). With the combination of accelerometer and wireless technologies, many data have become commercially available for producers thanks to the algorithms and smart software that can be converted into easy-to-use decision tools about animal behaviour (Corujo and Timms, 2017). In livestock, it is important to observe physiological and behavioural changes or abnormalities as early as possible to minimize the loss of costs. With the development of technology in many parts of the world, the time that breeders spend on cows individually or a herd basis has decreased. This trend, which emerged by reducing workload and increasing productivity and profitability, has led to a rapid increase in the interest of farmers and industry for precision livestock technology (Bikker et al., 2014).

Monitoring rumination and feeding behaviours with sensitive monitoring technologies can replace visual observations (Borchers et al., 2016). Rumination, feeding and activity behaviours are widely evaluated with individually related indicators of animals (Bikker et al., 2014). Measurement of these parameters can help to understand the physiology of animals. Automatic measurement of chewing and rumination activity can enable early detection of nutritional deficiencies and aid in ration regulation (Zehner et al., 2012). These behavioural data provide information about the fertility, health, nutrition and location of the individual animal as well as the herd.

There are not enough research findings on the behavioural characteristics of Anatolian Black cattle. In this study, ear temperature and some behavioural data were defined using earrings attached to the ears of male Anatolian Black cattle raised under Institute conditions, changes in these data according to THI groups were also determined.

## MATERIAL AND METHOD

### *Animal Material*

The research was carried out at the International Center for Livestock Research and Training-Ankara in October and November 2019. As an animal material, a total of four heads of Anatolian Black male cattle raised within the scope of the "Conservation of Domestic Animal Genetic Resources and Sustainable Use" were used. Two of the animals in the study were 1 year-old and two of them were 2 years old.

The animals were housed in a 20 x 8 m semi-open chamber with other male Anatolian Black and a total of 20 animals. The animals were fed twice a day at 09:00 in the morning and at 19:00 in the evening, and roughage and concentrated feed were given separately. The animals were fed in the form of 70-30% roughage-concentrated feed according to the nutrition program implemented within the scope of the Conservation Project. The roughage was applied *ad-libitum* as a total mixed feed. Only barley straw and dry meadow grass were given as a roughage. Cows have always had clean and healthy water available in their shelters.

### *Sensor Parameters*

Data were recorded with computer software by attaching an electronic chip sensor (The CowManager® system) to the ears of the animals. The CowManager tag is a device designed by Agis Automatisering. It is placed on the ear of a cow or steer and will measure how active it is, its core body temperature, and the amount of time it spends eating and ruminating. The system consists of 3 parts: a chip sensor, transmitting antennas and computer software. The following parameters were taken with the help of a chip sensor attached to the animals' ears. The records were analysed in two sections. In Figure 1 shows the attachment of the ear tag to the animal.

- Ear temperature (°C): It was recorded individually from each animal for hourly intervals.

- Behaviour values: These data are high active, active, not active, eating and rumination. The following behavioural activities of each animal were recorded for hourly intervals as a % (percentage) distribution. In other words, the distribution of the 5 behavioural characteristics mentioned is studied, and the sum of these behaviours (hourly or daily) is 100 according to the analysis.



Figure 1. Earring Attachment to the Anatolian Black Bull.

Şekil 1. Yerli Kara Boğaya Kulak Küpesi Takılışı.

The sensor detected and identified ear and head movements and through algorithms classified behaviours data. Because the algorithms used by the CowManager developer are proprietary it is not completely clear how animal behaviour is split across these distinct categories. In the preliminary evaluation carried out to test the accuracy of the ear tag system used, 2 animals were taken into separate sections of 6 m<sup>2</sup> for 2 hours. No feed or water was given to the animals here. In the examination made at the end of the process, the eating rate was found to be 0% and the activity rates were very low.

#### *Meteorological Measurements*

Meteorological records made with the electronic system were collected for hourly intervals. "Temperature - Humidity Index (THI)" calculation was made based on the result of the temperature (° C) and humidity (%) measurements. The following formula was used in the calculation of THI:  $THI = 0.8 \times T + [(H/100) (T - 14.3)] + 46.4$  (T= temperature, H = humidity) (EFSA, 2012).

#### *Statistical Calculations*

Ear temperature and behavioural data of animals were collected hourly. In addition, daily average values were obtained from the data collected hourly. Minitab 16 statistic program was used to evaluate the data obtained in the study (Minitab, 2010). In all parameters obtained, the mean values of four animals were determined using the General Linear Model, for each day and each hour separately. In the study, THI values were calculated hourly, and they were divided into 4 groups (under 48, 48-56, 56-64, and above 64). The "General Linear Model" method was used to examine the factors affecting ear temperature and behavioural data according to these groups, and the following mathematical model was used;

$$Y_{ij} = \mu + a_i + e_{ij} \quad (1)$$

In the formula (1);

$Y_{ij}$ : i. THI group, k. the value of the cow,

$\mu$ : expected average

$a_i$ : i. amount of influence of THI group (under 48, 48-56, 56-64, and above 64);

$e_{ij}$ : normal, independent and chance error.

## **RESULTS AND DISCUSSION**

The study was carried out in a total of 51 days between October and November 2019. The THI data obtained from the temperature and humidity values collected daily during these days were found to be under 48 for 7 days, 48-56 for 25 days and 56-64 for 19 days. In the research, daily ear temperatures and behaviours data of the bulls according to THI groups were prepared and presented in Table 1.

**Table 1.** Least squares mean and standard error values of daily of the ear temperatures and the behaviour data of bulls.  
*Çizelge 1. Boğaların günlük kulak sıcaklıkları ve davranış verilerinin en küçük kareler ortalama ve standart hata değerleri.*

Hours	n	Ear Temperature (°C)	High Active (%)	Active (%)	Not Active (%)	Eating (%)	Rumination (%)
General	51	21.97±0.40	7.84±0.34	6.86±0.27	27.15±1.29	26.69±0.55	28.31±0.69
THI Groups							
Under 48	7	18.89±0.94 <sup>b</sup>	5.15±0.79 <sup>b</sup>	5.89±0.63 <sup>b</sup>	20.91±3.01 <sup>b</sup>	27.25±1.29 <sup>ab</sup>	33.89±1.62 <sup>a</sup>
48-56	25	20.40±0.50 <sup>b</sup>	7.24±0.42 <sup>b</sup>	6.22±0.33 <sup>b</sup>	28.26±1.59 <sup>ab</sup>	28.51±0.68 <sup>a</sup>	27.17±0.86 <sup>b</sup>
56-64	19	26.62±0.57 <sup>a</sup>	11.14±0.48 <sup>a</sup>	8.48±0.38 <sup>a</sup>	32.27±1.83 <sup>a</sup>	24.32±0.78 <sup>b</sup>	23.87±0.98 <sup>c</sup>
P Values		0.001	0.001	0.001	0.008	0.001	0.001
Minimum Values		14.57	3.79	4.19	4.80	20.42	18.79
Maximum Values		30.07	15.53	12.06	42.32	36.35	45.29

<sup>a, b, c</sup> - The difference between same column which has shown with different letters are statistically significant (P<0.05).

Table 2 shows the distribution of the number of times the THI groups are present at which times. In the study, the THI values calculated for 51 days were generally low at night. During the daytime, with the increase in the air temperature, high THI values were found to be higher during these hours. According to the hourly distribution of the THI values shown in Table 2, the changes in ear temperature and behavioural data are shown graphically below.

**Table 2.** Distribution of THI values by hours.*Çizelge 2. SNI değerlerinin saatlik olarak dağılımı.*

THI Groups	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Under 48	21	24	26	31	31	37	35	36	25	18	7	4
48-56	24	22	23	18	19	14	16	15	22	15	17	5
56-64	6	5	2	2	1	-	-	-	4	18	24	28
Above 64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	14
Total	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51

**Table 2.** Continue.*Çizelge 2. Devamı.*

THI Groups	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Under 48	-	-	-	-	-	-	-	4	6	9	16	20
48-56	6	6	3	3	3	6	11	15	20	23	20	23
56-64	30	24	20	21	25	29	30	27	21	19	15	8
Above 64	15	21	28	27	23	16	10	5	4	-	-	-
Total	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51

### Ear Temperature

The daily ear temperatures of the animals in the study are shown in Table 1, and this value was found to be 21.97 °C. In the analysis made according to the THI groups, the higher the THI values, the higher the ear temperature values of the animals. When the differences between the THI groups were examined, there was no statistical difference between the values between 48-56 and values below 48. However, the differences of the values between 56-64 group compared to the other 2 groups were found to be statistically significant (P<0.001). This is compatible in line with the values that Corujo and Tims (2017) found in their study with the same system as 50-55 °F (approximately 10-13 °C) in winter and 85-95 °F (approximately 30-35 °C) in summer.

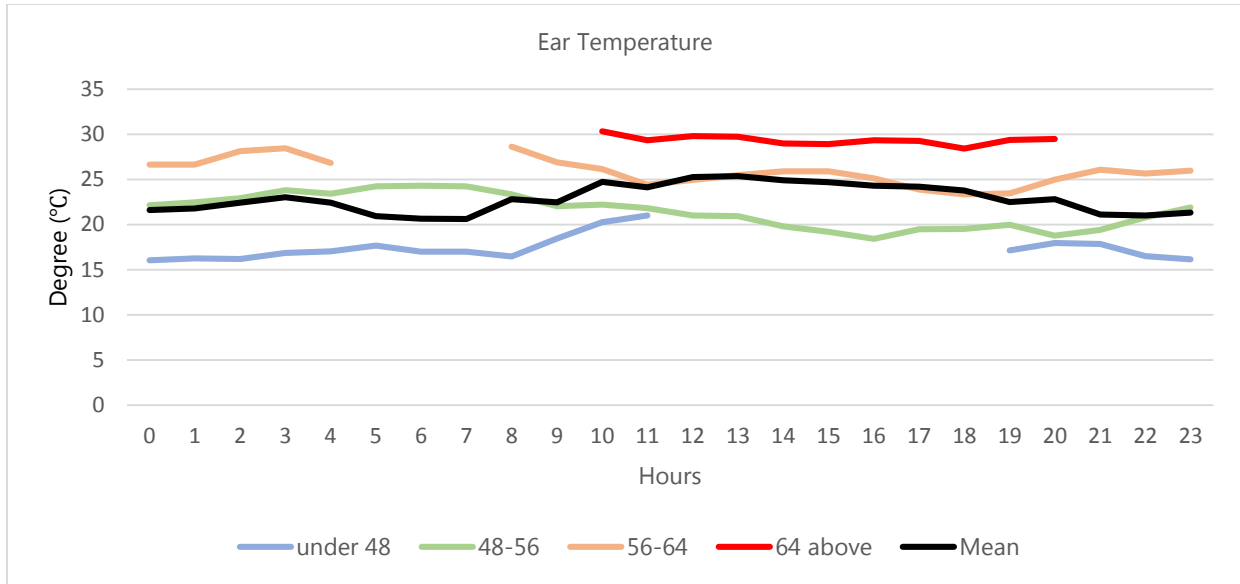


Figure 2. Hourly display of ear temperature values (°C).

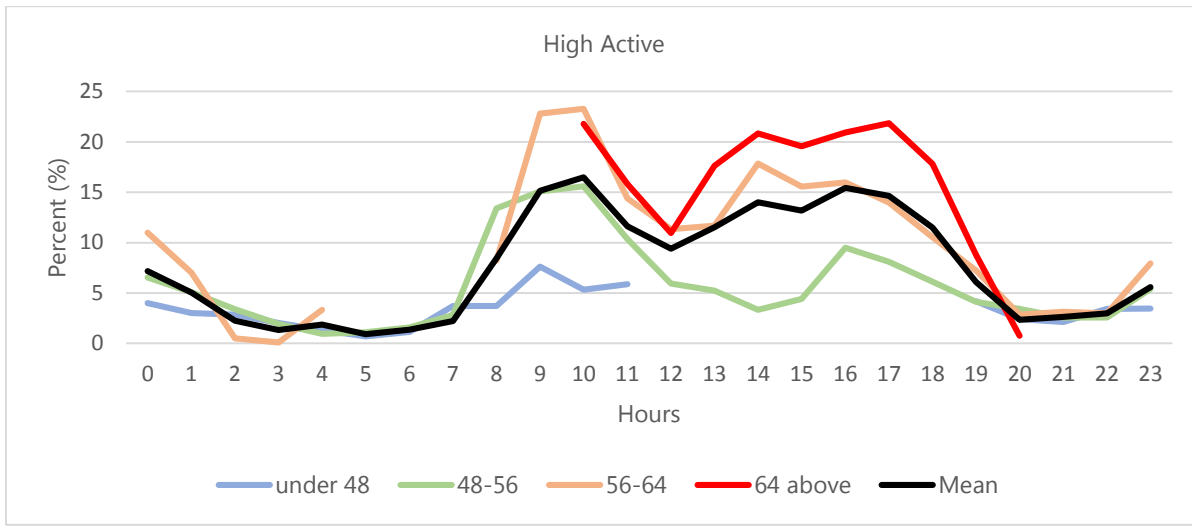
Şekil 2. Kulak sıcaklık değerlerinin saatlik gösterimi (°C).

