



**EÜ Ziraat Fakültesi Adına Sahibi (Director):**

**Prof. Dr. Banu YÜCEL**

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekan  
(Dean, Faculty of Agriculture - Ege University)

**Sorumlu Müdür ( Publishing Manager)**

**Prof. Dr. Dr. Ö. Hakan BAYRAKTAR**

**Baş Editör (Editor- in-Chief ):**

**Prof. Dr. Galip KAŞKAVALCI**

**Yardımcı Editör (Associate Editor)**

**Prof. Dr. Cem KARAGÖZLÜ**

**Yabancı Dil Editörleri (Foreign Language Editors)**

**Prof. Dr. Adnan DEĞİRMENCİOĞLU**

**Prof. Dr. Eftal DÜZYAMAN**

**İndeks Editörü (Index Editor)**

**Doç. Dr. Gülfem ÜNAL**

**Teknik Editör (Technical Editor)**

**Araş. Gör. Dr. Çağrı KANDEMİR**

**ISSN 1018-8851**

**e-ISSN 2548-1207**

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi; SCOPUS, EBSCO Clarivate Analysis Master Journal List, Zoological Record, DOAJ, TÜBİTAK/ULAKBİM, CAB Abstracts, FAO AGRIS ve NAL Catalog (AGRICOLA) tarafından taranan hakemli bir dergidir.

The Journal of Ege University Faculty of Agriculture is abstracted and indexed in SCOPUS, EBSCO Clarivate Analysis Master Journal List, Zoological Record, DOAJ, TÜBİTAK/ULAKBİM, CAB Abstracts, FAO AGRIS and NAL Catalog (AGRICOLA).

Dergimize yaptığınız atıflarda “Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.” kısaltması kullanılmalıdır.

The title of the journal should be cited as “Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.”.

## Konu Editörleri (Section Editors)

**Prof. Dr. Galip KAŞKAVALCI**

**Bitki Koruma**

(Plant Protection)

**Prof. Dr. Zümrüt AÇIKGÖZ**

**Zootekni**

(Animal Science)

**Prof. Dr. Cem KARAGÖZLÜ**

**Süt Teknolojisi**

(Dairy Technology)

**Prof. Dr. Emine MALKOÇ TRUE**

**Peyzaj Mimarlığı**

(Landscape Architecture)

**Doç. Dr. Murat KILIÇ**

**Tarımsal Yapılar ve Sulama**

(Agricultural Structures & Irrigation)

**Doç. Dr. Zerrin KENANOĞLU**

**Tarım Ekonomisi**

(Agricultural Economics)

**Doç. Dr. Deniz EROĞUL**

**Bahçe Bitkileri**

(Horticulture)

**Doç. Dr. Arzu YAZGI**

**Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği**

(Agricultural Machinery & Technologies)

**Doç. Dr. Ali Rıza ONGUN**

**Toprak Bilimi ve Bitki Besleme**

(Soil Science & Plant Nutrition)

**Doç. Dr. Sıdıka EKREN**

**Tarla Bitkileri**

(Field Crops)

**Yayın Tarihi: 31.03.2023**

**Yazışma Adresi**

(Correspondence Address)

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekanlığı, 35100 Bornova, İzmir, TÜRKİYE

e-mail: [ziraatbasinyavin@mail.ege.edu.tr](mailto:ziraatbasinyavin@mail.ege.edu.tr) – [ziraatbasinyavin@gmail.com](mailto:ziraatbasinyavin@gmail.com)

**Baskı:** Ege Üniversitesi Basımevi Müdürlüğü, Bornova – İZMİR, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Sertifika No: 18679



**Uluslararası Yayın Kurulu**  
(International Editorial Board)

- Meryem ATİK**, Akdeniz Üniversitesi, TÜRKİYE  
**George BAURAKIS**, Mediterranean Agronomic Institute of Chania, GREECE  
**Kemal BENLİOĞLU**, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, TÜRKİYE  
**Süha BERBEROĞLU**, Çukurova Üniversitesi, TÜRKİYE  
**Boris BILČÍK**, Slovak Academy of Sciences, SLOVAK REPUBLIC  
**Vittorio CAPOZZI**, National Research Council of Italy, ITALY  
**Vedat CEYHAN**, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, TÜRKİYE  
**İlkay DELLAL**, Ankara Üniversitesi, TÜRKİYE  
**Vedat DEMİR**, Ege Üniversitesi, TÜRKİYE  
**Can ERTEKİN**, Akdeniz Üniversitesi, TÜRKİYE  
**Hakan GEREN**, Ege Üniversitesi, TÜRKİYE  
**Salim HIZIROĞLU**, Oklahoma State University, USA  
**M. Ali KHALVATI**, Ontario Technology University, CANADA  
**Figen KIRKPINAR**, Ege Üniversitesi, TÜRKİYE  
**Ahmet KURUNÇ**, Akdeniz Üniversitesi, TÜRKİYE  
**Monika MARKOVIC**, University of Osijek, CROATIA  
**Pedro MARTINEZ-GOMEZ**, Biología Aplicada del Segura, SPAIN  
**Hossein NAVID**, University of Tabriz, IRAN  
**Barbaros ÖZER**, Ankara Üniversitesi, TÜRKİYE  
**Sezen ÖZKAN**, Ege Üniversitesi, TÜRKİYE  
**Erdoğan ÖZTÜRK**, Atatürk Üniversitesi, TÜRKİYE  
**Reza Farshbaf POURABAD**, University of Tabriz, IRAN  
**Ian T. RILEY**, The University of Adelaide, AUSTRALIA  
**Roman ROLBIECKI**, Bydgoszcz University, POLAND  
**Evangelia N. SOSSIDOU**, Veterinary Research Institute, GREECE  
**Ali TOPÇU**, Hacettepe Üniversitesi, TÜRKİYE  
**Serdar TEZCAN**, Ege Üniversitesi, TÜRKİYE  
**Yüksel TÜZEL**, Ege Üniversitesi, TÜRKİYE  
**Attila YAZAR**, Çukurova Üniversitesi, TÜRKİYE  
**Banu YÜCEL**, Ege Üniversitesi, TÜRKİYE

## İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

### ARAŞTIRMA MAKALELERİ (RESEARCH ARTICLES)

#### **Opportunities of using rural areas for recreational purposes: The case of the Karacabey District, Bursa Province**

Kırsal alanların rekreasyon amaçlı kullanım olanakları: Bursa İli Karacabey İlçesi örneği

Aysun ÇELİK ÇANGA, Diba ŞENAY ..... 1

#### **Analyzing the most eligible site selection for biomass energy facilities through weighted overlay analysis: case of Balıkesir (Turkey) province**

Weighted overlay analizi ile biyokütle enerjisi tesisleri için en uygun yer seçimi analizinin yapılması: Balıkesir (Türkiye) ili örneği

Faruk BİNGÖL, Figen ALTINER, Abdullah KELKİT ..... 19

#### **Determination of rheological properties of kefir produced with buffalo milk and other milk mixtures**

Manda sütü ve diğer süt karışımlarıyla üretilen kefirlerin reolojik özelliklerinin belirlenmesi

Cansu KIRMAZ, Özer KINIK, Filiz İÇİER ..... 37

#### **Effects of charcoal and physical state of medium on micropropagation of black mulberry (*Morus nigra* L.)**

Aktif karbon ve kültür ortamının fiziksel halinin Urmu dutu (*Morus nigra* L.) nun mikroçoğaltımı üzerine etkisi

Nevzat SEVGİN, Aveen KHORSHEED KHALİD, Merve ÖZKUL ..... 53

#### **Transgressive segregation of morphological traits in populations derived from cross between *Solanum habrochaites* and *Solanum lycopersicum***

*Solanum habrochaites* ve *Solanum lycopersicum* arasındaki çaprazlamadan türetilen popülasyonlarda morfolojik özelliklerin transgresif açılımı

Aylin KABAŞ, İbrahim ÇELİK, Selman ULUIŞIK ..... 61

#### **Molecular characterization of tomato spotted wilt virus (TSWV) and cucumber mosaic virus (CMV) affecting tomato and pepper crops in Izmir Province**

İzmir ilinde domates ve biber bitkilerini etkileyen tomato spotted wilt virus (TSWV) ve cucumber mosaic virus (CMV) etmenlerinin moleküler karakterizasyonu

Nihan GÜNEŞ, İsmail Can PAYLAN, Mustafa GÜMÜŞ ..... 67

#### **Dev kralotu (*Pennisetum hybridum*)'nun sap çelikleri ile çoğaltım olanakları üzerine araştırmalar**

Investigations on the propagation possibilities with stem cuttings of giant kinggrass (*Pennisetum hybridum*)

İlayda GÜNER, Hakan GEREN ..... 81

#### **Tuzluluk stresi koşullarında yetiştirilen soya (*Glycine max* L.) bitkisinde bazı fizyolojik ve biyokimyasal değişimler üzerine salisilik asit uygulamalarının etkileri**

The effects of salicylic acid on some physiological and biochemical changes in soybean (*Glycine max* L.) plant under salinity stress conditions

Cemre Hava KURT, Murat TUNÇTÜRK, Rüveyde TUNÇTÜRK ..... 91

<b>Farklı fosfor dozlarının tritikalede verim ve kalite üzerindeki etkileri</b> The effects of different doses of phosphorus on yield and quality of triticale Berkay SAKIZ, Yakup Onur KOCA .....	103
<b>Üniversite öğrencilerinin organik gıda tüketim davranışlarını etkileyen faktörlerin ekonometrik analizi: Isparta ili örneği</b> Econometric analysis of factors affecting organic food consumption behaviors of university students: a case study of Isparta Deniz SARICA, Grace Dikun MICHAEL, İlyas OMAR.....	111
<b>Sürdürülebilir tarımda toprağın kullanım durumu: Muğla İli örneği</b> The use of soil in sustainable agriculture: The case of Muğla province Aslı GÜLEŞEN, Hacer Çelik ATEŞ .....	125
<b>Göller Yöresi (Türkiye) entomofag Syrphidae (Diptera) türleri ve yayılışları</b> Entomophagous Syrphidae (Diptera) species of the Lakes Region of Türkiye and their distribution Asiye UZUN YİĞİT, Ozan DEMİRÖZER, Rüstem HAYAT, Ante VUJIC .....	141
<b>Kısıntılı sulamanın iki farklı yer fıstığı çeşidinde su-verim ilişkilerine etkileri</b> Effects of deficit irrigation on water-yield relations of two different peanut varieties Mualla KETEN GÖKKUŞ, Tahsin BEYÇİOĞLU, Hasan DEĞİRMENCİ, Fatih KILLI .....	155
<b>Pamuk (<i>Gossypium</i> sp.) genotiplerinde lif veriminin ve kalite özelliklerinin belirlenmesi</b> Determination of fiber yield and fiber quality characteristics in cotton ( <i>Gossypium</i> sp.) Ali Rahmi KAYA, Halil KARAYAĞLI.....	165

## **DERLEMELER (REVIEWS)**

<b>PCD-otofajinin bitki immüitesiyle korelasyonu</b> Correlation with plant immunity of PCD-autophagy Berna BAŞ.....	181
--	-----

## **DÜZELTME MAKALELERİ (CORRECTION ARTICLES)**

<b>Investigation of Stillbirth Rate Using Logistic Regression Analysis in Holstein Friesian Calves</b> Siyah Alaca Buzağılarda Ölü Doğum Oranının Lojistik Regresyon Analizi İle İncelenmesi Çiğdem TAKMA, Öznur İŞÇİ GÜNERİ, Yakut GEVREKÇİ, Yavuz AKBAŞ .....	
<b>Süperior Seedless (<i>Vitis vinifera</i> L.) Üzüm Çeşidinde GA3, Salkım Ucu Kesme ve Bilezik Alma Uygulamalarının Üzüm Verim ve Kalitesine Etkileri</b> The Effects of Applications GA3, Cluster Tipping and Girdling on Yield and Quality in Superior Seedless ( <i>Vitis vinifera</i> L.) Grape Variety Hatice CAMCI, Harun ÇOBAN.....	





## Research Article (Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (1):1-17  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1182317>

Aysun ÇELİK ÇANGA<sup>1</sup>

Diba ŞENAY<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Tokat Gaziosmanpaşa University,  
Agriculture Faculty, Department of  
Horticulture, 60250, Tokat, Türkiye

<sup>2</sup> Ege University, Agriculture Faculty,  
Department of Landscape Architecture,  
35100 Bornova, İzmir, Türkiye

\* Corresponding author (Sorumlu Yazar):

[diba.senay@ege.edu.tr](mailto:diba.senay@ege.edu.tr)

**Keywords:** Landscape planning,  
recreational potential, rural land use, rural  
tourism, tourism and recreation, tourism  
resources

**Anahtar sözcükler:** Peyzaj planlama,  
rekreasyonel potansiyel, kırsal alan  
kullanımı, kırsal turizm, turizm ve  
rekreasyon, turizm kaynakları

# Opportunities of using rural areas for recreational purposes: The case of the Karacabey District, Bursa Province

Kırsal alanların rekreasyon amaçlı kullanım olanakları:  
Bursa İli Karacabey İlçesi örneği

Received (Alınış): 30.09.2022

Accepted (Kabul Tarihi): 13.12.2022

## ABSTRACT

**Objective:** Empty and wide areas, including settlements outside the city center, are rural areas. These areas have great importance in recreational use in terms of their natural and cultural landscape values. Within the scope of the study, it aims to calculate the potential of the Karacabey district of Bursa, one of these areas, in terms of recreational use.

**Material and Methods:** The main material of the study consists of 64 villages located in the Karacabey district of Bursa province. The method of the study is based on the principle of assigning weighted points to five items of recreation areas. After scoring, calculations were made with basic mathematical operations, and the obtained quantitative data were interpreted.

**Results:** As a result of the study, it was determined that there are no villages in the Karacabey district with very low recreation potential (30%>); 40 villages are low (30-45%), 17 villages are medium (45-60%), 5 villages are high (61-75%) and 2 villages were also found to have a very high (75%<) recreational potential.

**Conclusion:** Within the scope of the study, it has been determined that the existing natural and cultural landscape values and infrastructure facilities add great value to the villages with high recreation potential. Therefore, various recreation types in which these values will be protected and used have been evaluated within this framework and new proposals have been developed.

## ÖZ

**Amaç:** Kent merkezi dışındaki yerleşimler de dahil olmak üzere boş ve geniş alanlar kırsal alanlardır. Bu alanlar sahip oldukları doğal ve kültürel peyzaj değerleri açısından rekreasyonel kullanımda büyük öneme sahiptir. Çalışma kapsamında bu alanlardan biri olan Bursa'nın Karacabey ilçesinin rekreasyonel kullanım açısından potansiyelinin hesaplanması amaçlanmıştır.

**Materyal ve Yöntem:** Çalışmanın ana materyalini Bursa ilinin Karacabey ilçesinde bulunan 64 köy oluşturmaktadır. Çalışmanın yöntemi ise rekreasyon alanlarının beş maddesine ağırlıklı puan verilmesi esasına dayanmaktadır. Puanlama sonrası matematiksel işlemle hesaplamalar yapılmış ve elde edilen nicel veriler yorumlanmıştır.

**Araştırma Bulguları:** Çalışma sonucunda Karacabey ilçesinde rekreasyon potansiyeli çok düşük (%30>) köy bulunmadığı; 40 köy düşük (%30-45), 17 köy orta (%45-60), 5 köy yüksek (%61-75) ve 2 köyün de çok yüksek (%75<) rekreasyon potansiyeline sahip olduğu tespit edilmiştir.

**Sonuç:** Çalışma kapsamında mevcut doğal ve kültürel peyzaj değerleri ile altyapı tesislerinin, rekreasyon potansiyeli yüksek olan köylere büyük değer kattığı belirlenmiştir. Dolayısıyla bu değerlerin korunacağı ve kullanılacağı çeşitli rekreasyon türleri bu çerçevede içerisinde değerlendirilerek yeni öneriler geliştirilmiştir.

## INTRODUCTION

Rapid and unplanned urbanization movements due to rapid population growth cause the decrease or even disappearance of green areas, which are the most important areas that increase the quality of life of people living in cities (Karaşah, 2017; Yang et al., 2017). The loss of these areas, on the other hand, puts urban people under the pressure of intense urban life, causing them to experience some physical, psychological and socio-cultural problems and to feel their recreation needs seriously (Kaya et al., 2009; Uzun & Müderrisoğlu, 2010; Zhang et al., 2013; Romagosa, 2018; Li, 2020). The concept of recreation mentioned here is to renew and improve the physical and mental health of individuals affected by “heavy workload, habitual lifestyle or negative environmental” (Koçyiğit & Yıldız, 2014; Önaç et al., 2018) factors, “depending on social, economic, cultural opportunities and the structure of the society they live in” (Bozkurt, 2016), it is defined as the whole of active or passive activities that they can participate in as an individual or group voluntarily (Nowaczek, 2003; Lindholst et al., 2015).

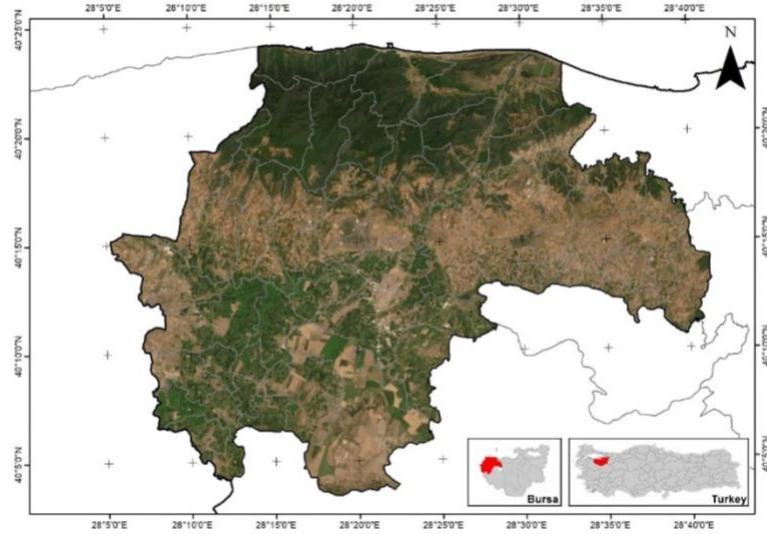
People who are overwhelmed by urban life and want to get closer to nature, prefer rural areas to spend their free time. Thus, rural areas have become destinations that meet the recreational need of urban residents (Çetin & Sevik, 2016; Surat, 2017; Burton et al., 2021). According to Gülümser et al. (2011), rural areas are “non-urban areas that are the place of agricultural activities”; according to Kuter & Ünal (2013), “it is outside of urban settlements and has descriptive concrete-objective elements”; it is defined as areas where land uses are managed simultaneously by nature and humans, with a much more dispersed population distribution than urban settlements (Grimes, 2000; Zaizhi, 2000). These areas, with their natural wealth, are the areas where people find the opportunity to be alone with nature, renew themselves, and prefer to spend their leisure time with outdoor recreation activities in these areas by getting away from their monotonous working life (Mumcuoğlu, 1996; Zhang et al., 2013; Surat, 2017). Also, landscapes with the highest visual qualities provide valuable aesthetic, ecological, cultural recreational and economic benefits for human well-being (Çetinkaya et al., 2014). Rural areas have the potential to host a wide variety of recreational activities due to their natural, cultural, and visual landscape values (Peroff et al., 2017; Aazami & Shanazi, 2020). The interaction of natural and cultural resources, particularly with people, is important for the identification of the landscape (Uzun et al., 2011).

The wide variety of recreational activities in an area increases the touristic attractiveness of those areas (Kutvan & Kutvan, 2013; Göker & Ünlüönen, 2019; İskender, 2019). The tendency of people to seek different tourism from the usual seasonal mass tourism has caused rural areas to become the focal point with their wealth of natural and cultural resources. Thus, the concept of rural tourism has come to the fore on a global scale (Özer & Çavuşoğlu, 2014; An & Alarcón, 2020). Rural tourism, which is compatible with the understanding of sustainable tourism, is a concept that “tries to meet the touristic supply resources without destroying them” (Çeken et al., 2012) and plays an important role in the protection and promotion of these resources. Recreational activities based on the protection of natural and cultural landscape values play an important role in the sustainability of rural tourism (Wanner et al., 2020; Liu et al., 2021).

The main material of this study is Bursa province Karacabey district, which is a very important place with its natural and cultural landscape richness. There are 64 villages in the Karacabey district and this area shows a high rural landscape character. For this reason, it was chosen as the subject of study. In the study, Gülez method was used to determine the recreational potential of 64 different study areas. In this direction, the landscape value, climate, accessibility, recreational convenience, and negative factors of the district were evaluated separately for each village. As a result, the recreational potentials and the current recreational activities of the area were determined, and new recreational activities were proposed within the framework of protection-utilization balance.

## MATERIALS and METHODS

The main material of the study is the Karacabey district of Bursa. Karacabey, which is the 5<sup>th</sup> largest district of the city with an area of 1,285 km<sup>2</sup>, is surrounded by Mudanya and Nilüfer from the east, Balıkesir from the west, Mustafakemalpaşa from the south and the Marmara Sea from the north. Being located at the intersection of intercity highways, it has the feature of being one of the most easily accessible districts of the city (Karacabey Municipality, 2021). The geographical location of the district is given in Figure 1.



**Figure 1.** The geographic location of the study area.

**Şekil 1.** Çalışma alanının coğrafi konumu.

In the study, the "determination of the recreational potential of open air and forest areas" method, which was introduced by Kiemstedt (1967) and Buchwald (1973) and developed by Gülez (1989), was applied. Within the scope of the study, suggested recreational activities were developed according to the existing recreational activities and characteristic features of the villages whose recreational potentials were calculated according to the Gülez method. The Gülez method is based on the principle of giving weighted points to the items determined under five headings: landscape value, climate, accessibility, recreational suitability, and negative factors of outdoor recreation areas (Çelik Çanga et al., 2016). The recreational potential evaluation form of the villages of Bursa province Karacabey district is given in Table 1.

Scoring-based information was obtained by scanning domestic and foreign scientific resources, making field investigations and observations, making face-to-face and telephone conversations with the headmen and local people, examining the photographs of the land, and making analyzes in the GIS environment. The information obtained was evaluated and scored by two landscape architects who knew the study areas. Scoring was made according to the weight scores of each item given in Table 2.

Since the total score will theoretically be a maximum of 100, the sum of the points that the items in the formula can get will give the outdoor recreation potential of an area as a percentage. The scores of the items were calculated with the formula below and interpreted according to their suitability classes (Gülez, 1989).

Landscape Value (L) + Climatic Value (C) + Accessibility (A) + Recreational Convenience (RC) + Negative Factors (NF) = Recreation Potential (RP)

Accordingly, the suitability classes of recreation potential values are <30% very low, 30-45% low, 46-60% medium, 61-75% high, and >75% very high.



**Table 1.** Recreation potential evaluation form (Gülez, 1989)

**Çizelge 1.** *Rekreasyon potansiyeli değerlendirme formu (Gülez, 1989)*

	Properties	Explanation	Score		Properties	Explanation	Score
LANDSCAPE VALUE (L)	Size of the Area	10 ha<	4	ACCESSIBILITY (A)	Touristic Importance of the Area	Mediterranean, Aegean, Marmara Black Sea Coastline	3-4
		5 – 10 ha	3			Important Highway Routes	2-3
		1 – 5 ha	2			Priority Places in Tourism	1-3
		0,5 – 1 ha	1			Having a City Nearby with a Population of at least 100,000	Up to 20 km
	Surface Condition	Plain	5		Up to 50 km		3-4
		Slightly Wavy	4		Up to 100 km		2-3
		Little Inclined, plain in some areas	3		Up to 200 km		1-2
		Slightly Rough	2		1 hour by walking		4
		Medium Rough	1		0-1/2 hours by a vehicle		3
		Vegetation	Woodland, Shrubbery, Meadowland		7-8		½-2 hours by a vehicle
	Only Woodland, Meadowland		6-7		1-2 hours by a vehicle		1
	Shrubbery, Meadowland, Woodland		5-6		Transportation (other than a taxi or private vehicle)	Walkability	3-4
	Shrubbery, Sparse Woodland		4-5			Finding a Vehicle all the Time	2-3
	Only Shrubbery, Meadowland		3-4			Finding a Vehicle at Certain Times	1-3
	Sea, Lake, Rivers		Meadowland, Sparse Shrubbery		2-3	Other	Cable car, Access from the Sea, etc.
		Only Meadow	1-3		RECREATIONAL CONVENIENCE (RC)		Picnic Facilities
Seaside		7-8	Water Condition	Drinking and tap water conditions (according to their quality)		1-3	
Visual Quality	Lakeside	6-7	Accommodation Facilities	Stationary accommodation facilities		2	
	Riverside	1-4	Restrooms	Camp with ten or no tent		1-2	
Other Features	Panoramic Views	3-4	Car Park	According to their quality	1-2		
	Beautiful Views and Vistas	2-3	NEGATIVE FACTORS (NF)	Open-air Cafe, Kiosk	According to their quality	1-2	
Temperature	Visual and Aesthetic Value	1-4		Guard and Officer	Continuously guard/officer	2	
	Precipitation	Cave, Waterfall, Historical and Cultural Values, etc.		1-6	Other Conveniences	Attendant on weekends	1
Average of Summer Months (°C) 16-17-18-19-20-21-22-23-24-25		1-10	Beach, cabin and shower, rental row boats, etc. (according to their quality)	1-3			
CLIMATE VALUE (C)	Average of Summer Months (°C) 34-33-32-31-30-29-28-27-26-25	1-10	Air pollution	According to the degree of pollution	(-1)-3		
	Insolation	Total Precipitation of Summer Months (mm) 50-100-150-200-250-300-350-400	1-8	Being unsafe	According to the degree of safety	(-1)-2	
		The average Cloudiness of Summer Months 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-9	1-5	Water pollution	For sea, lake, and rivers	-1	
	Windiness	The average wind speed in summer is less than 1 m/s	2	Neglect	Not doing enough maintenance	-1	
		The average wind speed in summer is 1-3 m/s	1	Noise	Noises from traffic, crowd, etc.	-1	
				Other negative factors	Quarry and gravel pit, construction and factory ruins, etc.	(-1)-2	

**Table 2.** Factors in the evaluation form and maximum score to be taken (Gülez, 1989)

**Çizelge 2.** *Değerlendirme formunda bulunan faktörler ve alabilecekleri maksimum puan (Gülez, 1989)*

Symbol	Meaning	Maximum Score (Weight Score of Factors)
L	Landscape Value	35
C	Climate Value	25
A	Accessibility	20
RC	Recreational Convenience	20
NF	Negative Factors	0 (Minimum -10)
%RP	Recreation Potential	100

## RESULTS

The population of the area, its distance from the centers and its infrastructure opportunities play an important role in determining the recreational activities to be brought to an area. For this reason, the existing infrastructure opportunities of the villages within the scope of the study were determined by on-site examinations and the results are given in Table 3.