Ear temperature values according to the THI groups obtained hourly are presented in Figure 2. In this figure, the hours of the day are shown on the X axis and the ear temperatures of the animals are shown in degrees on the Y axis. As it can be seen, the ear temperature values of animals are higher at noon than night and morning hours. When the variation of hourly ear temperatures is examined according to the THI groups, the ear temperatures of the animals increase as the THI values increase, just like the daily calculated values. While the ear temperature of the animals is around 30 °C when the THI value is above 64, it varies between 15-20 °C when it is below 48. These values were compared with Mader and Kreikemeier (2006) and Dolecheck et al. (2015) reported that ear temperature is affected by both body temperature and ambient temperature.

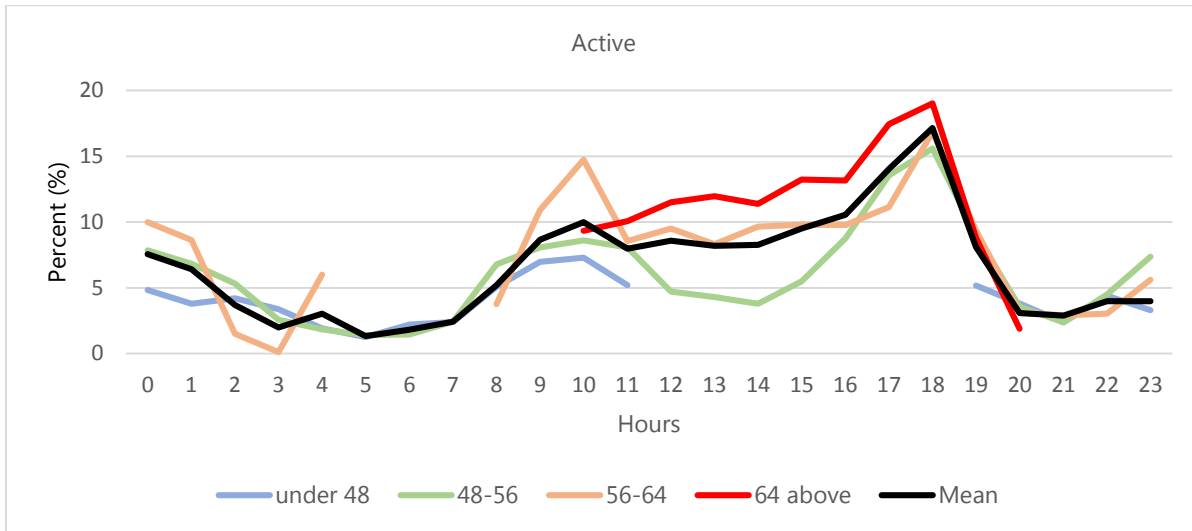
#### Behaviour Values

In the study, high active, active, not active, eating and rumination data were calculated as % (percent) and these data were found to be 7.84, 6.86, 27.15, 26.69 and 28.31% daily, respectively (Table 1). Differences between THI groups were found to be statistically significant ( $P < 0.01$ ) in all behavioural data. On the other hand, In the analysis performed according to THI groups, as THI values increase, high active, active and not active values increase, but rumination values decrease. Therefore, it can be said that THI values are directly proportional to high active, active and not active values, and inversely proportional to rumination values. Although eating values are generally inversely proportional to THI values, the highest value was found in the THI 48-56 group. Bikker et al. (2014) found the behavioural data (rumination, eating, resting and mobility) in 15 milking cows to be 42.6, 15.9, 31.6 and 9.9% by sensor, and 42.1, 13.0, 30.0 and 14.9% by observation, respectively. Among these values, especially rumination data were found to be higher than the values found in this study. Adin et al. (2009) reported that dairy cows ruminate for 7-8 hours a day. Wolfger et al. (2015) observed 26% feeding and 23% rumination data in beef cattle.

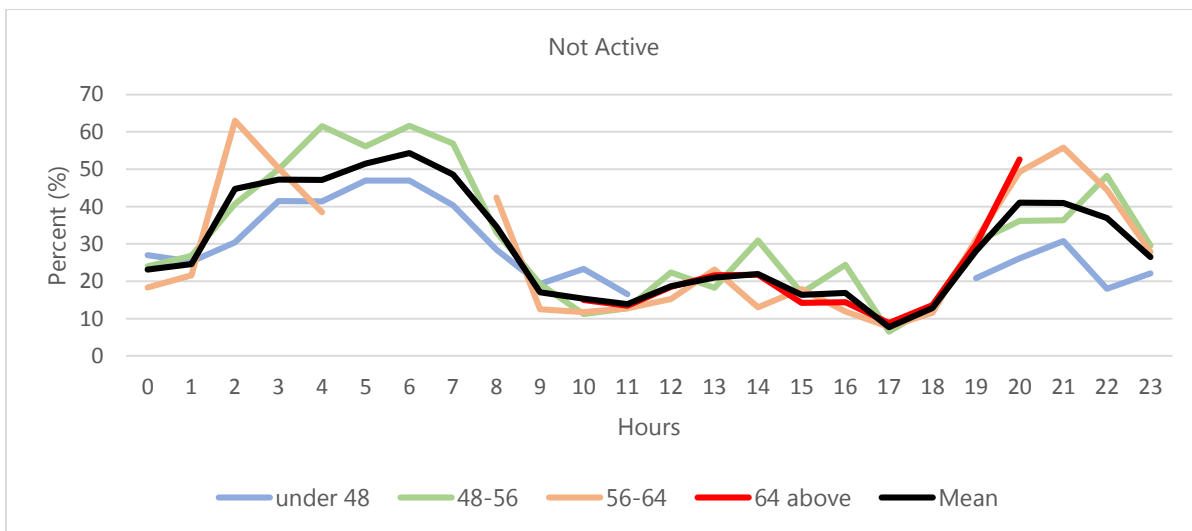
In addition, the average values of the behavioural data according to the THI groups obtained hourly were prepared in figures. Accordingly, figures of high active, active, not active, eating, and rumination values are presented in Charts 2, 3, 4, 5 and 6, respectively. In these figures, the hours of the day are shown on the X axis and the values of the animals' behaviours are shown as percentages on the Y axis. That is, the changes in the behaviour of the bulls according to the hourly calculated THI groups are presented in these figures.



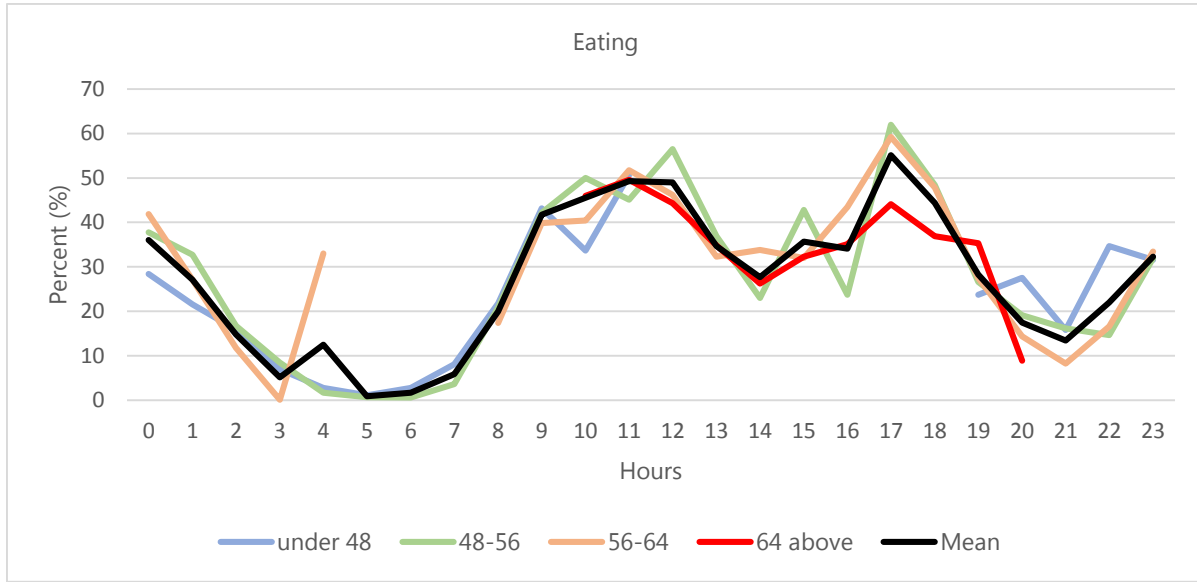
**Figure 3.** Hourly display of high active values (%).  
 Şekil 3. Yüksek aktivite değerlerinin saatlik gösterimi (%).



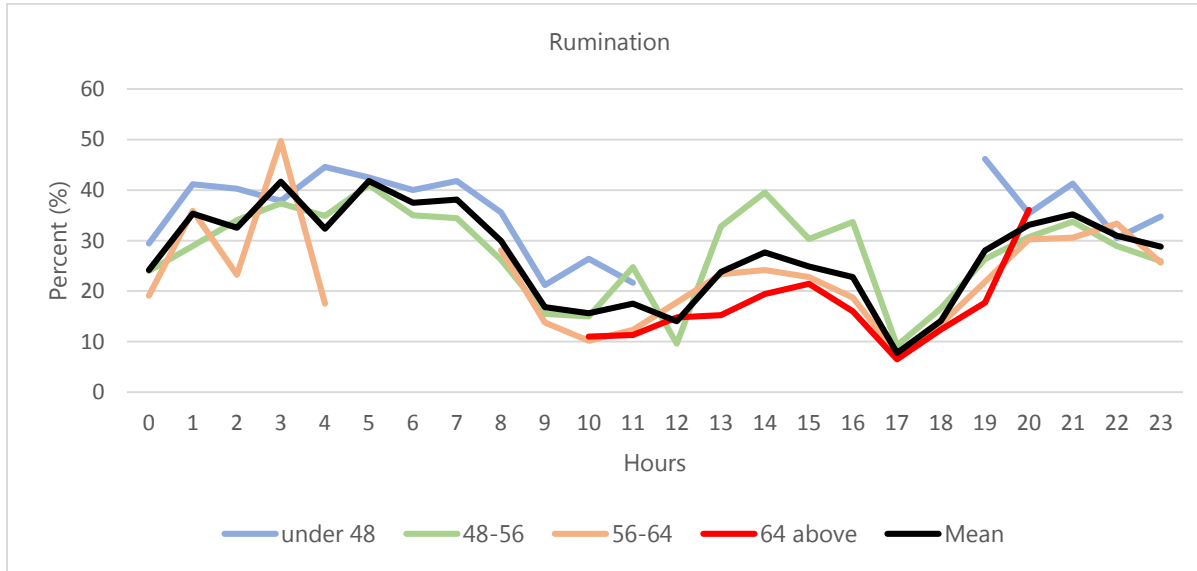
**Figure 4.** Hourly display of active values (%).  
 Şekil 4. Normal aktivite değerlerinin saatlik gösterimi (%).



**Figure 5.** Hourly display of not active values (%).  
 Şekil 5. Hareketsizlik değerlerinin saatlik gösterimi (%).



**Figure 6.** Hourly display of eating values (%).  
Şekil 6. Yem yeme değerlerinin saatlik gösterimi (%).



**Figure 7.** Hourly display of rumination values (%).  
Şekil 7. Ruminasyon değerlerinin saatlik gösterimi (%).

As seen in the figures, while the activity and eating values increase during the daytime, the not active and rumination values increase during the night hours. Animals tend to stand more in the afternoon hours, as reported by Allen *et al* (2015) and Heinicke *et al* (2020). In general, animals under heat stress tend to orient themselves in different directions and spend more time standing to avoid direct solar and ground radiation (Sejian *et al.*, 2018; Bayssa *et al.*, 2021). In this study, it was determined that bulls mostly slept at night to alleviate the effects of heat stress experienced during the daytime. While the bulls remained in a rather inactive state between 3 and 7 hours, when the values below THI 48 were the most, in these hours the values of not activity and rumination were found to be the highest. In addition, it has been determined that animals are more active to eat food in the morning and evening feeding times.