**Table 3.** Population, distance to centers, and existing infrastructure opportunities of the villages

**Çizelge 3.** Köylerin nüfusu, merkezlere uzaklığı ve mevcut altyapı olanakları

Village Name	Population	Distance		Existing Infrastructure	Village Name	Population	Distance		Existing Infrastructure
		B	K				B	K	
Akçakoyun	296	68	7	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8	İkizce	469	39	30	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
Akçasusurluk	204	66	12	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	İnkaya	113	55	27	1, 2, 6, 7
Akhisar	283	89	19	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8	İsmetpaşa	551	90	20	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8
Anız	191	85	15	1, 2, 3, 4, 6, 7	Karakoca	856	51	27	1, 3, 4, 5, 6, 7
Bakırköy	537	56	8	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8	Karasu	99	78	8	1, 2, 6, 7
Ballıkaya	102	77	27	1, 2, 6, 7	Kedikaya	75	85	15	1, 2, 6, 7
Bayramdere	1.486	83	29	1, 3, 4, 5, 6, 7	Keşlik	485	81	12	1, 3, 5, 6, 7, 8
Beylik	609	92	22	1, 3, 5, 6, 7	Kıranlar	181	80	10	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
Boğazköy	341	90	24	1, 2, 3, 4, 6, 7	Kulakpınar	236	72	10	1, 3, 4, 6, 7
Cambaz	310	60	21	1, 3, 4, 5, 6, 7	Kurşunlu	709	96	42	1, 3, 4, 5, 6, 7
Çeşniğir	150	68	21	1, 2, 3, 6, 7	Küçükkaraağaç	253	80	10	1, 2, 6, 7
Çamlıca	222	59	23	1, 2, 3, 4, 6, 7	Muratlı	289	49	35	1, 2, 3, 4, 6, 7
Çarık	58	67	10	1, 2, 5, 6, 7	Okçular	175	91	22	1, 2, 3, 4, 6, 7
Çavuşköy	280	95	26	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	Orhaniye	123	42	34	1, 2, 3, 4, 6, 7
Dağesemen	133	77	16	1, 2, 6, 7	Ortasarıbey	414	85	16	1, 3, 6, 7
Dağkadi	698	87	17	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8	Ovaesemen	330	94	24	1, 2, 3, 6, 7
Danışmend	367	96	22	1, 3, 4, 5, 6, 7	Örencik	81	87	18	1, 2, 6, 7
Doğla	305	89	19	1, 2, 3, 4, 6, 7	Sazlıca	235	87	17	1, 2, 3, 6, 7
Ekimli	282	75	30	2, 3, 4, 6, 7, 8	Seyran	416	60	16	1, 3, 4, 5, 6, 7
Ekmekçi	297	70	16	1, 2, 3, 4, 6, 7	Subaşı	683	55	23	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8
Eskikaraağaç	227	45	29	1, 2, 3, 4, 6, 7	Sultaniye	782	96	26	1, 3, 4, 5, 6, 7
Eskisarıbey	334	86	16	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	Şahinköy	280	74	4	1, 2, 3, 6, 7, 8
Fevzipaşa	240	80	10	1, 2, 3, 4, 6, 7	Şahmelek	215	97	27	1, 2, 3, 4, 6, 7
Gölecik	72	82	12	1, 2, 3, 4, 6, 7	Taşlık	247	66	3	1, 3, 4, 6, 7
Gölkıyı	176	52	17	1, 2, 6, 7	Taşpınar	237	46	31	1, 2, 3, 6, 7
Gönü	394	77	15	1, 2, 3, 4, 6, 7	Tophisar	348	91	15	1, 3, 4, 6, 7
Güngörmez	95	77	15	1, 2, 6, 7	Uluabat	497	59	11	1, 2, 3, 6, 7
Hamidiye	3.306	89	19	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8	Yarış	211	74	12	1, 2, 3, 6, 7
Harmanlı	537	60	7	1, 3, 4, 5, 6, 7	Yenikaraağaç	629	42	26	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8
Hayırlar	139	63	14	1, 2, 6, 7	Yenisarıbey	342	85	15	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
Hotanlı	363	75	5	1, 2, 3, 4, 6, 7	Yeşildere	195	92	22	1, 2, 3, 4, 6, 7
Hürriyet	240	49	34	1, 2, 3, 4, 6, 7	Yolağzı	574	75	13	1, 2, 3, 4, 6, 7

Abbreviations: **Distance:** B=Bursa, K=Karacabey; **Existing Infrastructure:** 1=Primary School, 2=Bussed Education, 3=Drinking Water Network, 4=Sewerage Network, 5=Health Unit, 6=Electric, 7=Land Phone, 8=Internet. Distance is in km and population is in person.

The natural and cultural landscape values of an area ensure that the recreation potential of that area is high. Areas with high landscape values also have high visitor potential (Çetin et al., 2018). In order for the users to meet their recreational needs and experience these values, the touristic and recreational activities that will ensure the development of the areas both economically and socially should be well planned within the framework of the protection-use balance (Çetin & Sevik, 2016). Karacabey, which is the study area, consists of villages with wealth and unique values. The natural and cultural landscape values of these villages are given in Table 4.

The most important feature in determining the outdoor recreation potential is the landscape values of the area (Çetin, 2015). The size of the area, its surface condition, vegetation, presence of the sea, lake, stream, visual quality, and other features carve out landscape values. These values increase the attractiveness of the area and play an important role in the preferences of the visitors. The size of the area is important in choosing a place for recreational activities. The village with the largest area of the district is Sultaniye, with 3,931 ha; the village with the smallest area is Çarık, with 323 ha.

The surface condition of the area not only affects its recreational potential, but it is also considered as an opportunity for recreational activity diversity as long as it is suitable for visitor use and transportation. Although the topographic structure of the Karacabey district is rough in its southern and northern borders, it is generally plain. The district has 0-936.8% average slope values, and 0-7.3% slope

group dominates 59.55% of the area; to 7.4-25.7% slope group 21.51%; to 25.8-51.4% slope group 15.78% and 51.5%< slope group dominates the remaining 3.16% of the area. This diversity in slope groups offers various recreational activities to the villages.

**Table 4.** Natural and cultural landscape values of the villages

**Çizelge 4.** Köylerin doğal ve kültürel peyzaj değerleri

Village Name	Natural and Cultural Landscape Values	Village Name	Natural and Cultural Landscape Values
Akçakoyun	Koca Taş, Sarnıçtepe, Talaştepe Hills, Pheasant breeding station	İkizce	Uluabat Lake, Fertile Soil, Church and monastery ruins
Akçasusurluk	Old mosque ruins	İnkaya	Nilüfer River, Pond
Akhisar	Fertile Soil	İsmetpaşa	Karaçay River, Fertile Soil, Hacıalığa Mosque
Arız	Karaçay River, Fertile Soil, Byzantine ruins,	Karakoca	Uluabat Lake, Fertile Soil, Zoodohos Piyi Church
Bakırköy	Fertile Soil, Vasil farm, Arap Ali Investment	Karasu	Karaçay River, Fertile Soil, Byzantine ruins
Balıkaya	Marmara Sea	Kedikaya	Tekke Dede Investment
Bayramdere	Marmara Sea, Yeniköy Beach, Forest, Maiden Castle ruins, Pond	Keşlik	Fertile Soil, Pond, Byzantine ruins
Beylik	Fertile Soil	Kıranlar	Dedebayırı Investment, Byzantine ruins, Old mosque
Boğazköy	Marmara Sea, Dalyan Lake, Longoz Forest, Fertile Soil, Pheasant breeding station, Ova Grove Bear Sanctuary	Kulakpınar	Forest, Monument tree, Pond, Historical mosque, Arnaut Dede Investment
Cambaz	Nilüfer River	Kurşunlu	Marmara Sea, Forest, Church and monastery ruins, Skylake ve Plakia settlements
Çeşnigir	Nilüfer River, Theotos Church, Settlement ruins,	Küçükkaağağaç	Fertile Soil, Byzantine ruins
Çamlıca	Nilüfer River, Old mosque ruins, Ayios Georgios	Muratlı	Nilüfer River
Çarık	None	Okçular	Forest
Çavuşköy	Byzantine ruins	Orhaniye	Fertile Soil, Church ruins
Dağesemen	None	Ortasarıbey	Fertile Soil, Ancient settlement ruins
Dağkadı	Koca River, Fertile Soil, Pond, Old Inn	Ovaesemen	Fertile Soil
Danişmend	Fertile Soil, Byzantine ruins	Örencik	Forest, Settlement ruins
Doğla	Fertile Soil	Sazlıca	Fertile Soil
Ekinli	Marmara Sea, Arap Çiftliği Lake, Bakacak Hill,	Seyran	Uluabat Lake, Fertile Soil, Issız Inn, Settlement ruins
Ekmekeçi	None	Subaşı	None
Eskikaraağaç	Uluabat Lake, Mound, Fertile Soil, Church and monastery ruins	Sultaniye	Karaçay River, Fertile Soil, Old Inn and ruins, Pond
Eskisarıbey	Fertile Soil	Şahinköy	Karaçay River, Fertile Soil
Fevzipaşa	Karaçay River, Fertile Soil, Old mosque	Şahmelek	Forest
Gölecik	Monument tree, Pond	Taşlık	Karaçay River, Fertile Soil, Roman ruins
Gölkıyı	Uluabat Lake, Fertile Soil, Old village ruins	Taşpınar	Fertile Soil, Church ruins
Gönü	Byzantine ruins	Tophisar	Fertile Soil, Byzantine ruins, Fatma Tutut Mosque and Complex ruins, Tophisar Castle
Güngörmez	Forest	Uluabat	Uluabat Lake, Susurluk River, Fertile Soil, Uluabat Castle, Mikhael Archestatego, Konstantin Bridge
Hamidiye	Karaçay River, Fertile Soil	Yarış	Forest
Harmanlı	Uluabat Lake, Susurluk River, Fertile Soil, Ancient Period, Agios Theodoros Church ruins, Windmill	Yenikaraağaç	Uluabat Lake, Fertile Soil, Old settlement ruins, Hamdibey Farm
Hayırlar	None	Yenisanbey	Fertile Soil
Hotanlı	Fertile Soil, Old village ruins	Yeşildere	Koca River, Pond
Hürriyet	Nilüfer River, Fertile Soil, Church ruins	Yolağzı	Susurluk River, Fertile Soil, Old village ruins

The vegetation of Karacabey reflects the general characteristics of the Marmara Region. Mediterranean plants and moisture-loving forests grow in the north of the district. Longoz Forest is located in Boğazköy village, and has a high value as it is Turkey's largest flooded forest. Often in forests, *Quercus* spp. (Oak) species are found. Besides *Tilia* spp. (Linden), *Laurus* spp. (Bay), *Cyrtisus scoparius* (Scotch broom), *Arbutus unedo* (Big berry), *Paliurus spina-christi* (Gorse) species are also abundant (Karacabey Municipality, 2021). The green texture that dominates the district not only appeals to the aesthetic values of the visitors but also is very beneficial for their physical and mental health. In addition, green texture elements create a spatial effect where they are located and directly affect the recreation potential.