The variation of the hourly behavioural data according to the THI groups was found to be similar to the variation of the daily behavioural data according to the THI groups. Especially high active and active data were highly affected by the changes in the hourly calculated THI groups (Figure 3, 4). These values were found to be compatible with studies reported that increased standing and decreased lying time of animals

were associated with higher ambient temperatures (Darcan et al., 2008; Hienicke et al., 2020). The variation of the not active values of the animals according to the THI values was found to be more prominent especially at night hours, and as the THI values of the animals increased during these hours, the not activity of the animals also increased (Figure 5). In the daytime, although this situation is reversed with the effect of air temperature, it is seen that the values are close to the average. In other words, it is observed that the animals are more active during the day as the THI values increase. Eating values were not affected much by hourly THI changes, and the values found in THI groups were generally close to the average (Figure 6). Rumination values of bulls were also affected by hourly THI changes, and these values were generally below the average as THI values increased (Figure 7).

## CONCLUSION

As a result, THI values were correlated with ear temperature and behavioural data of bulls. As THI values increased, ear temperature and activity values increased in animals. In addition, it was determined that the eating values increased during the daytime hours. According to these findings, it can be said that animal behaviour is affected by meteorological events. In addition, the behaviour of animals can be easily monitored from the computer whenever we want, instead of following by disturbing the animals in the herd, thanks to the chip ear tag. Thus, the workload has decreased and the stress that may occur on the animals has been prevented. In order to provide optimal conditions for animal welfare, the use of technological tools such as this system in animal husbandry should be expanded.

## CONFLICT OF INTEREST

The author declare that no conflict of interest.

## ACKNOWLEDGMENT

I would like to thank the Ministry of Agriculture and Forestry, General Directorate of Agricultural Research and Policies, for granting the necessary permissions for the use of materials in this study. This research was presented as an oral presentation at the International Congress on Domestic Animal Breeding Genetics and Husbandry (ICABGEH-2021) held on 27-30 September 2021 as online.

## REFERENCES

- APA Adin, G., Solomon, R., Nikbachat, M., Zenou, A., Yosef, E., Brosh, A., Shabtay, A., Mabjeesh, S. J., Halachmi, I., & Miron, J. (2009). Effect of feeding cows in early lactation with diets differing in roughage neutral detergent fiber content on intake behaviour, rumination, and milk production. *Journal of Dairy Science*, 92, 3364-3373. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2078>.
- Allen, J. D., Hall, L. W., Collier, R. J., & Smith, J. F. (2015). Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 118-127. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7704>.
- Bayssa, M., Yigrem, S., Betsha, S., & Tolera, A. 2021. Production, reproduction and some adaptation characteristics of Boran cattle breed under changing climate: A systematic review and meta-analysis. *PloS One* 16(5), e0244836. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244836>.
- Bikker, J. P., Van Laar, H., Rump, P., Doorenbos, J., Van Meurs, K., Griffioen, G. M., & Dijkstra, J. (2014). Evaluation of an ear-attached movement sensor to record cow feeding behaviour and activity. *Journal of Dairy Science*, 97(5), 2974-2979. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7560>.
- Borchers, M., Chang, Y., Tsai, I., Wadsworth, B., & Bewley, J. (2016). A validation of technologies monitoring dairy cow feeding, ruminating, and lying behaviours. *Journal of Dairy Science*, 99(9), 7458-7466. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10843>.
- Corujo, G., & Timms, L. (2017). Uses of an ear tag based behavioural and temperature monitoring system (CowManagerR) at the ISU dairy. *Animal Industry Report*, 663(1), 38. [https://doi.org/10.31274/ans\\_air-180814-391](https://doi.org/10.31274/ans_air-180814-391).
- Darcan, N., Cedden, F., & Çankaya, S. 2008. Spraying effects on some physiological and behavioural traits of goats in a subtropical climate. *It. J. Anim. Sci.* 7, 77-85. <https://doi.org/10.4081/ijas.2008.77>

- Dolecheck, K. A., Silvia, W. J., Heersche Jr., G., Chang, Y. M., Ray, D. L., Stone, A. E., Wadsworth, B. A., & Bewley, J. M. (2015). Behavioral and physiological changes around estrus events identified using multiple automated monitoring technologies. *Journal of Dairy Science*, 98(12), 8723-8731. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9645>.
- EFSA. (2012). Scientific opinion on the welfare of cattle kept for beef production and the welfare in intensive calf farming systems. *EFSA Journal*, 10(5), 2669. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2669>.
- Heinicke, J., Ott, A., Ammon, C., & Amon, T. (2020). Accepted Author Version Of The Manuscript: Heat load-induced changes in lying behavior and lying cubicle occupancy of lactating dairy cows in a naturally ventilated barn. <http://dx.doi.org/10.2478/aoas-2020-0113>.
- Mader, T. L., & Kreikemeier, W. (2006). Effects of growth-promoting agents and season on blood metabolites and body temperature in heifers. *Journal of Dairy Science*, 84, 1030-1037. <https://doi.org/10.2527/2006.8441030x>.
- Minitab. (2010). Minitab for Windows. Version16. Minitab. Inc., United States.
- Sejian, V., Bhatta, R., Gaughan, J.B., Dunshea, F.R., & Lacetera, N. 2018. Adaptation of animals to heat stress. *Animal*, 12(2), 431-444. <https://doi.org/10.1017/s1751731118001945>.
- Wolfger, B., Timsit, E., Pajor, E. A., Cook, N., Barkema, H. W., & Orsel, K. (2015). Accuracy of an ear tag-attached accelerometer to monitor rumination and feeding behavior in feedlot cattle. *Journal of Dairy Science*, 93(6), 3164-3168. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8802>.
- Zehner, N., Niederhauser, J. J., Nydegger, F., Grothmann, A., Keller, M., Hoch, M., & Schick, M. (2012, July). *Validation of a new health monitoring system (RumiWatch) for combined automatic measurement of rumination, feed intake, water intake and locomotion in dairy cows*. Proceedings of international conference of agricultural engineering CIGR-Ageng (p. C0438).





## Milk Yield, Fertility, Udder Characteristics, and Raw Milk Somatic Cell Count of the Damascus Goats Reared in Iğdır Conditions\*

Iğdır Şartlarında Yetiştirilen Halep Keçilerinin Süt Verimi, Döl Verimi, Meme Özellikleri ve Çiğ Süt Somatik Hücre Sayısı

İsa Yılmaz<sup>1</sup> , Ali Can<sup>2</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 21.03.2022

Kabul Tarihi (Accepted): 26.07.2022

Yayın Tarihi (Published): 22.08.2022

**Abstract.** The aim of this study is to determine the somatic cell number (SCC), udder characteristics and some yield characteristics in Damascus goats. This study was carried out on the Damascus goats raised on a private farm brought the first time in Iğdır province of Turkey in 2013. In the study, 62 Damascus goats were measured SCC of 620 milk samples, monthly milk yields, and udder characteristics in 2019. In the study, mean values of some udder characteristics such as udder circumference, udder width, udder bottom height, udder upper height, teat angle, udder volume, teat diameter, and teat length were determined as 41.83±0.13 cm, 13.07±0.04 cm, 30.57±0.14 cm, 51.01±0.15 cm, 38.02±0.13°, 1754.84±10.65 ml, 6.09±0.09 mm and 5.44±0.06 cm, respectively. In raw milk, mean values of SCC and logarithmic Log<sub>10</sub>SCC were found as 503,120±40,020 cells ml<sup>-1</sup> and 5,543±0.037 cells ml<sup>-1</sup>, respectively. The effect of birth type and lactation order on SCC and Log<sub>10</sub>SCC was found to be significant (p<0.01). Average daily milk yield, lactation length, and lactation milk yield, which are among the factors affecting milk yield, were found as 2.14±0.05 kg, 292.15±0.60 day, and 626.23±12.94 kg, respectively. The effect of lactation length and season on average dairy milk yield was found to be significant (p<0.01). The effects of udder type on lactation length (p<0.05), and lactation duration on lactation milk yield were found significant (p<0.01). As a result, it has been concluded that Damascus goats can be successfully raised under the conditions of Iğdır province.

**Keywords:** Damascus goat, milk yield, milk quality, SCC, udder characteristics

&

**Öz.** Bu çalışmanın amacı Halep keçilerinde somatik hücre sayısı (SHS), meme özellikleri ve bazı verim özelliklerinin belirlenmesidir. Bu çalışma, Türkiye'nin Iğdır iline ilk kez 2013 yılında getirilen ve özel bir işletmede yetiştirilen Halep keçilerinde yürütülmüştür. Çalışmada 2019 yılında 62 baş keçiye 620 adet süt örneğinde SHS, aylık süt verimi ve meme özellikleri ölçülmüştür. Çalışmada meme çevresi, meme genişliği, meme alt yüksekliği, meme üst yüksekliği, meme başı açısı, meme hacmi, meme başı çapı ve meme başı uzunluğuna ait ortalama değerler sırasıyla 41.83±0.13 cm, 13.07±0.04 cm, 30.57±0.14 cm, 51.01±0.15 cm, 38.02±0.13°, 1754.84±10.65 ml, 6.09±0.09 mm ve 5.44±0.06 cm olarak belirlenmiştir. Sürüde iki parçalı ve düz meme olarak iki meme tipi tespit edilmiştir. Çiğ sütlerde ortalama SHS ve logaritmik Log<sub>10</sub>SHS değerleri sırasıyla 503.120±40.020 hücre ml<sup>-1</sup> ve 5.543±0.037 hücre ml<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Doğum şekli ve laktasyon sırasının SHS ve Log<sub>10</sub>SHS üzerindeki etkisi anlamlı bulunmuştur (p<0.01). Süt verimini etkileyen faktörlerden ortalama günlük süt verimi, laktasyon süresi ve laktasyon süt verimi sırasıyla 2,14±0,05 kg, 292,15±0,60 gün ve 626,23±12,94 kg olarak tespit edilmiştir. Ortalama günlük süt verimi üzerine laktasyon süresi ve mevsimin etkisi anlamlı bulunmuştur (p<0.01). Meme tipinin laktasyon uzunluğuna (p<0.05), laktasyon süresinin laktasyon süt verimi üzerine etkisi anlamlı (p<0.01) bulunmuştur. Sonuç olarak Halep keçilerinin Iğdır ili koşullarında başarılı bir şekilde yetiştirilebileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Halep keçisi, süt verimi, süt kalitesi, SHS, meme özellikleri

**Atıf/Cite as:** Yılmaz, İ., & Can, A. (2022). Milk Yield, Fertility, Udder Characteristics, and Raw Milk Somatic Cell Count of the Damascus Goats Reared in Iğdır Conditions. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 8 (2), 358-367. DOI: 10.24180/ijaws.1090613

**İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic:** This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijaws>

**Copyright** © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Doç. Dr. İsa Yılmaz, Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Hayvansal Üretim ve Teknolojileri Bölümü isa.yilmaz@alparslan.edu.tr (Corresponding author)

<sup>2</sup> Yüksek Lisans Öğr. Ali Can, Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, ali.can@igdir.edu.tr

\*This study was summarized from master thesis entitled "Relations between Somatic Cell, Udder Characteristics and Milk Yield in Damascus Goats Grown in Iğdır Province, Turkey".

## INTRODUCTION

Goats (*Capra hircus*) were domesticated in the Near East during the Neolithic period, which dates back an estimated 10,000 years ago, and have now spread to all regions and continents of the Earth (Fernandez et al., 2006). Goats make good use of low-quality pastures, shrubberies, and brush areas, and turn them into meat, milk, and other products (Günlü and Alaşahan, 2010). They meet a significant portion of the animal-derived food requirements of farmers living in rural areas (Lu and Miller, 2019). For this reason, the goat has an important place among the species used for their meat and milk in Turkey (Anitaş et al., 2017).

Damascus goat is a goat breed originating from the Syrian city of Damascus and being grown in many regions and countries of the world (e.g., Turkey, Syria, Lebanon, Egypt, Cyprus, and Israel). It has particularly well adapted to the conditions of regions (Middle East) that have a temperate climate and extends to India and the conditions of countries with Mediterranean shores (Özcan, 1989).