Considered as the most important source of aesthetic and visual appeal in the landscape, water elements increases the visual quality of the environment and creates areas that are preferred by users in the first place for recreational services with its relaxing and healing effect (Sarçam & Hepcan, 2015; Aşur, 2017). The coastal part of Karacabey district, 35 km away from the district center, is one of the regions with high tourism potential. The most important rivers of the district are Nilüfer, Susurluk, Karadere and Kocadere Rivers. In addition, due to the topography of the northern part of the region, many seasonal rivers flow. Uluabat Lake is the most important wetland in the district.

Karacabey district consists of villages with high visual quality, with its coastal wetlands, and wealth vegetation. This area also includes coastal dunes with vegetation quite different from other areas (Çelik Çanga, 2020). Especially in the coastal areas, the sea, lake, and forest complement each other aesthetically. For this reason, the visual quality of the villages offers recreational appeal in all seasons.

The landscape values, which are considered with a weight of 35% in determining the recreation potential of the villages, were determined by the interviews with the headmen, literature reviews, the documents of Karacabey Municipality and the studies carried out in the ArcGIS program. Landscape values are given in Table 5 by scoring according to the Gülez method.

**Table 5.** The Scores of landscape values of the villages

**Çizelge 5.** Köylerin peyzaj değerlerinin puanları

Village Name	Landscape Value (L)	Village Name	Landscape Value (L)
Akçakoyun	A=4 E=2 G=7 U=2	T= 15 İkizce	A=4 D=3 I=5 O=6 P=2 U=1
Akçasusurluk	A=4 E=2 H=7 P=3 U=1	T= 17 İnkaya	A=4 E=2 I=6 O=7 P=4 T=2 U=2
Akhisar	A=4 B=5 M=3	T= 12 İsmetpaşa	A=4 B=5 M=2 P=3 U=1
Arız	A=4 B=5 L=2 O=6 P=1 U=1	T= 19 Karakoca	A=4 E=2 J=4 O=6 P=3 U=1
Bakırköy	A=4 B=5 M=3 U=3	T= 15 Karasu	A=4 C=4 J=4 P=4 U=1
Ballıkaya	A=4 E=2 H=6 N=7 O=6 R=3 S=2 T=2	T= 32 Kedikaya	A=4 E=2 I=6 P=1 U=3
Bayramdere	A=4 F=1 H=7 N=8 S=3 T=3 U=3	T= 29 Keşlik	A=4 D=3 I=5 O=7 P=3 T=2 U=2
Beylik	A=4 B=5 L=3	T= 12 Kıranlar	A=4 D=3 G=7 P=2 U=1
Boğazköy	A=4 D=3 H=6 N=8 O=7 P=1 R=3 S=2 T=4 U=4	T= 42 Kulakpınar	A=4 C=4 I=6 O=7 P=4 T=2 U=4
Cambaz	A=4 C=4 J=4 P=2	T= 14 Kurşunlu	A=4 F=1 G=8 N=8 P=1 R=4 S=2 T=4 U=2
Çeşnigir	A=4 D=3 H=6 P=3 U=1	T= 17 Küçükarağaç	A=4 B=5 M=2 P=3 U=1
Çamlıca	A=4 C=4 J=4 P=1 S=2 T=2 U=1	T= 18 Muratlı	A=4 C=4 I=6 P=1
Çarık	A=4 C=4 J=4 P=3 S=2 T=3	T= 20 Okçular	A=4 C=4 I=5 O=6 P=3
Çavuşköy	A=4 C=4 L=2 P=2 U=1	T= 13 Orhaniye	A=4 C=4 L=3 O=6 U=1
Dağesemen	A=4 D=3 H=7 S=2 T=2	T= 18 Ortasarıbey	A=4 B=5 L=2 P=1 T=2 U=2
Dağkadi	A=4 C=4 L=2 O=6 P=2 U=1	T= 19 Ovaesemen	A=4 B=5 M=3 P=1 U=1
Danişmend	A=4 C=4 L=3 P=1 U=1	T= 13 Örencik	A=4 F=1 G=8 P=4 T=2
Doğla	A=4 C=4 I=5 O=6 P=3 U=1	T= 23 Sazlıca	A=4 B=5 L=2 P=1
Ekinli	A=4 D=3 H=6 N=7 O=6 R=3 S=2 T=4 U=1	T= 36 Seyran	A=4 D=3 H=6 O=6 P=1 U=3
Ekmekçi	A=4 E=2 H=7 P=3 S=2 T=3	T= 21 Subaşı	A=4 E=2 H=6 O=6 P=2
Eskikaraağaç	A=4 B=5 H=6 O=6 R=4 S=3 T=4 U=4	T= 36 Sultaniye	A=4 C=4 L=3 P=4 U=1
Eskisarıbey	A=4 B=5 L=2	T= 11 Şahinköy	A=4 C=4 I=5 P=1 U=1
Fevzipaşa	A=4 C=4 L=2 P=4 U=1	T= 15 Şahmelek	A=4 E=2 G=8 P=1 S=2 T=2
Gölecik	A=4 E=2 H=6 O=7 P=3 T=2 U=3	T= 27 Taşlık	A=4 C=4 L=3 P=1 T=2 U=3
Gölkıyı	A=4 B=5 L=2 O=6 P=2 R=3 S=2 T=2 U=2	T= 28 Taşpınar	A=4 C=4 L=2 P=2 U=1
Gönü	A=4 C=4 L=3 P=1 U=1	T= 13 Tophisar	A=4 B=5 M=3 P=5 T=2 U=1
Güngörmez	A=4 D=3 G=8 P=3 S=2 T=2	T= 22 Uluabat	A=4 B=5 I=6 O=6 P=1 R=3 S=2 T=2 U=4
Hamidiye	A=4 B=5 L=2 P=1	T= 12 Yarış	A=4 C=4 H=7 P=3
Harmanlı	A=4 C=4 I=5 O=6 P=4 U=1	T= 24 Yenikaraağaç	A=4 C=4 I=5 O=6 P=2 T=2 U=2
Hayırlar	A=4 C=4 I=6 P=4 S=2 T=2	T= 22 Yenisarıbey	A=4 B=5 M=3 U=1
Hotanlı	A=4 B=5 M=2 P=4 U=2	T= 17 Yeşildere	A=4 D=3 I=6 P=5 T=2
Hürriyet	A=4 C=4 I=6 P=3 U=1	T=18 Yolağzı	A=4 C=4 K=4 P=1 U=1

Abbreviations: **Size of the Area:** A=Bigger Than 10 ha; **Surface Condition:** B=Plain, C=Slightly Wavy, D=Little Inclined, E=Slightly Rough, F=Medium Rough; **Vegetation:** G=Woodland, Shrubbery, Meadowland, H=Only Woodland, Meadowland I=Shrubbery, Meadowland, Woodland J=Shrubbery, Sparse Woodland K=Only Shrubbery, Meadowland, L=Meadowland, Sparse Shrubbery M=Only Meadowland; **Sea, Lake, River:** N=Seaside, O=Lakeside, P=Rivers; **Visual Quality:** R=Panoramic Views, S=Beautiful Views and Vistas, T=Visual and Aesthetic Value; **Other Features:** U=Cave, Waterfall, Historical and Cultural Values. **T**=Total Evaluation Score

The Marmara climate is dominant in the Karacabey district of Bursa. The annual average temperature of Karacabey, which is under the influence of hot and mild weather, is 14.6 °C. The highest precipitation falls in the district in December, January, and February. The district, which receives precipitation on average 12 days a year, has an average of 704.9 mm of total precipitation. With an average insolation duration of 74.7 hours, the city has an average of 76 sunny days; cloud days are on average 170 days. It is seen that the Karacabey district has the potential to serve recreational use throughout all seasons with suitable climatic conditions. The climatic value evaluation score, which plays

an important role in the recreation potential of the area and affects it with a weight of 25%, is given in Table 6 (Kaya et al., 2009; Çelik Çanga et al., 2016; Meteoblue, 2021).

**Table 6.** The scores of climate value of villages

**Çizelge 6.** Köylerin iklimik değerlerinin puanları

Village Name	CLIMATE VALUE (C)	T=15
All Villages	A=8 B=2 C=3 D=2	
Abbreviations: <b>Temperature:</b> A=Average of Summer Months (°C) 16-17-18-19-20-21-22-23-24-25; <b>Precipitation:</b> B= Total of Summer Months (mm) 50-100-150-200-250-300-350-400; <b>Insolation:</b> C=Average of Summer Months 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-9; <b>Windiness:</b> D= Average wind speed in summer is less than 1 m/s <b>T</b> =Total Evaluation Score		

Accessibility is one of the most important issues to consider when determining to recreation potential of the area. Karacabey district is approximately 60 km away from Bursa city center with Mudanya and Nilüfer districts in the east and Mustafakemalpaşa district in the west. Manyas, Bandırma, and Susurluk districts of Balıkesir are located in the west of the district. Located at the intersection of Bursa-İzmir and Çanakkale-Bursa highways, Karacabey is one of the most easily accessible districts of Bursa.

Transportation to the villages of the district is usually provided by private vehicles, besides, bus services are organized to most villages at certain times. Infrequent departure times of buses are restrictive factor for visitors. The transportation information obtained as a result of the BURULAŞ (Bursa Transportation Public Transportation Management) website and the interviews with the village headmen were scored according to the Gülez method and the effect on the recreation potential was determined by considering it with a weight of 20%. This scoring is given in Table 7.

**Table 7.** The scores of accessibilities to the villages

**Çizelge 7.** Köylerin ulaşılabilirliklerinin puanları

Village Name	ACCESSIBILITY (A)	T=8	Village Name	ACCESSIBILITY (A)	T=12
Akçakoyun	C=1 E=3 G=1 H=2 I=1	T=8	İkizce	B=3 C=1 D=3 F=2 H=2 I=1	T=12
Akçasusurluk	E=3 G=1 H=2 I=1	T=7	İnkaya	C=1 E=3 G=1 H=2 I=1	T=8
Akhisar	E=2 G=1 H=2 I=2	T=7	İsmetpaşa	E=2 G=1 H=2 I=2	T=7
Arız	C=3 E=2 G=1	T=6	Karakoca	B=3 C=1 E=3 G=1 H=2 I=2	T=12
Bakırköy	C=1 E=3 G=1 H=2 I=2	T=9	Karasu	B=3 E=2 G=1 H=2 I=1	T=9
Ballıkaya	A=3 C=2 E=2 G=1	T=8	Kedikaya	C=1 E=2 G=1	T=4
Bayramdere	A=4 C=3 E=2 G=1 H=2 I=1	T=13	Keşlik	B=2 E=2 G=1 H=2 I=1	T=8
Beylik	E=2 G=1 H=2 I=2	T=7	Kıranlar	E=2 G=1 H=2 I=1	T= 6
Boğazköy	A=4 C=3 E=2 G=1 H=2 I=1	T=13	Kulakpınar	C=3 E=3 G=1 H=2 I=2	T= 11
Cambaz	B=3 E=3 G=1 H=2 I=2	T=11	Kurşunlu	A=4 C=2 E=2 G=1 H=2 I=2	T= 13
Çeşnigir	C=1 E=3 G=1	T=5	Küçükarağaç	E=2 G=1	T= 3
Çamlıca	E=3 G=1 H=2 I=3	T=9	Muratlı	B=2 D=3 F=2 H=2 I=1	T= 10
Çarık	E=3 G=1 H=2 I=1	T=7	Okçular	E=2 G=1	T= 3
Çavuşköy	B=2 E=2 G=1 H=3 I=3	T=11	Orhaniye	B=3 D=3 F=2	T= 8
Dağesemen	E=2 G=1	T=3	Ortasarıbey	C=1 E=2 G=1 H=2 I=2	T= 8
Dağkadı	B=3 E=2 G=1 H=2 I=1	T=9	Ovaesemen	E=2 G=1 H=2 I=1	T= 6
Danişmend	E=2 G=1 H=2 I=1	T=6	Örencik	C=1 E=2 G=1	T= 4
Doğla	C=1 E=2 G=1 H=2 I=2	T=8	Sazlıca	E=2 G=1 H=2 I=2	T= 7
Ekinli	A=3 E=3 G=1	T=7	Seyran	B=3 C=3 E=3 G=1 H=3 I=2	T= 15
Ekmekçi	E=3 G=1 H=2 I=1	T=7	Subaşı	B=3 E=3 G=1 H=2 I=2	T= 11
Eskikaraağaç	B=3 C=2 D=3 F=2 H=3 I=2	T=15	Sultaniye	E=2 G=1 H=2 I=2	T= 7
Eskisarıbey	E=2 G=1 H=2 I=1	T=6	Şahinköy	B=2 E=3 G=1 H=2 I=1	T= 9
Fevzipaşa	B=3 E=2 G=1 H=2 I=1	T=9	Şahmelek	C=1 E=2 G=1 H=2 I=1	T= 7
Gölecik	C=1 E=2 G=1 H=2 I=1	T=7	Taşlık	C=1 E=3 G=1 H=2 I=2	T= 9
Gölkıyı	C=2 E=3 G=1	T=6	Taşpınar	D=3 F=2 H=2 I=1	T= 8
Gönü	B=3 E=2 G=1 H=2 I=1	T=9	Tophisar	E=2 G=1 H=2 I=2	T= 7
Güngörmez	C=1 E=2 G=1	T=4	Uluabat	B=3 C=3 E=3 G=1 H=2 I=2	T= 14
Hamidiye	E=2 G=1 H=2 I=1	T=6	Yarış	C=1 E=3 G=1 H=2 I=1	T= 8
Harmanlı	B=3 E=3 G=1 H=2 I=2	T=11	Yenikaraağaç	B=2 D=3 F=2 H=2 I=1	T= 10
Hayırlar	E=3 G=1 H=2 I=1	T=7	Yenisarıbey	E=2 G=1 H=2 I=1	T= 6
Hotanlı	C=1 E=3 G=1 H=2 I=2	T=9	Yeşildere	E=2 G=1	T= 3
Hürriyet	D=3 F=2 H=2 I=1	T=8	Yolağzı	B=3 E=3 G=1 H=2 I=1	T= 10

Abbreviations: **Touristic Importance of the Area:** A=Akdeniz, Ege, Marmara, Karadeniz Coastline, B=Importance Highway Routes, C=Priority Areas in Tourism; **Having a City Nearby with a Population of at least 100,000:** D=Within the Distance of 50 km, E=Within the Distance of 100 km, F=1/2-1 hours by a vehicle, G=1-2 hours by a vehicle; **Transportation:** H=Finding a Vehicle, I=Finding a Vehicle at Certain Times **T**= Total Evaluation Score

Recreational conveniences, which play an important role in determining the recreation potential of an area, depend on the quality and quantity of the existing recreational equipment in the area. The recreational equipment of the area is effective in increasing the quality of the environment and creating more attractive spaces for visitors. For this reason, in determining the recreational potential of the study areas, the value of recreational convenience was considered with a weight of 20%. The determination of the recreational conveniences of the villages in Karacabey and the calculation of the score according to the Gülez method were carried out as a result of the interviews with the village headmen and the analyzes made on GoogleMap. The scoring of the analyzes according to the Gülez method is given in Table 8.

**Table 8.** The scores of recreational conveniences of the villages

**Çizelge 8.** Köylerin rekreasyonel olanaklarının puanları

Village Name	RECREATIONAL CONVENIENCE (RC)	T	Village Name	RECREATIONAL CONVENIENCE (RC)	T
Akçakoyun	A=1 B=1 E=1 G=1 J=1	T=5	İkizce	B=2 E=1 G=2 J=1	T=6
Akçasusurluk	B=1 E=1 G=2	T=4	İnkaya	B=2 G=2 J=1	T=5
Akhisar	B=1 E=1 G=2 J=1	T=5	İsmetpaşa	A=2 B=1 C=2 D=1 E=1 G=2 J=1	T=10
Arız	B=2 G=1 J=1	T=4	Karakoca	A=2 B=2 D=1 E=2 G=2 J=2	T=11
Bakırköy	A=3 B=1 G=2 J=1	T=7	Karasu	E=1 G=1 J=1	T=3
Ballıkaya	B=1 E=1 G=1 J=1	T=4	Kedikaya	E=1 G=1 J=1	T=3
Bayramdere	A=4 B=1 C=2 E=2 F=2 G=2 J=3	T=16	Keşlik	B=3 E=1 G=2 J=2	T=8
Beylik	B=1 G=2 J=1	T=4	Kıranlar	B=1 E=1 G=1 J=2	T=5
Boğazköy	A=4 B=3 C=2 D=1 E=2 F=2 G=2 J=3	T=19	Kulakpınar	B=3 E=1 G=2 J=1	T=7
Cambaz	B=1 E=1 G=2 J=1	T=5	Kurşunlu	A=3 B=2 C=2 D=1 E=2 F=2 G=2 J=3	T=17
Çeşnigir	B=1 E=1 G=1 J=1	T=4	Küçükarağaç	A=2 E=1 G=1 J=1	T=5
Çamlıca	B=1 G=1 J=1	T=3	Muratlı	B=1 E=1 G=2 J=2	T=6
Çarık	B=1 E=1 J=1	T=3	Okçular	B=2 E=1 G=2 J=1	T=6
Çavuşköy	A=1 B=1 E=1 G=2 J=1	T=6	Orhaniye	B=2 E=1 G=1 J=2	T=6
Dağesemen	J=1	T=1	Ortasarıbey	B=1 E=1 G=2 J=1	T=6
Dağkadı	B=2 E=1 G=2 J=2	T=7	Ovaesemen	B=1 E=1 G=2 J=1	T=5
Danişmend	B=1 E=1 G=2 J=1	T=5	Örencik	E=1 G=1 J=1	T=3
Doğla	A=1 B=2 E=1 G=2 J=1	T=7	Sazlıca	B=1 G=2 J=1	T=4
Ekinli	B=2 E=1 G=2 J=1	T=6	Seyran	B=1 E=1 G=2 J=1	T=5
Ekmekçi	B=1 E=1 G=1 J=1	T=4	Subaşı	B=1 E=1 G=2 J=2	T=6
Eskikaraağaç	A=2 B=2 D=1 E=1 G=2 J=2	T=10	Sultaniye	B=1 E=1 F=1 G=2 J=1	T=6
Eskisarıbey	B=1 E=1 G=2 J=3	T=7	Şahinköy	B=1 E=1 G=2 J=1	T=5
Fevzipaşa	B=1 E=1 G=2 J=1	T=5	Şahmelek	B=1 E=1 G=2 J=1	T=5
Gölecik	A=1 B=3 E=1 G=2 J=1	T=8	Taşlık	A=3 B=1 E=2 F=1 G=2 J=2	T=11
Gölkıyı	A=2 B=1 E=1 G=1 J=1	T=5	Taşpınar	B=1 E=1 G=2 J=1	T=5
Gönü	B=1 E=1 G=2 J=2	T=6	Tophisar	B=1 E=1 G=2 J=2	T=6
Güngörmez	E=1 J=1	T=2	Uluabat	B=2 C=2 E=1 F=1 G=2 J=1	T=9
Hamidiye	B=1 E=1 G=2 J=1	T=5	Yarış	A=2 B=1 D=1 E=1 G=2 J=1	T=8
Harmanlı	A=2 B=2 E=1 G=2 J=2	T=9	Yenikaraağaç	B=2 E=1 G=2 J=2	T=7
Hayırlar	A=1 D=1 E=1 G=1 J=1	T=5	Yenisarıbey	B=1 E=1 G=2 J=1	T=5
Hotanlı	B=1 E=1 G=1 J=1	T=4	Yeşildere	B=1 E=1 G=1 J=1	T=4
Hürriyet	B=1 E=1 G=2 J=1	T=5	Yolağzı	A=1 B=2 E=1 F=1 G=2	T=7

Abbreviations: **Picnic Facilities:** A=Stationary Picnic Table, Barbeque, etc. (According to their Quality); **Water Condition:** B=Drinking and Tap Water Condition (According to their Quality); **Accommodation Facilities:** C=Stationary Accommodation Facilities, D=Camp with Tent or No Tent; **Restrooms:** E=According to their Quality; **Car Park:** F=According to their Quality; **Open-air Cafe, Kiosk:** G=According to their Quality; **Guard and Officer:** H=Permanent Guard/Officer, I=Attendant on Weekends; **Other Conveniences:** J=Beach, Cabin, and Shower, etc. (According to their Quality) **T=Total Evaluation Score**

According to Table 8, it is stated that there are no guards or officers working continuously or on weekends in any village in the Karacabey district, but only servants. Apart from the picnic facilities in Bayramdere, Boğazköy, Kurşunlu, and Yolağzı villages, it has been determined that private parking areas are created only in the squares of Uluabat and Taşlık villages, and the roadside is used as parking lot in other villages except these villages. Except for Akçasusurluk, every village has a playground. Although

some of these areas are considered inadequate in terms of maintenance and equipment; it has been reported that the villagers are conscious of the necessity of playgrounds, and requests have been made to the municipality for the renewal and regular maintenance of these areas.

The negativities caused by various factors such as physical and biological also play an important role in determining the recreation potential of an area. Air, water, and environmental pollution caused by these factors reduce the quality of life and restrict the use of the area for recreational purposes, as it creates an undesirable visual effect. Each negative factor a village has is calculated by subtracting from the total evaluation score. For this reason, in determining the recreation potential, the value of negative factors is considered with a weight of 0%.

As a result of the examinations and evaluations made, it has been determined that the most common negative factor in the Karacabey district is neglect. The biggest reason for this is that garbage is collected at very sparse intervals. Another common negative factor of the district, which is at the intersection of important highway routes, is noise pollution caused by traffic. At the same time, it is known that the high level of agricultural activities in the district and the use of chemical fertilizers and pesticides play a role in the pollution of water resources. The factors that negatively affect the recreation potential of the villages in the Karacabey district are given in Table 9 according to the method of the study.

**Table 9.** The scores of factors affecting recreation negatively in villages

**Çizelge 9.** Köylerde rekreasyonu olumsuz etkileyen faktörlerin puanları

Village Name	NEGATIVE FACTORS (NF)	Village Name	NEGATIVE FACTORS (NF)
Akçakoyun	B= (-1) D= (-1) F= (-1)	T= (-3) İkizce	D= (-1) E= (-1) T= (-2)
Akçasusurluk	D= (-1) F= (-1)	T= (-2) İnkaya	D= (-1) T= (-1)
Akhisar	A= (-1) D= (-1)	T= (-2) İsmetpaşa	A= (-1) C= (-1) D= (-1) T= (-3)
Arız	D= (-1) E= (-1)	T= (-2) Karakoca	D= (-1) E= (-1) T= (-2)
Bakırköy	D= (-1)	T= (-1) Karasu	D= (-1) E= (-1) T= (-2)
Ballıkaya	D= (-1)	T= (-1) Kedikaya	D= (-1) T= (-1)
Bayramdere		T= 0 Keşlik	C= (-1) D= (-1) E= (-1) T= (-3)
Beylik	D= (-1)	T= (-1) Kıranlar	D= (-1) T= (-1)
Boğazköy	C= (-1)	T= (-1) Kulakpınar	D= (-1) T= (-1)
Cambaz	D= (-1) E= (-1)	T= (-2) Kurşunlu	F= (-1) T= (-1)
Çeşnigir	C= (-1) D= (-1)	T= (-2) Küçükarağaç	C= (-1) D= (-1) T= (-2)
Çamlıca	D= (-1)	T= (-1) Muratlı	D= (-1) E= (-1) T= (-2)
Çank	C= (-1) D= (-1)	T= (-2) Okçular	D= (-1) T= (-1)
Çavuşköy	D= (-1) E= (-1)	T= (-2) Orhaniye	D= (-1) E= (-1) T= (-2)
Dağesemen	D= (-1)	T= (-1) Ortasarıbey	C= (-1) D= (-1) T= (-2)
Dağkadı	E= (-1)	T= (-1) Ovaesemen	C= (-1) D= (-1) T= (-2)
Danişmend	D= (-1)	T= (-1) Örencik	C= (-1) D= (-1) T= (-2)
Doğla	D= (-1)	T= (-1) Sazlıca	D= (-1) T= (-1)
Ekinli	D= (-1)	T= (-1) Seyran	D= (-1) E= (-1) F= (-1) T= (-3)
Ekmekçi	D= (-1)	T= (-1) Subaşı	A= (-1) D= (-1) E= (-1) F= (-1) T= (-4)
Eskikaraağaç	D= (-1) E= (-1)	T= (-2) Sultanıye	A= (-1) C= (-1) D= (-1) T= (-3)
Eskisanbey	D= (-1)	T= (-1) Şahinköy	D= (-1) T= (-1)
Fevzipaşa	D= (-1) E= (-1)	T= (-2) Şahmelek	D= (-1) F= (-1) T= (-2)
Gölecik	D= (-1)	T= (-1) Taşlık	D= (-1) T= (-1)
Gölkıy	C= (-1) D= (-1)	T= (-2) Taşpınar	D= (-1) T= (-1)
Gönü	D= (-1) E= (-1)	T= (-2) Tophisar	A= (-1) C= (-1) D= (-1) T= (-3)
Güngörmez	C= (-1) D= (-1)	T= (-2) Uluabat	D= (-1) E= (-1) T= (-2)
Hamidiye	D= (-1)	T= (-1) Yarış	C= (-1) D= (-1) T= (-2)
Harmanlı	D= (-1) E= (-1)	T= (-2) Yenikaraağaç	D= (-1) E= (-1) T= (-2)
Hayırlar	C= (-1) D= (-1)	T= (-2) Yenisarıbey	D= (-1) T= (-1)
Hotanlı	D= (-1)	T= (-1) Yeşildere	D= (-1) T= (-1)
Hürriyet	D= (-1)	T= (-1) Yolağzı	D= (-1) E= (-1) T= (-2)

Abbreviations: **Air Pollution:** A=According to the Degree of Pollution; **Being Unsafe:** B=GüvAccording to the Degree of Safety; **Water Pollution:** C=For Sea, Lake, and Rivers; **Neglect:** D=Not Doing Enough Maintenance; **Noise:** E=Noises from Traffic, Crowd, etc.; **Other Negative Factors:** F=Quarry and Gravel Pit, Construction and Factory Ruins, etc. **T=Total Evaluation Score**

In this study, all villages in the Karacabey district of Bursa province were evaluated and scored in accordance with the criteria and scores in the 'Recreation Potential Evaluation Form'. The 'Total Evaluation Score', obtained by adding the scores, expresses the recreation potential of each village. The scores of the villages in terms of landscape values, climate, accessibility, recreational convenience, and negative factors are given in Table 10 together with their totals.