In general, goat breeds grown in Turkey are hair goats (Anatolian black goat). Damascus goat, on the other hand, is a breed of goat grown primarily for milk yield in South-Eastern Anatolia and Eastern Mediterranean regions and the regions of Turkey bordering Syria (Kaçar et al., 2010).

The genotype, which is widely grown in Gaziantep, Kilis, and Hatay provinces of Turkey, is the Kilis goat type. This type has been formed as a result of the hybridization of hair goats for many years (Damascus + hair goat= Kilis goat) and is also accepted as a breed (Gül et al., 2016; Ünal and Ceyhan, 2017).

Many studies have shown that Damascus goat can be easily grown in areas dominated by plants such as alfalfa, which grow in a hot, arid, and salty soil structure (Abdalla et al., 2013; Abd al-Hamid et al., 2017). The milk yield of the Damascus goat breed is high, it is resistant to high temperatures, and has the ability to use weak and barren pastures very well. Also, the fact that they make better use of non-productive pastures compared to sheep and evaluates stubble areas more effectively after harvest is one of their other characteristics (Barıtçı and Adıgüzel, 2017).

Countries such as Switzerland and France, which give importance to animal husbandry and have developed many different breeds of dairy goats, have realized the high levels of yield and income, which they get per animal in goat milk production, through selection programs that they do at the national level (South et al., 2006). The Damascus goat breed, which has adapted well to environmental conditions (climate, diseases and nutrition), is a breed whose genetic characteristics should be benefited to increase milk and meat production in difficult conditions (Keskin et al., 2004).

Damascus goats, which are of Syrian origin, have been taken to many regions and provinces, such as Çanakkale, in Turkey after the outbreak of the Civil War in Syria (Önal, 2016). One of the provinces where Damascus goats have been taken to is Iğdır province in Turkey. In this study, for the first time, by determining data such as milk yields, fertility, udder sizes, and somatic cell counts of Damascus goats grown in Iğdır region, suggestions were made about their adaptation and breeding in this region.

## MATERIAL AND METHOD

### *Animal Material, Feeding, and Climate*

For this study, it was used a total of 62 head Damascus goats with the first (21 head), second (21 head) and third (20 head) birth within the 2019 year, which were brought to a private enterprise located in Iğdır province in 2013. Ear-tag numbers of all goats have been determined. All the goats gave birth in March. In the pre-birth months of 2018 (December, January, and February) and in the birth month (March), 1.5 kg of dried alfalfa grass, 1 kg of dried meadow grass, and 0.3 kg of barley were given to each maternal goat per day. In April, the goats began to be grazed in the pasture (good quality), and in addition, the daily amount of alfalfa, dry grass, and barley was given as 1, 1, and 0.2 kg, respectively. From May to November (2019 year), goats were kept in the shelter at night, and during the day they were grazed in the

pasture (village pasture, rental pasture, field stubble such as wheat, and clover stubble after harvesting); no additional feed was given.

Igdir province where Damascus goats are grown is located in the eastern most part of the Eastern Anatolia region of Turkey at Latitude 44 E 02 and longitude 39 N 55. The average annual temperature of the province is 11.6 °C; air temperatures falling to -30 °C in winter and sometimes exceeding 41 °C in summer are encountered. It receives very little precipitation (average annual precipitation is 259.9 mm) and has a semi-arid climate (Anonymous, 2019).

#### Determination of Udder Characteristics

Determination of udder characteristics is performed by the method applied by Aktaş (2012) and Mavrogenis et al. (1988) (Figure 1). Udder measurements were taken 3 times on the 45<sup>th</sup>, 90<sup>th</sup>, and 135<sup>th</sup> days of lactation. Udder measurements were done about an hour before milking in the morning and immediately after milking. In determining udder characteristics, a measuring strip was used for udder circumference (UC) (Figure e); a tape measure for values of udder upper height (UUH) (Figure d: A-D); udder bottom height (UBH) (Figure d: K-D); udder width (UW) (Figure d: B-C); udder circumference (UC) (Figure e); caliper for measuring teat length (TL) (Figure a: c); teat diameter (TD) (Figure a: d); goniometer for measuring teat angle (TA) (Figure f), and a water cup for identifying udder volume (UV) (Figure b). Detection of udder type from qualitative properties was made according to Figure c.

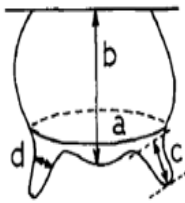


Figure a. Udder measures (a: Udder circumference, b: Udder depth, c: Teat length, d: Teat diameter)

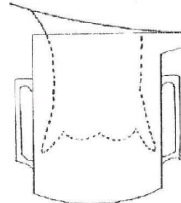


Figure b. Udder volume



Figure c. Udder types (1: Two pieced, 2: Flat udder, 3: Broken breast, 4: Asymmetric)

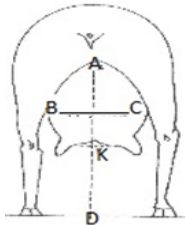


Figure d. Udder features (A-D: udder upper height, K-D: udder bottom height, B-C: udder width)



Figure e. Breast circumference



Figure f. Teat angle

**Figure 1.** Udder features, udder measures and udder types

Şekil 1. Meme özellikleri, meme ölçüleri ve meme tipleri şekilleri.

#### Milk Control and Milk Somatic Cell Counts

In this study, milk controls were performed once a month, in the morning and evening by hand. The Holland method was used to determine each lactation milk yield calculation. According to this method, the yields measured at 30 days interval day during lactation are considered as the average daily milk yield (Kaymakçı, 2006).

Determination of milk yields and identification of somatic cell counts were carried out on the farm (in the enterprise) on the day of milk control. Measured milk quantity and SCC were written across the ear

number of each goat. The quantity of milk obtained on the control day (kg) was determined by weighing and the SCC measurements were made with DeLaval Cell Counter (DCC). DCC counts somatic cells colored with DNA-specific fluorescent probe Propidium Iodide. The somatic cell count appears as numerically on its screen in a minute. The use of the device and the method were performed based on DeLaval (2018).

### Mating and Offspring Yield

In the Damascus goat herd, a form of free grafting method (mating) is practiced in the insemination of goats that come into a rut; male animals roam freely in the herd. As fertility, the offspring yield of goats by age group was studied. According to this, the information of twin and single-born offspring was recorded across their mother's earring and the number of offspring per maternal goat was determined.

### Data Editing and Statistical Analysis

In Damascus goats, two types of udders were identified: two-piece and flat udder types. In the evaluation of the seasons, the March-April-May months were used as the 1<sup>st</sup> season (Spring), June-July-August as the 2<sup>nd</sup> season (Summer), and September-October-November as the 3<sup>rd</sup> season (Autumn). As a type of birth, single birth= 1 and twin birth=2 were used in the evaluations. Effects of factors such as lactation order and udder type on the udder characteristics (UC, UD, TL, TD, UUH, UBH, UW) and SCC of Damascus goat milk were analyzed in a repeated measurement on animals by using the Least Squares Mixed Model Procedures of SPSS statistic package program (Yıldız and Bircan, 1991). Correlations between all udder characteristics and milk yield characteristics were analyzed (SPSS, 2013).

## RESULTS AND DISCUSSION

In the study, the data obtained during lactation in 2019 from Damascus goats grown in a private enterprise in Iğdir province were statistically analyzed. In the process of obtaining the data, lactation length, daily average milk yield, lactation milk yield, SCC, udder type and udder characteristics were examined. The obtained results were compared with the results of scientific studies conducted in different regions and countries. Some descriptive statistics belonging to the udder characteristics examined in the study are given in Table 1. The variation coefficients for teat diameter, teat length, udder volume, and udder bottom height, which have the highest variation coefficient among the breast characteristics, were determined as 28.49%, 25.78%, 13.52%, and 11.29%, respectively (Table 1).

**Table 1.** Descriptive statistics for examined udder characteristics of Damascus goats.

Çizelge 1. Halep keçilerinin incelenen meme özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler

Parameters	N	Some statistic values					
		$\bar{X}$	$S_{\bar{x}}$	SD	Min.	Max.	CV
Udder circumference (cm)	62	41.83	0.13	2.33	33	51	5.57
Udder width (cm)	62	13.07	0.04	1.25	10	16	9.56
Udder bottom height (cm)	62	30.57	0.14	3.45	21	39	11.29
Udder upper height (cm)	62	51.01	0.15	3.44	40	59	6.74
Teat angle (°)	62	38.02	0.13	3.20	28	45	8.42
Udder volume (ml)	62	1754.84	10.65	237.21	1100	2500	13.52
Teat diameter (mm)	62	6.09	0.09	1.57	4	14	25.78
Teat length (cm)	62	5.44	0.06	1.55	2.5	9	28.49

$\bar{x}$ : Mean of least squares,  $S_{\bar{x}}$ : Standard error, SD: Standard deviation, Min.: Minimum, Max: Maximum, CV: Coefficient of Variation.

In this study, the minimum, maximum and average udder circumference lengths were determined as 33 cm, 51 cm, and 41.83±0.13 cm, respectively (Table 1). El-Gendy et al. (2014) reported these values as 16 cm, 57 cm, and 30.95±0.46 cm, respectively in Damascus goats. Also, in this study, the minimum, maximum and average teat lengths of Damascus goats were obtained as 2.5 cm, 9 cm, and 5.44±0.06 cm, respectively. El-Gendy et al. (2014) reported these values as 1.5 cm, 4.75 cm, and 10±0.04 cm, respectively.

In this study, a high degree of variation was detected between breast characteristics of Damascus goats. This situation may provide an advantage for improving of breast structure.

Subgroup mean values and standard errors related to effects of lactation order, udder type, birth type, and season, which are effective factors on milk yield characteristics and SCC, are given in Table 2. The effect of birth type on lactation length, lactation milk yield and daily average milk yield was not significant. The effect of udder type on lactation length was found to be significant ( $p<0.05$ ), while its effect of it on lactation milk yield and daily average milk yield was not significant (Table 2). The results of variance analysis showed that the lactation order did not cause any variation in lactation length, but it caused significant variations in lactation milk yield and average daily milk yield ( $p<0.01$ ) (Table 2). In addition, it was determined that whereas the lactation order caused a significant variation in SCC ( $p<0.01$ ), the udder type and season did not cause any variation in SCC (Table 2). In the study, while the effect of udder type on  $\text{Log}_{10}\text{SCC}$  value was not found to be significant, the effects of lactation order, birth type ( $p<0.01$ ), and season ( $p<0.001$ ) were found to be significant (Table 2).

**Table 2.** Effects of lactation order, udder type, and birth type on milk yield characteristics and SCC.

Çizelge 2. Laktasyon sırası, meme tipi ve doğum tipinin süt verim özellikleri ve SHS üzerine etkisi.

Classification	n	Lactation	Lactation milk	Daily average	Somatic Cell	$\text{Log}_{10}\text{SCC}$
		Length (day)	yield (kg)	milk yield (kg)	Score (cells $\text{ml}^{-1}$ )	
		$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$
General		292.15±0.60	626.23±12.78	2.14±0.05	503,120±40,020	5.54±0.04
Lactation order		NS	**	**	**	**
1 <sup>st</sup>	21	291.60±0.90	561.73±22.05 <sup>a</sup>	1.89±0.73 <sup>a</sup>	358,850±47,540 <sup>a</sup>	5.42±0.05 <sup>a</sup>
2 <sup>nd</sup>	21	291.84±1.05	638.08±17.44 <sup>b</sup>	2.15±0.59 <sup>b</sup>	473,840±71,600 <sup>a</sup>	5.50±0.07 <sup>a</sup>
3 <sup>rd</sup>	20	293.05±1.16	653.98±22.05 <sup>b</sup>	2.19±0.73 <sup>b</sup>	685,340±69,490 <sup>b</sup>	5.72±0.05 <sup>b</sup>
Udder type		*	NS	NS	NS	NS
Two-piece	51	291.62±0.61	602.53±06.68	2.01±0.38	482,800±39,660	5.53±0.04
Flat	11	294.61±1.71	632.17±16.88	2.13±0.46	597,320±132,360	5.61±0.12
Birth type		NS	NS	NS	**	**
Single	32	291.20±0.59	606.108±16.48	2.12±0.05	395,520±43,760	5.45±0.05
Twin	30	293.10±0.61	629.336±19.77	2.24±0.10	617,880±62,430	5.66±0.05
Seasons					NS	***
Spring	186	-	-	-	461,540±38,440	5.45±0.03 <sup>a</sup>
Summer	186	-	-	-	508,840±30,610	5.56±0.03 <sup>b</sup>
Autumn	248	-	-	-	530,000±27,660	5.60±0.02 <sup>b</sup>

NS: Non-significant; \*:  $p<0.05$ ; \*\*:  $p<0.01$ ; \*\*\*:  $p<0.001$ ; the difference between the means denoted by a, b, c is significant.