According to Table 10, villages have a recreational potential of at least 36%, and at most 88%. There are no villages in the district that fall under the class of very low (<30%) recreation potential. It has been determined that 40 villages in the district have low (between 30-45%), 17 villages have medium (between 46-60%), 5 villages have high (between 61-75%) and 2 villages have very high (75%<) recreation potential. Figure 2 shows the recreational potential of the villages of the Karacabey district.

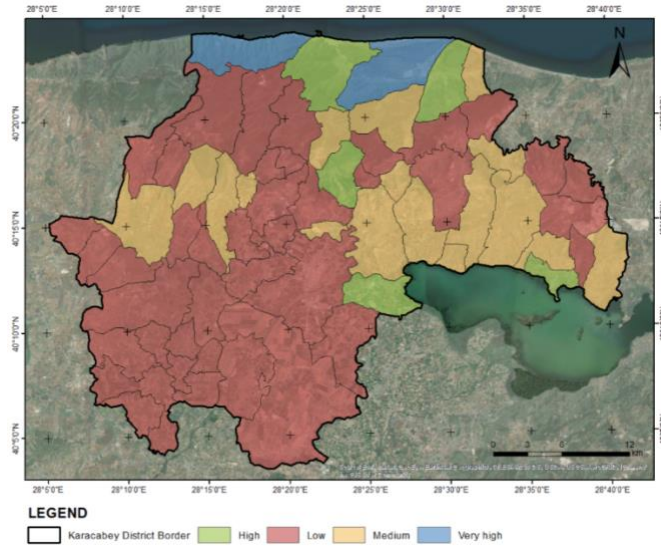
**Table 10.** The scores of recreational potentials of the villages

**Çizelge 10.** Köylerin rekreasyonel potansiyellerinin puanları

Village Name	Recreation Potential	Village Name	Recreation Potential
Akçakoyun	L:15 C:15 A:8 RC:5 NF: (-3) T=%40	İkizce	L:21 C:15 A:12 RC:6 NF: (-2) T=%52
Akçasusurluk	L:17 C:15 A:7 RC:4 NF: (-2) T=%41	İnkaya	L:27 C:15 A:8 RC:5 NF: (-1) T=%54
Akhisar	L:12 C:15 A:7 RC:5 NF: (-2) T=%37	İsmetpaşa	L:15 C:15 A:7 RC:10 NF: (-3) T=%44
Arız	L:19 C:15 A:6 RC:4 NF: (-2) T=%42	Karakoca	L:20 C:15 A:12 RC:11 NF: (-2) T=%56
Bakırköy	L:15 C:15 A:9 RC:7 NF: (-1) T=%45	Karasu	L:17 C:15 A:9 RC:3 NF: (-2) T=%42
Ballıkaya	L:32 C:15 A:8 RC:4 NF: (-1) T=%58	Kedikaya	L:16 C:15 A:4 RC:3 NF: (-1) T=%37
Bayramdere	L:29 C:15 A:13 RC:16 NF:0 T=%73	Keşlik	L:26 C:15 A:8 RC:8 NF: (-3) T=%54
Beylik	L:12 C:15 A:7 RC:4 NF: (-1) T=%37	Kıranlar	L:17 C:15 A:6 RC:5 NF: (-1) T=%42
Boğazköy	L:42 C:15 A:13 RC:19 NF: (-1) T=%88	Kulakpınar	L:31 C:15 A:11 RC:7 NF: (-1) T=%63
Cambaz	L:14 C:15 A:11 RC:5 NF: (-2) T=%43	Kurşunlu	L:34 C:15 A:13 RC:17 NF: (-1) T=%78
Çeşnigir	L:17 C:15 A:5 RC:4 NF: (-2) T=%39	Küçükkaağaç	L:15 C:15 A:3 RC:5 NF: (-2) T=%36
Çamlıca	L:18 C:15 A:9 RC:3 NF: (-1) T=%44	Muratlı	L:15 C:15 A:10 RC:6 NF: (-2) T=%44
Çarık	L:20 C:15 A:7 RC:3 NF: (-2) T=%43	Okçular	L:22 C:15 A:3 RC:6 NF: (-1) T=%45
Çavuşköy	L:13 C:15 A:11 RC:6 NF: (-2) T=%43	Orhaniye	L:18 C:15 A:8 RC:6 NF: (-2) T=%45
Dağesemen	L:18 C:15 A:3 RC:1 NF: (-1) T=%36	Ortasarıbey	L:16 C:15 A:8 RC:6 NF: (-2) T=%43
Dağkadı	L:19 C:15 A:9 RC:7 NF: (-1) T=%49	Ovaesemen	L:14 C:15 A:6 RC:5 NF: (-2) T=%38
Danişmend	L:13 C:15 A:6 RC:5 NF: (-1) T=%38	Örencik	L:19 C:15 A:4 RC:3 NF: (-2) T=%39
Doğla	L:23 C:15 A:8 RC:7 NF: (-1) T=%52	Sazlıca	L:12 C:15 A:7 RC:4 NF: (-1) T=%37
Ekinli	L:36 C:15 A:7 RC:6 NF: (-1) T=%63	Seyran	L:23 C:15 A:15 RC:5 NF: (-3) T=%55
Ekmekçi	L:21 C:15 A:7 RC:4 NF: (-1) T=%46	Subaşı	L:20 C:15 A:11 RC:6 NF: (-4) T=%48
Eskikaraağaç	L:36 C:15 A:15 RC:11 NF: (-2) T=%75	Sultaniye	L:16 C:15 A:7 RC:6 NF: (-3) T=%41
Eskisarıbey	L:11 C:15 A:6 RC:7 NF: (-1) T=%38	Şahinköy	L:15 C:15 A:9 RC:5 NF: (-1) T=%43
Fevzipaşa	L:15 C:15 A:9 RC:5 NF: (-2) T=%42	Şahmelek	L:19 C:15 A:7 RC:5 NF: (-2) T=%44
Gölecik	L:27 C:15 A:7 RC:8 NF: (-1) T=%56	Taşlık	L:17 C:15 A:9 RC:11 NF: (-1) T=%51
Gölkıy	L:28 C:15 A:6 RC:5 NF: (-2) T=%52	Taşpınar	L:13 C:15 A:8 RC:5 NF: (-1) T=%40
Gönü	L:13 C:15 A:9 RC:6 NF: (-2) T=%41	Tophisar	L:20 C:15 A:7 RC:6 NF: (-3) T=%45
Güngörmez	L:22 C:15 A:4 RC:2 NF: (-2) T=%41	Uluabat	L:33 C:15 A:14 RC:9 NF: (-2) T=%69
Hamidiye	L:12 C:15 A:6 RC:5 NF: (-1) T=%37	Yarış	L:18 C:15 A:8 RC:8 NF: (-2) T=%47
Harmanlı	L:24 C:15 A:11 RC:9 NF: (-2) T=%57	Yenikaraağaç	L:25 C:15 A:10 RC:7 NF: (-2) T=%55
Hayırlar	L:22 C:15 A:7 RC:5 NF: (-2) T=%47	Yenisarıbey	L:13 C:15 A:6 RC:5 NF: (-1) T=%38
Hotanlı	L:17 C:15 A:9 RC:4 NF: (-1) T=%44	Yeşildere	L:20 C:15 A:3 RC:4 NF: (-1) T=%41
Hürriyet	L:18 C:15 A:8 RC:5 NF: (-1) T=%45	Yolağzı	L:13 C:15 A:10 RC:7 NF: (-2) T=%43

Abbreviations: **L**=Landscape Value, **C**=Climate Value, **A**=Accessibility, **RC**=Recreational Convenience; **NF**=Negative Factors, **T**=Total Evaluation Score





**Figure 2.** The recreational potentials of the villages.

**Şekil 2.** Köylerin rekreasyonel potansiyelleri.

According to Figure 2, it is seen that the villages, which are far from the shores of Uluabat Lake and the Marmara Sea, which are among the important natural values of Karacabey, and which have dense forest areas, have low recreation potential and cover 62.5% of the district. It is seen that the villages of the Karacabey district with medium recreation potential are generally located in densely wooded areas close to the Uluabat coast. The villages with medium recreation potential, covering 26.6% of the district, consisting of 17 villages with the highest ratio after the villages with low recreation potential. The villages of Karacabey district with high recreation potential cover 7.8% of the district, and it is seen that these villages are located on the shores of Uluabat Lake and the Marmara Sea and in forest areas. In addition, it has been determined that the accessibility values of these 5 villages are higher than almost all of the villages with low and medium recreation potential. The villages of Karacabey district with a very high recreation potential are given in Figure 2. It has been determined that these villages are located on the coast of the Marmara Sea, have much higher scores than other villages, particularly in terms of recreational conveniences, and cover 3.1% of the district.

## DISCUSSION and CONCLUSION

In studies conducted by different researchers with the same method and in different places the recreational potentials of various urban forests and natural landscape areas were determined. Sibel & Aslan (2017) evaluated the Istranca Yıldız Forests in Kırklareli; Yeşil & Güzel (2021) Asakarya and Yoroz Urban Forests in Ordu; Çalışkan & Çelik (2017) Mustafakemalpaşa district in Bursa province; Çelik et al. (2016) Gölyazı village in Bursa province. Tülek (2021) Kadınçayırı Natural Park, Yeşil & Güzel (2021) Çınarsuyu and Ulugöl Nature Parks in Ordu, Yulu et al. (2021) Ararat National Park in Ağrı, Çavuş & Aker (2021) Turgut Özal Nature Park in Malatya, Polat & Polat (2016) examined 8 nature parks in Mersin and concluded that these areas have very high recreation potentials. In this study, in the Karacabey district of Bursa, each of the 64 villages was evaluated by not limiting the analyzed areas to forests and parks, and it was concluded that 40 villages in the district had low, 17 villages had medium, 5 villages had high and 2 villages had very high recreation potential.

Yılmaz et al. (2009) conducted a correlation analysis between the 5 items specified in the Gülez method, and it was stated that the most influential elements on the recreation potential were landscape value, accessibility, recreational conveniences, and climate, respectively. In this study, the maximum

points that the items in the evaluation form can get were taken into consideration. In this context, the items that have the most impact on the determination of the recreation potential of an area are determined as landscape value, climate value, accessibility, recreational convenience, and negative factors, respectively. Tozkoparan et al. (2020) evaluated Altınpınar (Limni) Lake and its immediate surroundings in Gümüşhane province and determined the water shores as important recreational areas that people prefer in the first place to spend their leisure time. In addition, Tozkoparan et al. (2020) stated that the most important items affecting the recreation potential of the area are landscape value, climate, and accessibility, respectively, and the recreation potential of the lake and its immediate surroundings is medium (51%); Surat (2017) examined the surroundings of Deriner Dam and Lake in Artvin, stated that the most important items affecting the recreation potential of the area are the landscape value and climate of the area, and the recreation potential is high (63%); Gül & Yılmaz (2019) examined the coastline in Samsun and determined the recreational potential of the coastline as (78%), stating that the most important items affecting the recreation potential of the area are, respectively, recreational convenience, accessibility, climate, and landscape value. In this study, 2 villages (Boğazköy 88%, Kurşunlu 78%) with a very high recreation potential in the Karacabey district met the sea and lake shore criteria under the landscape values item with high scores; of the 5 villages with high recreation potential (Bayramdere 73%, Ekinli 63%, Eskikaraağaç 75%, Kulakpınar 63%, Uluabat 69%), 1 village (Bayramdere) is located in the sea, 3 villages (Eskikaraağaç, Kulakpınar, Uluabat) is in the lake and the other 1 village (Ekinli) on the other hand, it has been determined that it has shores to both the sea and the lake. Çetin & Sevik (2016), Gül & Yılmaz (2019) scored the items in the evaluation form as a result of on-site observation and internet research. Surat (2017), Tozkoparan et al. (2020) have made their scoring and evaluation by an expert group consisting of various businesses, directorates, and academicians. In this study, evaluations, and scoring to determine the recreation potential; literature information, on-site observation, face-to-face interviews with village headmen and local people who know the areas very well, telephone conversations, and information obtained from photo analysis were evaluated and interpreted from the perspective of landscape architects.