In the study, the average lactation length of Damascus goats was determined as 292.15±0.60 days (Table 2). This value was similar to the value of 300 days determined in Damascus goats in the hands of the public in Lebanon (Khazaal, 2009). However it was higher than the values of 227.48 days and 170.39 days determined respectively in Damascus and Kilis goats grown in Turkey (Tatar et al., 2019), 176 days and 183 days found respectively in one year old and two years old goats grown in Cyprus (Mavrogenis and Constantinou, 1982), and 254.7±2.359 days determined in those grown in Northern Cyprus (Guney et al., 2006).

In this study, when lactation milk yields of Damascus goats grown in Iğdir province were examined, it was determined that the average was 626.23±12.78 kg (Table 2). This value was higher than the values reported as 238,185 kg, 329 liters, 347.6±19.05 liters and 453.75 kg in Damascus goats by Yakan et al. (2019), Keskin (2000), Keskin et al. (2004), and Özüyanık (2004), respectively. In this study, it was determined that older goats had higher milk yields than younger ones (Table 2). Similarly, it was also reported by Yakan et al. (2019) that older goats had higher milk yields than younger goats.

In this study, the effects of udder type and birth type on the daily average milk yield of Damascus goats were not significant, while the effects of lactation order ( $p<0.01$ ) and season ( $p<0.001$ ) were found

significant. The average daily milk yield of Damascus goats was determined as  $2.14 \pm 0.04$  kg day<sup>-1</sup> in the growing conditions of Iğdir province (Table 2). This value was higher than the values reported as 1.13 and 1.90 kg in Damascus goats by Yakan et al. (2019) and Günay et al. (2006), respectively and lower than the value reported as  $3.16 \pm 0.84$  liter by Omar-Musa (2015).

In this study, a long lactation period, high average daily milk yield and thereby high annual milk yield were determined in Damascus goats compared to some other study results. The reason for this is that there is easy access to quality fresh and green feed sources throughout the year for grazing of animals after the last harvest in alfalfa fields, areas under fruit trees, grain and silage cornfields, and sugar beet plantation areas because roughage agriculture is carried out in Iğdir province.

This study showed that SCC value was  $503,120 \pm 40,020$  cells ml<sup>-1</sup> in Damascus goats. This value was lower than the values obtained as  $599,600 \pm 60,000$  cells ml<sup>-1</sup>,  $727,195 \pm 61,480$  cells ml<sup>-1</sup> and  $1,098,000 \pm 81,730$  cells ml<sup>-1</sup> by Burns et al. (2019) at the beginning, middle, and end of the lactation, respectively. The effect of season and udder type on SCC was not significant. In a study conducted by Göçmen et al. (2019), it was reported that in the SCC control performed on the 30<sup>th</sup> day in Damascus goat milk, 86.6% remained below the value of 1,000,000 cells ml<sup>-1</sup> and 13.4% remained above the value of 1,000,000 cells ml<sup>-1</sup>.

On the other hand, although a study conducted by Darbaz et al. (2019) found that the effects of lactation order and birth type on SCC in Damascus goat milk samples were not significant, the effects of lactation order and birth type on SCC were found statistically significant in this study ( $p < 0.01$ ). However, according to the results of the Duncan comparison test, the effect of the third lactation order on SCC was found to be different (Table 2). The fact that the SCC value of old goats in the same herd is naturally high can be shown as a reason for this (Granado et al., 2014; Anitaş et al., 2017)

Although many standards have been determined in the world for acceptable SCC upper limit values in cow milk, there are a few standards for goat milk that only some countries accept for themselves. Currently, there is no legal limit on the value of SCC in goat milk in the European Union (Paape et al., 2007). In this study, the mean SCC value in Damascus goats was determined as  $503,120 \pm 18,440$  cells ml<sup>-1</sup> (Table 1). The legal milk SCC limit for goats is 1,000,000 cells ml<sup>-1</sup> in the United States (Paape et al., 2007; Anitaş et al., 2017). However, in the Grade "A" Pasteurized Milk Ordinance regulation, the SCC Value specified for goat milk is stated as 1,500,000 cells ml<sup>-1</sup> by the United States FDA (2017). As a result of bacteriological tests performed to detect the presence of breast infection in a study of Damascus goats, the threshold SCC Value was reported as 1,000,000 cells ml<sup>-1</sup> (Doaa et al., 2014), while it was found in another study that the SCC threshold value in Nubian goats was 1,600,000 cells ml<sup>-1</sup> (El - Saied et al., 2003).

In this study, Log<sub>10</sub>SCC value was determined as  $5.54 \pm 0.04$  in Damascus goats grown in Iğdir province. This value was higher than the Log<sub>10</sub>SCC values of  $2.59 \pm 0.64$ ,  $2.60 \pm 0.51$ , and  $2.41 \pm 0.56$  obtained by Göçmen et al. (2019) on the 10<sup>th</sup>, 20<sup>th</sup> and 30<sup>th</sup> days of lactation in Damascus goats, respectively (Table 2).

The statistical evaluation conducted in this study to understand whether udder type caused any variation between udder characteristics showed that any variation did not occur ( $p > 0.05$ ) (Table 3). Subgroup means, standard errors, and statistical analysis results of the change of udder characteristics by udder types are given in Table 3.

As shown in Table 3, the mean values for UC, UBH, UUH, TA, UV, TD, and TL were determined as  $41.81 \pm 0.29$  cm,  $30.62 \pm 0.44$  cm,  $51.06 \pm 0.44$  cm,  $38.08 \pm 0.410$ ,  $1,756.45 \pm 30.13$  lt,  $6.09 \pm 0.09$  mm, and  $5.44 \pm 0.20$  cm, respectively.

Correlations between udder characteristics and Log<sub>10</sub>SCC examined in Damascus goats were given in Table 4.

**Table 3.** Subgroup means, standard errors and t-test results for the change of udder characteristics by udder types

Çizelge 3. Meme tiplerine göre meme özelliklerinin değişimine ait alt grup ortalamaları, standart hataları ve t-test sonuçları.

	n	UC	UBH	UUh	TA	UV	TD	TL
		$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$
<b>General</b>	62	41.81±0.29	30.62±0.44	51.06±0.44	38.08±0.41	1756.45±30.13	6.09±0.09	5.44±0.20
<b>UT</b>		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<b>1</b>	51	41.85±0.35	30.82±0.49	51.19±0.49	37.69±0.45	1749.02±35.34	6.21±0.03	5.32±0.22
<b>2</b>	11	41.59±0.49	29.68±0.91	50.46±1.01	39.91±0.78	1790.91±45.64	5.97±0.15	5.96±0.43

UT: Udder type, 1: Two-piece udder, 2: Flat udder, UC: Udder circumference, UBH: Udder bottom height, UUh: Udder upper height, TA: Teat angle, UV: Udder volume, TD: Teat diameter, TL: Teat length.

**Table 4.** Spearman's rho correlations between udder characteristics and lactation length, lactation milk yield, and Log<sub>10</sub>SCC<sup>(1)</sup>.Table 4. Meme özellikleri ile laktasyon süresi, laktasyon süt verimi ve Log<sub>10</sub>SHS nin Spearman's rho korelasyonları <sup>(1)</sup>.

Characteristics	UBH	UUh	TA	UV	Log <sub>10</sub> SCC	LL
UUh	0.761**					
TA	-0.263*	-0.129				
UV	-0.317*	-0.030	0.428**			
Log <sub>10</sub> SCC	-0.189	0.012	-0.082	0.326**		
LL	-0.086	0.020	0.269*	0.231	0.120	
LMY	-0.170	0.027	0.299*	0.461**	0.109	0.469**

UBH: Udder bottom height, UUh: Udder upper height, UV: Udder volume, Log<sub>10</sub>SCC: Logarithmic somatic cell count, TA: Teat angle, LL: Lactation length, LMY: Lactation milk yield.

\*: Correlation is significant at the 0.05 level, \*\*: Correlation is significant at the 0.01 level.

<sup>(1)</sup>:  $r < 0.5$  indicates to weak,  $0.5 < r < 0.7$  indicates to moderate, and  $0.7 < r$  indicates to strong correlations.

As seen in Table 4, no significant correlation was found between udder characteristics and characteristics that affect particularly SCC and lactation milk yield. It was determined that all of the correlations identified as significant (at levels of  $p < 0.05$  and  $p < 0.01$ ) were correlations that had a low ( $r < 0.5$ ) effect. Similarly, Aktaş et al. (2012) obtained similar results for the same characteristics in Turkish Saanen goats.

In addition, fertility was also examined in Damascus goats in this study. Birth type rates of Damascus goats by age group are shown in Table 5. Although the rate of twin-birth increased as age increased, this increase was not statistically significant ( $p > 0.05$ ).

**Table 5.** Birth type ratios of Damascus goats by age group.

Çizelge 5. Halep keçilerinin yaş gruplarına göre doğum tipi oranları.

Birth Types	Age groups						Average	
	Two years old		Three years old		Four years old		N	%
	n	%	n	%	n	%		
Single Birth	14	66.7	10	47.6	8	40.0	32	51.6
Twin Birth	7	33.3	11	52.4	12	60.0	30	48.4
Total	21	100.0	21	100.0	20	100.0	62	100.0

$\chi^2 = 3.120$ ,  $p > 0.05$ .

In this study, while there was no triplet birth type, twin birth rates were found to be 33.3%, 52.4%, 60.0% and 48.4% for ages of two, three, four years and for average, respectively (Table 5). The average kid fertility per maternal goat was 1.48 kid goat<sup>-1</sup>. On the other hand, another study showed that the average twin birth rates in Damascus and Saanen goats raised in Lebanon were 1.75 kid goat<sup>-1</sup> and 1.08 kids goat<sup>-1</sup>, respectively (Khazaal, 2009).

## CONCLUSION

In light of the obtained findings, when lactation length, daily milk yield and average lactation milk yield are compared to studies conducted in Turkey and many other countries, it was determined that Damascus goats had a satisfactory level of milk yield in Iğdir province. However, the value obtained for SCC in the study is below the upper limit values accepted by many countries for goat milk. This study has shown that Damascus goats can be successfully bred in Iğdir province.

## CONFLICT OF INTEREST

There is no conflict of interest between the authors.

## AUTHOR CONTRIBUTION

The authors contributed equally to this study.

## ACKNOWLEDGMENT

We are grateful to the farm owner for allowing the use of data.

## REFERENCES

- Aktaş, Z., Kaygısız, A., & Sinan, B. (2012). The Relationships between Turkish Saanen goats milk yield traits, some udder measurements and SCC at Kahramanmaraş breeders conditions. *Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Nature Science*, 15(4), 7-17.
- Anıtaş, O., Göncü, S., & Koluman, N. (2017). The Importance of somatic cell counts in dairy goat husbandry and effect on milk quality. *Çukurova Journal of Agriculture and Food Science*, 32(1), 35-42.
- Anonymous (2019). Ministry of Agriculture and Forestry, Iğdir Provincial Directorate of Agriculture and Forestry. Our city. <https://igdir.tarimorman.gov.tr/Menu/20/Ilimiz> , [Accessed on: 21 December, 2019].
- Barıtçı, I., & Adıgüzel, C. (2017). Aleppo (Damascus) Goat Breeding. *Dicle University Journal of the Institute of Natural and Applied Science*, 6(1), 39-42.
- Darbaz, I., Salar, S., Sayiner, S., Baştan, I., Ergene, O., & Baştan, A. (2019). Evaluation of milk glutathione peroxidase and superoxide dismutase in subclinical mastitis in Damascus goats. *Turkish Journal of Veterinary Animal Science*, 43, 259-263. <https://doi.org/10.3906/vet-1810-60>
- DeLaval. (2018). DeLaval cell counter DCC. <https://www.delaval.com/globalassets/inriver-resources/document/brochure/au-dcc-cell-counter-brochure-2018-oceania.pdf> [Accessed on: 7 October, 2018].
- Doaa, F. T., Hafasa, F. H. Y., El-Baz, A. M., & El-Sherbieny, M. A. (2014). Relationship between somatic cell count and udder health in Damascus goats. *Egyptian Journal of Sheep and Goat Science*, 9(1), 31-42.
- El-Gendy, M. E., Youssef, H. F., Saifelnasr, E. O. H., El-Sanafawy, H. A., & Saba, F. E. (2014). Relationship between udder characteristics and each of reproductive performance and milk production and milk composition in Zaraibi and Damascus dairy goats. *Egyptian Journal of Sheep and Goat Science*, 9(3), 95- 104. <https://doi.org/10.21608/ejsgs.2014.26679>
- FDA. (2017). Department of Health and Human Services Public Health Service, Food and Drug Administration (FDA). Grade "A" Pasteurized Milk Ordinance. <https://www.fda.gov/media/114169/download>, [Accessed on: 2 September, 2020].
- Fernández, H., Hughes, S., Vigne, J. D., Helmer, D., Hodgins, G., Miquel, C., Hänni, C., Luikart, G., & Taberlet, P. (2006). Divergent mtDNA Lineages of goats in an early neolithic site, far from the initial domestication areas. *Proceedings of the National Academy of Science*, 103(42), 15375-15379. <https://doi.org/10.1073/pnas.0602753103>
- Göçmen, H., Darbaz, I., Ergene, O., Esendal, O. M., & Aslan, S. (2019). The relationships between somatic cell count, total bacterial count and intramammary infection in milk samples of Damascus goats during postpartum days. *Small Ruminant Research*, 180, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.09.018>
- Granado, R. J., Rodríguez, M. S., Arce, C., & Estévez, V. R. (2014). Factors affecting somatic cell count in dairy goats: a review. *Spanish Journal of Agriculture Research*, 12(1), 133-150. <https://doi.org/10.5424/sjar/2014121-3803>



- Gül, S., Keskin, M., Göçmez, Z., & Gündüz, Z. (2016). Effects of supplemental feeding on performance of Kilis Goats kept on pasture condition. *Italian Journal of Animal Science*, 15, 110-115. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2015.1132542>
- Güney, O., Torun, O., Özüyanık, O., & Darcan, N. (2006). Milk Production, reproductive and growth performances of Damascus goats under Northern Cyprus conditions. *Small Ruminant Research*, 65, 176-179. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.07.026>
- Günlü, A., & Alaşahan, S. (2010). Evaluations on the future of goat breeding in Turkey. *Journal of Veterinary Medicine Association*, 81, 15-20.
- Kaçar, C., Zonturlu, A. K., Karapehlivan, M., Ari, U.C., Ogun, M., & Cıtil, M. (2010). The Effects of L-Carnitine administration on energy metabolism in pregnant Halep (Damascus) goats. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 34, 163-171. <https://doi.org/10.3906/vet-0805-11>
- Kaymakçı, M. (2006). *İleri koyun yetiştiriciliği*. İzmir İli Damızlık Koyun ve Keçi Yetiştiricileri Birliği Yayınları.
- Keskin, M. (2000). *Determination of some morphological characteristics and performance of Shami (Damascus) goats under intensive breeding condition in Hatay region* [Doctoral dissertation, Hatay Mustafa Kemal University]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Keskin, M., Avsar, Y. K., Bicer, O., & Guler, M. B. (2004). A comparative study on the milk yield and milk composition of two different goat genotypes under the climate of the Eastern Mediterranean. *Turkish Journal of Veterinary Animal Science*, 28, 531-536.
- Khazaal, K. (2009). Comparison of the performance of Shami (Damascus) and Saanen goats raised under similar environmental conditions in Lebanon. *Options Mediterraneennes*, 85, 379-385. <http://om.ciheam.org/om/pdf/a85/00801031.pdf>
- Lu, C. D., & Miller, B. A. (2019). Current status, challenges, and prospects for dairy goat production in the Americas. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 32, 1244. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0256>
- Mavrogenis, A. P., Papachristoforou, C., Lysandrides, P., & Roushias, A. (1988). Environmental and genetic factors affecting udder characters and milk production in Chios sheep. *Genetic Selection Evolution* 20, 477-487. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-20-4-477>
- Omar-Musa, M. O. (2015). *The Evaluation of Some Production and Reproduction Traits of the Shami Cyprus Goats in Eastern Sudan Kassala State*. [Doctoral dissertation, Sudan University of Science and Technology]. [http://repository.sustech.edu/bitstream/handle/123456789/11038/The%20Evaluation%20of%20Some%20...pdf?sequence=1&x\\_tr\\_sl=auto&x\\_tr\\_tl=en&x\\_tr\\_hl=en&x\\_tr\\_sch=http](http://repository.sustech.edu/bitstream/handle/123456789/11038/The%20Evaluation%20of%20Some%20...pdf?sequence=1&x_tr_sl=auto&x_tr_tl=en&x_tr_hl=en&x_tr_sch=http)
- Önal, M. (2016). *Comparison of the performance of Turkish Saanen goats and Damascus goats under Çanakkale conditions*. [Master dissertation, Mustafa Kemal University]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Özcan, L. (1989). *Small ruminants breeding I (Goat production)*. Cukurova University Faculty of Agriculture Textbooks Series, No: 111, Adana, Turkey. 318.
- Özüyanık, O (2004). *A study on performances and adaptation parameters of Damascus goats under dry climate conditions of North Cyprus*. [Master dissertation, Cukurova University]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Paape, M. J., Wiggans, G. R., Bannerman, D. D., Thomas, D. L., Sanders, A. H., Contreras, A., Moroni, P., & Miller, R. H. (2007). Monitoring goat and sheep milk somatic cell counts. *Small Ruminant Research*, 68, 114-125. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.014>
- Raynal-Ljutovac, K., Pirisi, A., Crémoux, R., & Gonzalo, C. (2007). Somatic cells of goats and sheep milk: Analytical, sanitary, productive and technological aspects. *Small Ruminant Research*, 68, 126-44. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.012>
- SPSS. (2013). SPSS for Windows (version 20.0) [Computer software]. IBM SPSS.
- Tatar, A. M., Tuncer, S. S., & Şireli, H. D. (2019). Comparison of yield characteristics of Damascus and Kilis goats in dry climatic conditions. *Austral journal of veterinary sciences*, 51(2), 61-66. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-81322019000200061>

- Ünal, A., & Ceyhan, A. (2017). Determination of sex effect on body weight and some body measurements of Kilis goat. *Harran Journal of Agricultural and Food Science*, 21(2), 219-226.
- Yakan, A. (2012). Milk recording methods and calculation of lactation milk production in sheep and goats. *Adana Veterinary Control Research Institute Journal*, 2, 18-23.
- Yakan, A., Özkan, H., Eraslan Şakar, A., Ateş, C. T., Ünal, N., Koçak, Ö., & Özbeyaz, C. (2019). Milk yield and quality traits in different lactation stages of Damascus goats: Concentrate and pasture based feeding systems. *Ankara University Veterinary Faculty Journal*, 66, 117-129. <https://doi.org/10.33988/auvfd.547470>

Effect of Maturity Stages on Potential Nutritive Value of *Rheum ribes* L.Olgunlaşma Döneminin *Rheum ribes* L.'nin Potansiyel Besleme Değerine EtkisiÖzer Kurt<sup>1</sup> 

Received: 17.05.2022

Accepted: 01.07.2022

Published: 22.08.2022

**Abstract:** The purpose of the current work was to designate the effect of maturity stages potential nutritive value, the chemical composition, condensed tannin (CT), gas production (GP), methane production, metabolizable energy (ME), and organic matter digestibility (OMD) of *Rheum ribes* L. Maturity stages significantly affected ( $P<0.05$ ) the chemical composition, CT, GP, methane production, ME and OMD of *Rheum ribes* L. Dry matter (DM), crude ash (CA), crude protein (CP), ether extract (EE), CT, neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) of *Rheum ribes* L. ranged from 92.73-98.64%, 6.11-14.15%, 8.81-19.12%, 1.94-3.04%, 10.47-14.72%, 36.99-53.98% and 24.88-37.63% respectively. Gas production and methane production of *Rheum ribes* L. at 24 ranged from 29.73-40.60 ml and 2.63-5.50 ml respectively. ME and OMD of *Rheum ribes* L. ranged from 6.97-9.87 MJ kg<sup>-1</sup> KM and 45.68-60.02% respectively. To sum up, maturity stages is a significant point on the nutritive value of *Rheum ribes* L. Nutritive value especially CP, ME and OMD of *Rheum ribes* L. decreased with advancing maturity. GP, ME and OMD were significant and negatively correlated with ADF and NDF contents, whereas positively correlated with CP. Moreover in vivo studies are needed to determine the effect of *Rheum ribes* L. on the feed intake and performance of ruminant animals.

**Keywords:** *Rheum ribes* L., nutritive value, condensed tannin, methane production

&amp;

**Öz:** Bu çalışmanın amacı *Rheum ribes* L. 'nin farklı olgunlaşma dönemlerinin kimyasal bileşimine, kondanse tanen (KT) içeriğine, gaz ve metan üretimine, metabolik enerji (ME) ve organik madde sindirim derecesine (OMSD) etkisinin belirlenmesidir. Olgunlaşma dönemi kimyasal bileşimi, KT içeriğini, gaz ve metan üretimini, ME ve OMSD önemli derecede etkilemiştir ( $P<0.05$ ). *Rheum ribes* L.'nin kuru madde (KM), ham kül (HK), ham protein (HP), ham yağ (HY), KT, asit çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler (ADF), nötr çözücülerde çözünmeyen lifli bileşikler (NDF) sırasıyla 92.73-98.64%, 6.11-14.15%, 8.81-19.12%, 1.94-3.04%, 10.47-14.72%, 36.99-53.98% ve 24.88-37.63% aralıklarında belirlenmiştir. *Rheum ribes* L.'nin 24 saatlik gaz üretimi, metan üretimi 29.73-40.60 ml ve 2.63-5.50 ml aralığında belirlenmiştir. ME ve OMSD 6.97-9.87 MJ kg<sup>-1</sup> KM ve 45.68-60.02% aralığında belirlenmiştir. Özet olarak olgunlaşma dönemi *Rheum ribes* L.'nin besleme değerini önemli ölçüde etkilemiştir. *Rheum ribes* L. 'nin özellikle HP, ME, OMSD olgunlaşma dönemi ilerledikçe azalmıştır. *Rheum ribes* L.'nin gaz üretimi, ME ve OMSD, ADF ve NDF içeriği ile önemli ve negatif korelasyon göstermiş, ham protein içeriği ile pozitif korelasyon sergilemiştir. Ek olarak *Rheum ribes* L.'nin ruminant hayvanların performansı ve besleme değerinin belirlenebilmesi için in vivo çalışmalara da ihtiyaç duyulmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** *Rheum ribes* L., besleme değeri, kondanse tanen, metan üretimi

**Cite as:** Kurt, Ö. (2022). Effect of Maturity Stages on Potential Nutritive Value of *Rheum ribes* L., Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 8 (2), 358-367. DOI: 10.24180/ijaws.1118046.

**Plagiarism/Ethic:** This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/pub/ijaws>

**Copyright** © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi Özer Kurt, Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Hayvansal Üretim ve Teknolojileri Bölümü, o.kurt@alparslan.edu.tr (Corresponding author)

## INTRODUCTION

Forages have an important role in ruminant animal nutrition with the potein, mineral and energy they provide. At the same time, these forages are a source of fiber for animals with chewing and rumination. There are many factors that affect the nutritional value of forages. Although the effect of the maturation period, which is one of them, on the chemical composition, metabolic energy content and digestion degree of plants has been revealed by some researchers, there are many more plants waiting to be investigated in natural pastures (Atalay and Kamalak, 2019; Kaplan et al., 2016; Kurt and Kamalak, 2020) *Rheum ribes* L. has several different local Turkish names such as: ısgın, ugun, dag muzu, ribes, revas. *Rheum ribes* L. that is belonging to *Polygonaceae*, is a perennial wild plant that is of medical importance as flowers shoots and stalks can be consumed as vegetables. It has been reported that the only species grown in our country belonging to the genus *Rheum* is *Rheum ribes* L. (Cullen, 1996; Tuncer and Günsan, 2017). In the high plateaus, in the season when the snow starts to melt, it has a 40 cm tall inflorescence stem that rises from the large coarse leaves in the form of elephant ear, 2-5 long-stalked, kidney-shaped leaves with toothed edges, small flowers and a well-developed taproot (Baytop, 1984). It grows naturally in the Eastern Anatolia Region, where Muş is located, and is collected from nature in the spring and summer months and consumed (Muzuroğlu et al., 2000). In different regions, different plant parts are evaluated both nutritionally and medicinally (Chang et al., 2014; Çakılcıoğlu and Türkoğlu, 2007; Hu et al., 2014; Kaval et al., 2014; Meral, 2017). In our country, there are studies on the nutrient content and medical importance of the ray plant, and no study has been found in which the animal nutrition value is determined by using the in vitro gas production technique. Some screening assays have been conducted in recent years to try to identify plant species with potential antimethanogenic activity (García- González et al., 2008; Soliva et al., 2008).