Karacabey district has the potential to host a multifarious of recreational activities with its geographical location, infrastructure opportunities, natural, cultural, and visual landscape values. However, in most of the villages in the district, there are no recreational types with defined areas. Almost all of those found are picnic and football activities, and the recreation potential of these areas is not used enough. Waterfront areas are the most preferred areas for recreational activities as relaxing and resting areas and almost all of the villages within the scope of the study have waterfronts. For this reason, it is necessary to include recreational activity areas in these villages where visitors can use the water directly or provide visual satisfaction. Most of the villages of the Karacabey district have fertile soil where agricultural activities can be carried out. This provides an important opportunity for visitors who prefer rural areas for outdoor recreational activities, agritourism, and gardening activities where they can experience agricultural activities. For this reason, recreational activity areas within the scope of agritourism should be included in these villages. The fact that the villages have sloping lands creates dynamic-moving-dominating landscapes; the presence of historical areas, forested areas, and sacred areas are opportunities that can provide recreational diversity. It is necessary to include activity areas where all these opportunities can be evaluated.

In line with all this information, recommended recreation types have been developed for villages with low, medium, high, and very high recreation potential. Meanwhile, a classification has been made according to the natural and cultural resource values of the villages, in this context, the recreational resource values of the villages are 'Landscape Dominate (LD)', 'Sloping Land (SL)', 'Waterfront (W)', 'Sacred Area (SA)', 'Fertile Soil (FS)', 'Historical Area (HA)' and 'Forested Area (FA)', and also considering the currently defined recreation types, recreational activity types are recommended (Table 11).

**Table 11.** Suggested recreational activity types developed for Karacabey villages

**Çizelge 11.** Karacabey köyleri için önerilen rekreasyonel aktivite türleri

Recreation Potential	Village Name	RP	Possibilities	Current Defined Recreational Activity Types	Suggested Types of Recreational Activities
LOW (%30-45)	Akçakoyun	%41	LD, FA	Picnic, landscape view	LD: Landscape view, kite flying, painting, watching clouds, bird watching, photo-safari;
	Akçasusurluk	%37	W, FA, HA		
	Akhisar	%42	FS		
	Arız	%45	W, L, HA		
	Bakırköy	%37	FS, HA	Picnic	
	Beylik	%43	FS		SL: Trekking, off-road, tough bike, and walking;
	Cambaz	%39	W		
	Çeşnigir	%44	W, FA, FA		
	Çamlıca	%43	SL, W, HA		W: Boat ride, canoe, oarsmanship, water skiing, examining water area, photo-safari, landscape view, painting;
	Çank	%43	W		
	Çavuşköy	%36	HA	Picnic	
	Dağesemen	%38	SL, FA		
	Danişment	%38	FS, HA		
	Eskisarıbey	%42	FS	Picnic	SA: Health tourism activities
	Fevzipaşa	%41	W, FS		
	Gönü	%41	HA	Football	
	Güngörmez	%37	SL, W, FA		FS: Agritourism activities, gardening;
	Hamidiye	%44	FS		
	Hotanlı	%45	W, FS, HA		
	Hürriyet	%44	W, FS, HA		HA: Village tour, rural heritage recognition, documentary film recording, cultural tourism activities, examining historical places, photo-safari, painting;
	İsmetpaşa	%42	W, FS, HA	Picnic, camp	
	Karasu	%37	W, FS		
	Kedikaya	%42	SA		
	Kıranlar	%36	FA, HA, SA	Football	
	Küçükkaraağaç	%44	W, FS, HA	Picnic	
	Muratlı	%45		Football	
	Okçular	%45	W, FA		
	Orhaniye	%43	W, FS, HA	Football	
	Ortasarıbey	%38	FS, HA	Football	
	Ovaesemen	%39	FS		
	Örencik	%37	SL, W, FA, HA		
	Sazlıca	%41	FS		FA: Watching nature, picnic, camping, running, walking, paintball, orienteering, collecting, painting, yoga-meditation, photo-safari, listening to nature symphony, examining vegetation, watching wildlife;
Sultaniye	%43	W, FS, HA			
Şahinköy	%44	FS			
Şahmelek	%40	FA			
Taşpınar	%45	FS, HA			
Tophisar	%38	W, FS, HA	Football	To villages with no recreational opportunities, singing a song, picnic, handball, running, walking, martial arts, driving a car, riding a bike, feeding animals, folk dances, tennis, paintball, golf, camp, basketball, village tour, live in nature, collecting, volleyball, reading a book, bowling, eating-drinking, painting, football, dancing, kite flying, horse riding, playing an instrument, making a model, ping pong, aerobics-gymnastics, cooking, all kinds of games, watching to clouds, going to concerts and theater, local souvenir shopping, fair-entertainment visit	
Yenisarıbey	%41	FS			
Yeşildere	%43	SL, W			
Yolağzı	%40	FS, HA	Picnic		
MEDIUM (%46-60)	Ballıkaya	%58	W, FA		
	Dağkadi	%49	W, FS, HA	Football	
	Doğla	%52	W, FS, HA	Picnic	
	Ekmeççi	%46	W, FA		
	Gölecik	%56	W, FA	Picnic	
	Gölkıyı	%52	W, FS, HA	Picnic	
	Harmanlı	%57	W, FS, HA	Picnic, football	
	Hayırlar	%47	W	Picnic, camp	
	İkizce	%52	SL, W, FS, HA		
	İnkaya	%54	W		
	Karakoca	%56	W, FS, HA	Picnic, football	
	Keşlik	%54	SL, W, FS, HA	Football	
	Seyran	%55	SL, FA, FS, HA		
	Subaşı	%48	W, FA	Football	
	Taşlık	%51	FS, HA, SA	Picnic, football	
	Yarış	%47	W, FA	Picnic, camp	
HIGH (%61-75)	Yenikaraağaç	%55	W, HA	Football	
	Bayramdere	%73	SL, W, FA, HA	Picnic, swimming, football, basketball	
	Ekinli	%63	SL, LD, W, FA, HA		
	Eskikaraağaç	%75	W, FA, HA	Picnic, camp, bird watching, football	
	Kulakpınar	%63	W, HA, SA		
VERY HIGH (%75<)	Uluabat	%69	W, FS, HA	Landscape view, boat ride	
	Boğazköy	%88	SL, W, FA	Picnic, camp, bird watching, swimming	
	Kurşunlu	%78	SL, W, FA, HA	Picnic, camp, swimming, basketball	

Abbreviations: **LD:** Landscape Dominates; **SL:**Sloping Land; **W:**Waterfront; **SA:** Sacred Areas; **FS:** Fertile Soil; **HA:** Historical Areas; **FA:** Forested Area

## REFERENCES

- Aazami, M. & K. Shanazi, 2020. Tourism wetlands and rural sustainable livelihood: The case from Iran. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 30: 100284. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2020.100284>
- An, W. & S. Alarcón, 2020. How can rural tourism be sustainable? A systematic review. *Sustainability*, 12 (18): 7758. <https://doi.org/10.3390/su12187758>
- Aşur, F., 2017. Van kenti yakın çevresi kıyı alanı örneğinde sulak alanlar ve görsel peyzaj kalite değerlendirmesi. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 4 (4): 506-515. [https://doi.org/10.15666/aeer/1702\\_18491864](https://doi.org/10.15666/aeer/1702_18491864)
- Bozkurt, S. G., 2016. Determination and evaluation of recreation resources of Gürün (Sivas) county. *Journal of the Faculty Forestry Istanbul University*, 66 (1): 318-328. <https://doi.org/10.17099/jffiu.68635>
- Buchwald, K., W. Harfst & E. Kraus, 1973. Gutachen für einen Landschaftsrahmen-plan, Bodensee Baden-Württemberg Ein Beitrag zur regionalen Entwicklung im BadenWürttembergischen Bodensegebiet. Ministerium für Ernährung Landwirtschaft und Umwelt Baden-Württemberg, Stuttgart, 206 pp.
- Burton, A., O. Fritz, U. Proebstl-Haider, K. Ginner & H. Formayer, 2021. The relationship of climate change & major events in Austria. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 34: 100393. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2021.100393>
- Çalışkan, H. & A. Çelik, 2017. Bursa İli Mustafakemalpaşa ilçesinin peyzaj değerleri ve rekreasyon potansiyelinin belirlenmesi üzerine araştırma. *Uluslararası Turizm, Ekonomi ve İşletme Bilimleri Dergisi*, 1 (2): 13-22.
- Çavuş, A. & P. Aker, 2021. Turgut Özal Tabiat Parkı'nın rekreasyon potansiyelinin belirlenmesi. *Turizm Akademik Dergisi*, 8 (1): 193-212.
- Çeken, H., T. Dalgın & N. Çakır, 2012. Bir alternatif turizm türü olarak kırsal turizmin gelişimini etkileyen faktörler ve kırsal turizmin etkileri. *International Journal of Social and Economic Sciences*, 2 (2): 11-16.
- Çelik Çanga, A., 2020. Tuz Gölü'nde rekreasyon turizm olanaklarının belirlenmesi. *Atatürk University Journal of Agricultural Faculty*, 51 (1): 21-31. <https://doi.org/10.17097/ataunizfd.585677>
- Çelik Çanga, A., T. Polat Üzümcü & İ. Çetin, 2016. Bursa ili Gölyazı Köyü'nün açık hava rekreasyon potansiyeli. *International Journal of Social Economic Sciences*, 6 (2): 32-40.
- Çetin, M. & H. Sevik, 2016. Evaluating the recreation potential of Ilgaz Mountain National Park in Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 188 (1): 1-10. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-5064-7>
- Çetin, M., 2015. Evaluation of the sustainable tourism potential of a protected area for landscape planning: a case study of the ancient city of Pompeipolis in Kastamonu. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 22 (6): 490-495. <https://doi.org/10.1080/13504509.2015.1081651>
- Çetin, M., I. Zeren, H. Sevik, C. Çakır & H. Akpınar, 2018. A study on the determination of the natural park's sustainable tourism potential. *Environmental monitoring and assessment*, 190 (3): 1-8. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6534-5>
- Çetinkaya, G., O. Uzun, F. Erduran, S. Açıksöz & F. Ilke, 2014. Sustainability of visual landscapes: a case study from Su La Lake, Turkey. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 21 (6): 1011-1016. <https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2014.21.06.21563>
- Göker, G. & K. Ünlüönen, 2019. Açık alanda yapılan doğa temelli rekreatif etkinlikler ve destinasyon markalaşması: Ilgaz Dağı Milli Parkı örneği. *Electronic Journal of Social Sciences*, 18 (70): 774-789. <https://doi.org/10.17755/esosder.456817>
- Grimes, S., 2000. Rural areas in the information society: diminishing distance or increasing learning capacity?. *Journal of Rural Studies*, 16 (1): 13-21.
- Gül, S. & A. Yılmaz, 2019. Samsun şehri kıyı şeridinin rekreasyon potansiyelinin Gülez'in açık hava rekreasyon potansiyelinin değerlendirilmesi yöntemi ile belirlenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 17 (2): 318-344. <https://doi.org/10.33688/aucbd.567426>