In the study, it was aimed to determine the chemical composition and anti-methanogenic effect of the *Rheum ribes* L., which is widely found in the natural flora of Muş province, at different maturation periods (pre-flowering, flowering, seedling).

## MATERIAL AND METHOD

*Rheum ribes* L. plants were harvested from plots established in the experiment unit of native pastures at 3 different maturation periods (pre-flowering, flowering and seedling stages) in Mus, Turkey, in April-May, 2021. The collected samples were dried in the shade after their dry matter was determined, ground to pass through a 1 mm sieve, and made ready for chemical analysis and in vitro gas production. Dry matter (DM) was determined by drying the samples at 105 °C overnight and ash by igniting the samples in muffle furnace at 525 °C for 8 h. Nitrogen (N) content was measured by the Kjeldahl method (AOAC, 1990). Crude protein was calculated as N X 6.25., EE content of *Rheum ribes* L. determined by AOAC (1990), ADF and NDF were determined according to the method reported by Van Soest et al. (1991). CT concentration was determined by described by Makkar et al. (1995). *In vitro* gas production technique was used to determine the TG production of *Rheum ribes* L. samples (Menke et al., 1979). Rumen fluid was immediately taken from sheep slaughtered in the Kahramanmaraş animal market and placed in a thermos, and brought to the laboratory quickly so that microorganism activity could continue. Approximately 0.200 gram air dried samples of *Rheum ribes* L. samples was weighed into calibrated glass syringes which were prewarmed at 39 ° C. Then 30 mL rumen fluid-buffer mixture was transferred into each syringe. The glass syringes containing samples and rumen fluid-buffer mixture were placed in a water bath at 39 ° C. Gas production was measured at 24 h after incubation and corrected for blank and hay standard. The gases obtained as a result of the incubation were determined by transferring them to the Infrared Methane Analyzer (Sensor Europe GmbH, Erkrath, Germany) with plastic syringes to determine the methane percentages (Goel et al. 2008). The methane gas production amounts of the samples were calculated using the formula given below.

$$\text{Methane production (ml)} = \text{Total gas production (ml)} \times \text{Percentage of Methane (\%)} \quad (1)$$

ME and OMD of *Rheum ribes* L. were determined according to the following equations (Menke and Steingass, 1988).

$$\text{ME (Mj kg}^{-1}\text{ DM)} = 1.06 + 0.1570\text{GP} + 0.084\text{CP} + 0.220\text{EE} - 0.081\text{CA} \quad (2)$$

$$\text{OMD (\%)} = 28.49 + 0.7967\text{GP} + 0.325\text{CP} \quad (3)$$

GP= Net gas production at 24 h incubation time

The data obtained in the study were evaluated statistically (Tukey 5%) using one-way analysis of variance (One-way ANOVA).

## RESULTS AND DISCUSSION

Effects of maturity stage on the chemical composition and condensed tannin of *Rheum ribes* L. plants are summarized in Table 1. Changes ( $P < 0.05$ ) were observed for chemical composition and condensed tannin in terms of maturity stages. The CP content of *Rheum ribes* L. ranged from 8.81-19.12% and decreased with increased maturity. CP content of *Rheum ribes* L. harvested at the preflowering stage was significantly higher than those of the flowering and seedling stages. This decrease in protein content is due to the decrease in protein concentration in stems and leaves as maturation progresses (Buxton, 1996). Such result is in agreement with findings of similar experiment (Atalay and Kamalak 2019; Aydın et al., 2007; Canbolat, 2012; Giray, 2019; Kamalak et al., 2011; Kaplan et al., 2016; Kurt and Kamalak, 2020). Özcan et al. (2007) determined the HP content of the *Rheum ribes* L. as 5.45-6.31%, Andiç et al. (2009), determined the HP content of the *Rheum ribes* L. as 1.07-1.56%, and Tunçtürk and Çelen (2017) determined the HP content of the *Rheum ribes* L. as 21.69%. All these variations might have resulted in ecological conditions, maturity stages, plant parts. It has been reported that for optimum rumen fermentation and feed consumption in ruminants, the HP content of the feeds should be at least 7-8% (Van Soest, 1994). In this case, the HP content of the *Rheum ribes* L. was found to be appropriate in three maturity stages.

The CA content of *Rheum ribes* L. varied between 6.11-14.15 %, and it was found to be significantly higher during the flowering period compared to the pre-flowering and seedling stages ( $P < 0.05$ ). Özcan et al. (2007) reported CA content of *Rheum ribes* L. as between 7.74-9.69%, Tunçtürk ve Çelen (2017) as 7%. Such results support our current findings. The EE content of *Rheum ribes* L. ranged from 1.94-3.04%. The highest EE content of *Rheum ribes* L. was determined during the flowering period. Özcan et al. (2007) reported EE content of *Rheum ribes* L. as between 1.90-3.60%. Such results support our current findings.

The ADF and NDF content of *Rheum ribes* L. ranged from 24.88-37.63%, 36.99-53.98% respectively. It was determined that ADF and NDF content increased from pre-flowering to the seedling period. Similarly, it has been reported in various studies that ADF and NDF content with advancing maturity were significantly increased (Atalay and Kamalak, 2019; Aydın et al., 2007; Canbolat, 2012; Giray, 2019; Kamalak ve ark., 2005a, 2005b; Kamalak and Canbolat 2010; Kamalak et al., 2011; Kaplan et al., 2016; Kurt and Kamalak, 2020). The CT content of *Rheum ribes* L. ranged from 10.47-14.72% and decreased with increased maturity. It has been reported that the low level of condensed tannin in the feed (1-4% in dry matter) has a beneficial effect as it prevents the excessive breakdown of proteins in the rumen, while the high amount of grains (5% and above in dry matter) affects the performance of the animal negatively by limiting feed consumption (Boğa et al., 2021; Budağ, 2009; Kamalak, 2007; Ünver et al., 2014). However, the tannin found in *Rheum ribes* L. was found to be high in all three maturation periods. Therefore, more care should be taken when using it in all three periods.

**Table 1.** Chemical compositions and condansed tannin content of *Rheum ribes* L. harvested at three stages.  
Çizelge 1. Farklı hasat dönemlerindeki *Rheum ribes* L.'nin kimyasal bileşimi ve kondense tanen içeriği.

Parameters	Maturity stages			SEM	Sig.
	Preflowering	Flowering	Seedling		
DM	92.73 <sup>c</sup>	96.40 <sup>b</sup>	98.64 <sup>a</sup>	0.311	**
CA	6.81 <sup>b</sup>	14.15 <sup>a</sup>	6.11 <sup>b</sup>	0.305	**
CP	19.12 <sup>a</sup>	14.43 <sup>b</sup>	8.81 <sup>c</sup>	0.157	**
EE	3.04 <sup>a</sup>	1.94 <sup>b</sup>	2.86 <sup>a</sup>	0.251	**
ADF	24.88 <sup>c</sup>	30.54 <sup>b</sup>	37.63 <sup>a</sup>	1.315	**
NDF	36.99 <sup>b</sup>	52.07 <sup>a</sup>	53.98 <sup>a</sup>	0.671	**
CT	14.72 <sup>a</sup>	11.52 <sup>b</sup>	10.47 <sup>c</sup>	0.270	**

Means within the same row with differing superscripts (a-c) (P>0.05); \*\* P<0.05, S.E.M.: standard error mean, Sig: significance level.

As can be seen from Table 2, GP of *Rheum ribes* L. decreased with increased maturity. Gas and methane after 24 h incubation ranged between 29.73-40.60 ml, 2.63-5.50 ml respectively. It is thought that the reason for the decrease in gas production as the maturation period is due to the increase in ADF and NDF against digestible substances. It is well known that ADF and NDF contents are the parts of the plant that cannot be digested anymore. The gas released as a result of fermentation depends on the amount of digestible nutrients in the rumen, and it has been stated that the higher the amount of digestible nutrients, the more gas is produced (Blümmel and Orskov, 1993). The decrease in GP with increasing maturity was also a reflection of the decreased quality and was consistent with the findings of Kamalak et al. (2005a; 2005b) reported that a decrease in GP as the forage growing period extended.

**Table 2.** Gas production, ME and OMD of *Rheum ribes* L. harvested at three stages.  
Çizelge 2. Farklı hasat dönemlerindeki *Rheum ribes* L.'nin gaz üretimi, ME ve OMSD.

Parameters	Maturity stages			SEM	Sig.
	Preflowering	Flowering	Seedling		
Total gas (ml)	40.60 <sup>a</sup>	37.28 <sup>b</sup>	29.73 <sup>c</sup>	1.068	**
CH <sub>4</sub> (%)	13.56 <sup>a</sup>	12.64 <sup>b</sup>	8.86 <sup>c</sup>	0.121	**
CH <sub>4</sub> (ml)	5.50 <sup>a</sup>	4.71 <sup>b</sup>	2.63 <sup>c</sup>	0.243	**
ME (Mjkg <sup>-1</sup> DM)	9.87 <sup>a</sup>	8.69 <sup>b</sup>	6.97 <sup>c</sup>	0.131	**
OMD (%)	60.02 <sup>a</sup>	55.44 <sup>b</sup>	45.68 <sup>c</sup>	0.888	**

Means within the same row with differing superscripts (a-c) (P>0.05); \*\* P<0.05; S.E.M.: standard error mean, Sig.: significance level.

ME and OMD ranged from 6.97-9.87 Mj kg<sup>-1</sup> KM, 45.68-60.02% respectively. The highest values of ME and OMD were recorded before flowering. OMD and ME of *Rheum ribes* L. also decreased with increasing maturity. As the amount of gas released as a result of fermentation decreased as the periods progressed, it decreased in ME and OMD. The decrease in CP concentration and gas production resulted in ME and OMD of *Rheum ribes* L. also decreased with increasing maturity. Such results support our present findings (Atalay ve Kamalak, 2019; Canbolat 2012; Giray, 2019; Kamalak ve ark., 2005a, 2005b; Kaplan ve ark., 2014; Kaplan ve ark., 2016; Kurt ve Kamalak, 2020). CH<sub>4</sub>% of total gas were significantly decreased with advancing maturity (P<0.05). Similarly, it has been reported in various studies that CH<sub>4</sub>% total gas was significantly

decreased with advancing maturity (Atalay ve Kamalak, 2019; Kaplan ve ark., 2016; Kurt ve Kamalak, 2020; Üke ve ark., 2017).

Gas production, ME and OMD were significant and negatively correlated with NDF ve ADF contents (Table 3). This result is consistent with the findings reported by (Aydın et al., 2007; Canbolat, 2012; Ceylan and Kamalak, 2019; Kamalak et al., 2011; Kamalak et al., 2005a, 2005b; Kamalak and Canbolat 2010; Kaplan et al., 2016). CP content was positively and significantly correlated with GP, which is in agreement with the earlier findings of Canbolat, (2013), Karabulut et al. (2007), Larbi et al. (1998).

According to the percentage of methane in the gas released as a result of fermentation, the antimethanogenic potential of the feeds is classified as low (>11% and ≤14%), medium (>6% and <11%), and high (>0% and <6%) (Lopez et al., 2010). CH<sub>4</sub>% total gas of *Rheum ribes* L. ranged from 8.86-13.56%. According to the classification the seedling maturity of *Rheum ribes* L. can be said to have anti-methanogenic properties, even if at moderate potential and pre-flowering and flowering maturity stages of *Rheum ribes* L. even if at low potential.

**Table 3.** Correlation coefficient (r) of the relationship of chemical composition with gas production, ME (MJ kg<sup>-1</sup> DM) and OMD (%) of *Rheum ribes* L.

Çizelge 3. *Rheum ribes* L.'nin kimyasal bileşimi ile gaz üretimi, ME ve OMSD arasındaki korelasyonlar.

Parameters	DM	CA	CP	EE	NDF	ADF	CT
TG	-0.903**	0.270 <sup>NS</sup>	0.0953**	-0.019 <sup>NS</sup>	-0.795*	-0.979**	0.839**
CH <sub>4</sub> (%)	-0.910**	0.320 <sup>NS</sup>	0.973**	-0.070 <sup>NS</sup>	-0.779*	-0.957**	0.846**
CH <sub>4</sub> (ml)	-0.874**	0.406 <sup>NS</sup>	0.954**	-0.153 <sup>NS</sup>	-0.712*	-0.909**	0.799**
ME	-0.956**	0.178 <sup>NS</sup>	0.989**	0.064 <sup>NS</sup>	-0.863**	-0.985**	0.906**
OMD	-0.924**	0.266 <sup>NS</sup>	0.974**	-0.017 <sup>NS</sup>	-0.810**	-0.979**	0.861**

\*\* P<0.05, NS: Non-significant (P>0.05).

## CONCLUSION

This study provided useful information about the possible decrease in the nutritional value of *Rheum ribes* L. with increasing maturity. The chemical composition, in vitro total gas, ME, OMD of *Rheum ribes* L. were negatively affected by the maturity stage. It was concluded that *Rheum ribes* L. will provide more CP and ME energy for ruminants when harvested or grazed at the pre-flowering stage vegetative and flowering stages. *Rheum ribes* L. showed promising potential for ruminant animals. However, in this experiment the CT levels *Rheum ribes* L. at the three maturity stages were higher than those considered detrimental to ruminants. Therefore, care should be taken when using the animal feed.

## CONFLICT OF INTEREST

The author must report under this title that there are no conflicts of interest.

## DECLARATION OF AUTHOR CONTRIBUTION

Özer Kurt designed the study, participated in experiment, and drafted the manuscript.

## REFERENCES

- Andiç, S., Tunçtürk, Y., Ocak, E., & Köse, S. (2009). Some chemical characteristics of edible wild Rhubarb species (*Rheum ribes* L.). *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5, 973-977.
- AOAC, (1990): *Official method of analysis*. Association of Official Analytical Chemists, 15th. Edition.
- Atalay, A. İ., & Kamalak, A. (2019). Olgunlaşma dönemlerinin sirken (*Chenopodium album*) otunun kimyasal kompozisyonuna, besleme değerine ve metan üretimine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(3), 489-493. <https://doi.org/10.30910/turkjans.595363>

- Aydın, R., Kamalak, A., & Canbolat, O. (2007). Effect of maturity on the potential nutritive value of burr medic (*Medicago polymorpha*) hay. *Journal of Biological Science*, 7, 300-304. <https://dx.doi.org/10.3923/jbs.2007.300.304>
- Baytop, T. (1984). Türkiye’de Bitkiler ile Tedavi. İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Blummel, M., & Ørskov, E. R. (1993). Comparison of in vitro gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in cattle. *Animal feed science and technology*, 40(2-3), 109-119. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(93\)90150-I](https://doi.org/10.1016/0377-8401(93)90150-I)
- Boğa, M., Kocadayıoğulları, F., & Can, M. E. (2021). Tanenlerin ruminant hayvan beslemede kullanımı. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 21-22. <https://doi.org/10.34248/bsengineering.937301>
- Budağ, C. (2009). Baklagil tane yemleri ve ruminant beslenmede kullanımı. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(2), 88-101. <https://dergipark.org.tr/en/pub/yyufbed/issue/54365/738947>.
- Buxton, D. R. (1996). Quality related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Anim. Feed Sci. Technol.* 59(1-3):37-49. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00885-3](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00885-3)
- Çakılcıoğlu, U., & Türkoğlu, İ. (2007, April 30). Plants used for hemorrhoid treatment in Elaziğ central district [Paper presentation]. In I International Medicinal and Aromatic Plants Conference on Culinary Herbs, Antalya. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.826.11>
- Canbolat, O. (2012). Potential nutritive value of field binweed (*Convolvulus arvensis* L) hay harvested at three different maturity stages. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 18(2), 331-335. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2011.5533>
- Canbolat, Ö. (2013). Farklı olgunlaşma dönemlerinin kolza otunun (*Brassica napus* L.) potansiyel besleme değeri üzerine etkisi. *Ankara Üniv. Vet. Fak. Derg.*, 60: 145-150. [https://doi.org/10.1501/Vetfak\\_0000002568](https://doi.org/10.1501/Vetfak_0000002568)
- Ceylan, E., & Kamalak, A. (2019). Farklı hasat zamanının pamuk dikeninin (*Onopordum acanthium*) kimyasal kompozisyonu, in vitro gaz ve metan üretimi üzerine etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1), 13-18. <https://doi.org/10.25308/aduziraat.448250>
- Chang, S. J., Huang, S. H., Lin, Y. J., Tsou, Y. Y., & Lin, C. W. (2014). Antiviral activity of *Rheum palmatum* methanol extract and chrysophanol against Japanese encephalitis virus. *Archives of pharmacal research*, 37(9), 1117-1123. <https://doi.org/10.1007%2Fs12272-013-0325-x>
- Cullen, J. (1966). *Rheum* L. In: P.H. Davis (Ed), Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Edinburg University Pres, Edinburg.
- García-González, R., López, S., Fernández, M., Bodas, R., & González, J. S. (2008). Screening the activity of plants and spices for decreasing ruminal methane production in vitro. *Animal Feed Science and Technology*, 147(1-3), 36-52. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.09.008>
- Giray, S., 2019. Hasat zamanının şevketibostan dikeninin (*Scolymus hispanicus*) kompozisyonuna, in vitro gaz üretimine ve metan üretimine etkisi. [Yüksek Lisans Tezi]. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.
- Goel, G., Makkar, H. P., & Becker, K. (2008). Effects of *Sesbania sesban* and *Carduus pycnocephalus* leaves and Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) seeds and their extracts on partitioning of nutrients from roughage-and concentrate-based feeds to methane. *Animal Feed Science and Technology*, 147(1-3), 72-89. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.09.010>
- Hu, B., Zhang, H., Meng, X., Wang, F., & Wang, P. (2014). Aloe-emodin from rhubarb (*Rheum rhubarbarum*) inhibits lipopolysaccharide-induced inflammatory responses in RAW264. 7 macrophages. *Journal of Ethnopharmacology*, 153(3), 846-853. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.03.059>
- Kamalak, A. (2007). Kondense tanenin olumsuz etkilerini azaltmak için kullanılan katkı maddeleri ve yemlere uygulanan işlemler. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 10(2), 2007.
- Kamalak, A., & Canbolat, O. (2010). Determination of nutritive value of wild narrow-leaved clover (*Trifolium angustifolium*) hay harvested at three maturity stages using chemical composition and in vitro gas production. *Tropical Grasslands*, 44, 128-133.
- Kamalak, A., Atalay, A. I., Ozkan, C. O., Kaya, E., & Tatliyer, A. (2011). Determination of potential nutritive value of *Trigonella kotschi* fenzi hay harvested at three different maturity stages. *Journal of Veterinary Faculty, Kafkas University*, 17(4), 635-640. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2011.4553>



- Kamalak, A., Canbolat, O., Gurbuz, Y., Erol, A., & Ozay, O. (2005a) Effect of maturity stage on the chemical composition, in vitro and in situ degradation of tumbleweed hay (*Gundelia tuonefortii* L.). *Small Ruminant Research*, 58, 149–156. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2004.09.011>
- Kamalak, A., Canbolat, O., Gurbuz, Y., Ozkan, C. O., & Kizilsimsek, M. (2005b). Determination of nutritive value of wild mustard, *Sinapsis arvensis* harvested at different maturity stages using in situ and in vitro measurements. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 18(9), 1249-1254. <http://doi.org/10.5713/ajas.2005.1249>
- Kaplan, M., Kamalak, A., Özkan, Ç. Ö., & Atalay, A. İ. (2014). Vejetasyon döneminin yabani korunga otunun potansiyel besleme değerine, metan üretimine ve kondense tanen içeriğine etkisi. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 3(1), 1-5.
- Kaplan, M., Üke, Ö., Kale, H., Yavuz, S., Kurt, Ö., & Atalay, A. İ. (2016). Olgunlaşma döneminin teff otunun potansiyel besleme değeri, gaz ve metan üretimine etkisi. *Iğdır Üniv Fen Bilimleri Enst Derg*, 6(4), 181-186. <https://doi.org/10.2159/jist.2016624170>
- Karabulut, A., Canbolat, O., Kalkan, H., Gurbuzol, F., Sucu, E., & Filya, I. (2007). Comparison of in vitro gas production, metabolizable energy, organic matter digestibility and microbial protein production of some legume hays. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 20(4), 517-522. <https://doi.org/10.5713/ajas.2007.517>
- Kaval, I., Behçet, L., & Cakilcioglu, U. (2014). Ethnobotanical study on medicinal plants in Geçitli and its surrounding (Hakkari-Turkey). *Journal of Ethnopharmacology*, 155(1), 171-184. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.05.014>
- Kurt, A. A., & Kamalak, A. (2020). Hasat zamanının meryemana dikeninin (*Silybum marianum*) kompozisyonuna, gaz üretimine, metan üretimine, sindirimine ve metabolik enerjisine etkisi. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(2), 116-120. <https://doi.org/10.32707/ercivet.760731>
- Larbi, A., Smith, J. W., Kurdi, I. O., Adekunle, I. O., Raji, A. M., & Ladipo, D. O. (1998). Chemical composition, rumen degradation, and gas production characteristics of some multipurpose fodder trees and shrubs during wet and dry seasons in the humid tropics. *Animal Feed Science and Technology*, 72(1-2), 81-96. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)00170-3](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00170-3)
- López, S., Makkar, H. P., & Soliva, C. R. (2010). Screening plants and plant products for methane inhibitors. In *In vitro screening of plant resources for extra-nutritional attributes in ruminants: nuclear and related methodologies* (pp. 191-231). Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-90-481-3297-3\\_10](https://doi.org/10.1007/978-90-481-3297-3_10)
- Makkar, H. P. S., Blümmel, M., & Becker, K. (1995). Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidones or polyethylene glycols and tannins, and their implication in gas production and true digestibility in in vitro techniques. *British Journal of Nutrition*, 73(6), 897-913. <https://doi.org/10.1079/BJN19950095>
- Menke, K. H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal research and development*, 28, 7-5. [https://cir.nii.ac.jp/crid/1573668925633603328#citations\\_container](https://cir.nii.ac.jp/crid/1573668925633603328#citations_container)
- Menke, K. H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., & Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *The Journal of Agricultural Science*, 93(1), 217-222. <https://doi.org/10.1017/S0021859600086305>
- Meral, R. (2017). Farklı sıcaklık derecelerinin uşkun bitkisinin antioksidan aktivitesi ve fenolik profili üzerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(1), 88-94. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.285999>
- Munzuroğlu, Ö., Karataş, F., & Gür, N. (2000). Işgın (*Rheum ribes* L.) bitkisindeki A, E ve C vitaminleri ile selenyum düzeylerinin araştırılması. *Turkish journal of biology*, 24(3), 397-404. <https://doi.org/10.3906/biy-9903-1>
- Özcan, M., Dursun, N., & Arslan, D. (2007). Some nutritional properties of *Prangos ferulacea* (L.) Lindl and *Rheum ribes* L. stems growing wild in Turkey. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 58(2), 162-167. <https://doi.org/10.1080/09637480601154145>
- Soliva, C. R., Zeleke, A. B., Clement, C., Hess, H. D., Fievez, V., & Kreuzer, M. (2008). In vitro screening of various tropical foliage, seeds, fruits and medicinal plants for low methane and high ammonia generating potentials in the rumen. *Animal feed science and technology*, 147(1-3), 53-71. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.09.009>
- Tunçturk, M., Celen, A. E., & Tunçturk, R. (2017). Nutrient content of three edible wild plants. From Polygonaceae Family. *Oxidation Communications*, 40(1-II), 327-334.

- Üke, Ö., Kale, H., Kaplan, M., & Kamalak, A. (2017). Olgunlaşma döneminin kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'da ot verimi ve kalitesi ile gaz ve metan üretimine etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 20(1), 42-46. Doi: 10.18016/ksujns.51209
- Ünver, E., Ağma Okur, A., Tahtabiçen, E., Kara, B., & Şamli, H. E. (2014). Tanenler ve hayvan besleme üzerine etkileri. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(6), 263-267. <https://app.trdizin.gov.tr/publication/paper/detail/TVRnNE5EUXdNQTO9>.
- Van Soest, P. J. (1994). Nutritional ecology of the ruminant Cornell University Press. <https://doi.org/10.7591/9781501732355>
- Van Soest, P. V., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy science*, 74(10), 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)