- Gülez, S. 1989. Park-Bahçe ve Peyzaj Mimarlığı. Karadeniz Technical University Faculty of Forestry Lecture Duplicates Series, 29: 213-214.
- Gülümser, A. A., T. Baycan Levent & P. Nijkamp, 2011. Türkiye'nin kırsal yapısı: AB düzeyinde bir karşılaştırma. İTÜ Dergisi/a, 9 (2): 133-144.
- İskender, A. 2019. Boş zaman ve rekreasyon ile turizm arasındaki ilişki üzerine akademik bir araştırma. Journal of Ankara Hacı Bayram Veli University Faculty of Tourism, 22 (1): 50-59.
- Karacabey Municipality, 2021. Karacabey'in Coğrafi Bilgileri. (Web page: <https://karacabey.bel.tr/tr/karacabeyimiz/karacabeyin-cografı-bilgileri>) (Data accessed: May 2021).
- Karaşah, B., 2017. Determination of users' preferences toward urban and rural recreation areas 'case of Artvin city'. Journal of Bartın Faculty of Forestry, 19 (1): 58-69.
- Kaya, L. G., M. Cetin & H. Doygun, 2009. A holistic approach in analyzing the landscape potential: Porsuk Dam Lake and its environs, Turkey. Fresenius Environmental Bulletin, 18 (8): 1525-1533.
- Kiemstedt, H., 1967. Zur Beverlung der Landschaft fü r die Erholung. Evaluation zur Landespflege. Sonderheft; 1, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Koçyiğit, M. & M. Yıldız, 2014. The recreation applications in local administrations: The sample of Konya City. International Journal of Science Culture and Sport, 2 (Special Issue 2): 211-223. <https://doi.org/10.14486/IJSCS193>
- Kuter, N. & H. E. Ünal, 2013. Kırsal kalkınmada kırsal turizmin önemi. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 13 (2): 192-201.
- Kutvan, A. & S. A. Kutvan, 2013. Turizm planlamasında destinasyon çekiciliklerinin ölçümü: Bir yöntem yaklaşımı. International Journal of Economics and Administrative Studies 11: 159-184.
- Li, C.-L., 2020. Quality of life: The perspective of urban park recreation in three Asian cities. Journal of Outdoor Recreation and Tourism, 29: 100260. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2019.100260>
- Lindholst, A. C., O. H. Caspersen & C. C. K. van den Bosch, 2015. Methods for mapping recreational and social values in urban green spaces in the Nordic countries and their comparative merits for urban planning. Journal of Outdoor Recreation and Tourism, 12: 71-81. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2015.11.007>
- Liu, P., S.-I. Li & D.-d. Gao, 2021. Construction of optimal development path of tourism management integration planning from the perspective of forest recreation. Fresenius Environmental Bulletin, 30 (4): 3211-3220.
- Meteoblue, 2021. Karacabey'in iklimi. (Web Page: [https://www.meteoblue.com/tr/hava/historyclimate/climatemodelled/karacabey\\_t%c3%bcrkiye\\_744537](https://www.meteoblue.com/tr/hava/historyclimate/climatemodelled/karacabey_t%c3%bcrkiye_744537)) (Data accessed: May 2021).
- Mumcuoğlu, N., 1996. Analysis of Recreation Demand and Planning Principles for Alemdağ Enterprise. Istanbul University, (Unpublished). Master Thesis, Istanbul, 103 pp.
- Nowaczek, A., 2003. Planning for selective use and ecologically compatible forms of outdoor recreation: One means of core area revitalization in the City of Waterloo, Ontario. University of Waterloo, (Unpublished). Master Thesis, Waterloo, 198 pp.
- Osman, U., D Figen, C. E. Guuml; lay, E. Fusun & A. I. Z. Sebahat, 2011. National and regional landscape classification and mapping of Turkey: Konya closed basin, Sugla Lake and its surrounding area. International Journal of Physical Sciences, 6 (3): 550-565. <https://doi:10.5897/IJPS10.687>
- Önaç, A. K., T. Birişçi, H. Gündel, N. Işikel & E. Çalışkan, 2018. Üniversite öğrencilerinin rekreasyonel eğilimleri üzerine bir araştırma. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 55 (1): 1-9. <https://doi.10.20289/zfdergi.390683>
- Özer, E. & F. Çavuşoğlu, 2014. The effect of local events to rural tourism as a recreational activity. International Journal of Science Culture and Sport, 2 (Special Issue 2): 191-202. <https://doi.org/10.14486/IJSCS191>
- Peroff, D. M., G. G. Deason, E. Seekamp & J. Iyengar, 2017. Integrating frameworks for evaluating tourism partnerships: An exploration of success within the life cycle of a collaborative ecotourism development effort. Journal of Outdoor Recreation and Tourism, 17: 100-111. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2016.10.001>
- Polat, S. & S. A. Polat, 2016. Rekreasyonel tabiat parklarının korunan alanlar kapsamında incelenmesi: Mersin İli örneği. Social Sciences, 11 (2): 85-115.

- Romagosa, F., 2018. Physical health in green spaces: Visitors' perceptions and activities in protected areas around Barcelona. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 23: 26-32. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2018.07.002>
- Sarıçam, S. & Ç. C. Hepcan, 2015. Porsuk Çayı Adalar mevkii ve çevresinin rekreasyonel kullanımının belirlenmesine yönelik bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52 (1): 1-11. <https://doi.org/10.20289/euzfd.27328>
- Sibel, S. Ü. & E. Aslan, 2017. Istanca Yıldız Ormanlarının rekreasyon potansiyelinin Gülez Metodu İle değerlendirilmesi. *Kesit Akademi Dergisi*, 9: 83-107.
- Surat, H., 2017. Gülez Yöntemine göre Deriner Baraj Gölü ve yakın çevresi rekreasyonel potansiyelinin değerlendirilmesi ve alan kullanım önerilerinin geliştirilmesi. *KSÜ Journal of Nature Sciences*, 20 (3): 247-257. <https://doi.org/10.18016/ksudobil.289461>
- Tozkoparan, U., Y. Atayeter & O. Yayla, 2020. Altınpınar (Limni) Gölü (Torul/Gümüşhane) ve yakın çevresinin rekreasyon potansiyelinin belirlenmesine yönelik bir yöntem uygulaması. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 25 (44): 61-84. <https://doi.org/10.17295/ataunidcd.746754>
- Tülek, B., 2021. Determination of recreation potential with using Gülez Method in Çankırı Kadınçayırı Natural Park example. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5 (1): 227-234. <https://doi.org/10.46291/ISPECJASvol5iss1pp227-234>
- Uzun, S. & H. Müderrisoğlu, 2010. Kırsal rekreasyon alanlarında kullanıcı memnuniyeti: Bolu Gölçük ormanı dinlenme yeri örneği. *SDU Faculty Forestry Journal*, A (1): 67-82.
- Wanner, A., G. Seier & U. Pröbstl-Haider, 2020. Policies related to sustainable tourism—An assessment and comparison of European policies, frameworks, and plans. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 29: 100275. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2019.100275>
- Yang, J., J. Sun, Q. Ge & X. Li, 2017. Assessing the impacts of urbanization-associated green space on urban land surface temperature: A case study of Dalian, China. *Urban Forestry & Urban Greening*, 22: 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.01.002>
- Yeşil, M. & M. Güzel, 2021. Ordu ili Asarkaya Kent Ormanı ve Yoroç Kent Ormanı ile Çınarsuyu Tabiat Parkı ve Ulugöl Tabiat Parkı'nın rekreasyonel potansiyel yönünden karşılaştırılması. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11 (3): 975-987. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.860626>
- Yılmaz, H., B. Karışah & E. Erdoğan Yüksel, 2009. Gülez yöntemine göre Kafkasör Kent Ormanı'nın rekreasyonel potansiyelinin değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh University Faculty of Forestry Journal*, 10 (1): 53-61.
- Zaizhi, Z., 2000. Landscape changes in a rural area in China. *Landscape and Urban Planning*, 47 (1-2): 33-38. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(99\)00069-9](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(99)00069-9)
- Zhang, H., B. Chen, Z. Sun & Z. Bao, 2013. Landscape perception and recreation needs in urban green space in Fuyang, Hangzhou, China. *Urban Forestry & Urban Greening*, 12 (1): 44-52. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2012.11.001>





## Research Article (Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (1):19-35  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1136651>

Faruk BİNGÖL<sup>1</sup>

Figen ALTINER<sup>2\*</sup>

Abdullah KELKİT<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Harran University, Institute of Social Science, Department of Geography, 63290, Haliliye, Şanlıurfa, Turkey

<sup>2</sup> Balıkesir University, Department of Forestry, Forestry and Forest Products Programme, 10800, Dursunbey, Balıkesir, Turkey

<sup>3</sup> Canakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Architecture and Design, Department of Landscape Architecture, 17020, Merkez, Çanakkale, Turkey

\* Corresponding author (Sorumlu yazar):

[figen.altiner@balikesir.edu.tr](mailto:figen.altiner@balikesir.edu.tr)

**Keywords:** Biomass energy, geographic information systems, landscape planning, renewable energy sources, sustainable planning, weighted overlay analysis

**Anahtar sözcükler:** Biyokütle enerjisi, coğrafi bilgi sistemleri, peyzaj planlama, yenilenebilir enerji kaynakları, sürdürülebilir planlama, weighted overlay analizi

# Analyzing the most eligible site selection for biomass energy facilities through weighted overlay analysis: case of Balıkesir (Turkey) province

Weighted overlay analizi ile biyokütle enerjisi tesisleri için en uygun yer seçimi analizinin yapılması: Balıkesir (Türkiye) ili örneği

Received (Alınış): 27.06.2022

Accepted (Kabul Tarihi): 15.12.2022

## ABSTRACT

**Objective:** This study aims to analyze the eligible site selection for biomass energy facilities in Balıkesir province, which is ranked as one of the important provinces of Turkey from the perspective of agriculture and livestock activities.

**Material and Methods:** Within the framework of the study, the most eligible areas for biomass energy facilities in the province were determined by Weighted Overlay Analysis with the use of Geographic Information Systems.

**Results:** In results of the study, it was revealed that the most eligible areas for biomass energy facilities in the province were the districts of Karesi, Susurluk and Savaştepe, respectively, while the districts of Ayvalık, Edremit and Erdek districts located in the coastal part of the province were not suitable.

**Conclusion:** This study is expected to shed light on all the planning studies undertaken within the scope of the sustainable management of the city and the protection of ecology.

## ÖZ

**Amaç:** Bu çalışmada, Türkiye'nin tarım ve hayvancılık faaliyetleri açısından önemli illeri arasında yer alan Balıkesir ilinde biyokütle enerjisi tesisleri için uygun yer seçimi analizinin yapılması amaçlanmıştır.

**Materyal ve Yöntem:** Çalışma kapsamında, Coğrafi Bilgi Sistemleri'nden faydalanarak Weighted Overlay Analizi (WOA) ile ildeki biyokütle enerji tesisleri için en uygun alanlar belirlenmiştir.

**Araştırma Bulguları:** Çalışma sonucunda ilde biyokütle enerji tesisleri için en uygun alanlar sırasıyla Karesi, Susurluk ve Savaştepe ilçeleri iken, ilin kıyı kesiminde yer alan Ayvalık, Edremit ve Erdek ilçelerinin ise uygun olmadığı ortaya çıkmıştır.

**Sonuç:** Yapılan bu çalışmanın kentin sürdürülebilir alan yönetiminde ve ekolojinin korunması kapsamında yürütülen tüm planlama çalışmalarına ışık tutması öngörülmektedir.



## INTRODUCTION

Throughout history, energy has been and remains an important concept in connection with science, human life, technology, industry, ecology and all ecosystem components. The effects of urbanization, industrialization, overpopulation, expansion of transportation networks and development of technology have led to an increase in energy needs (Seik, 1997; Buntaine & Pizer, 2015; Özcan et al., 2017; Akyıldız, 2020). “The International Energy Agency (IEA) estimates that developed countries will account for 93% of the increase in energy demand between 2010 and 2035, and the cost of this will amount to \$30 trillion” (Özcan et al., 2017).

Available energy resources on a global scale are classified by considering the criteria of exhaustibility or renewability at the end of use. Coal, oil, natural gas and fossil fuels are among the non-renewable energy sources; on the other hand, solar, wind, geothermal, hydraulic, biomass, wave and hydrogen energy are classified as renewable energy sources (Anonymous, 2007; Panwar et al., 2011; Kaya, 2014; Owusu & Asumadu, 2016). The use of fossil fuels increases the importance of renewable energy sources in many countries due to the depletion of fossil fuel reserves all over the world, as well as leading to important negativities such as irreversible environmental problems, foreign-source dependency on fuel and increased import expenses. In addition, the damages to the ecosystem are much lower compared to non-renewable energy sources (Hager, 1992; Anonymous, 2014, Masnadi et al., 2015; Tokar, 2015; Anonymous, 2016a; Burke & Stephens, 2018; Doğan & Uludağ, 2018; Karcı & Birişçi, 2020).

Biomass energy is among the important renewable energy sources in minimizing the damages to the ecosystem, preserving the ecology and ensuring sustainability at the stage of meeting the increasing energy needs on a global scale. Since plant growing will last as long as the sun exists, biomass is an inexhaustible energy source. It is considered as an appropriate and important energy source as it can be grown everywhere and helps socio-economic developments, especially for rural areas. The energy generated from biomass is called biomass energy. It is possible to discuss biomass energy in two groups including conventional and modern. The first consists of fuel wood obtained from conventional forests and plant and animal wastes used as fuel, and the second, that is, modern biomass energy, is described as energy forestry and forest-tree industry wastes, vegetable wastes in the agricultural sector, urban wastes, and agro-industrial wastes. Bioenergy is a general term comprising solid, liquid and gaseous fuels of biological origin. Energy in the form of heat and power (i.e. electricity), which can be transported or used stationary, can be named bioenergy (Toklu, 2017).

The use rates of biomass energy among total renewable energy sources are 96% in Africa, 65% in Asia, 59% in Europe and 59% in America. While the rate of biomass in renewable energy sources was 80.4% in 1990 around the world, this rate decreased to 78% in 2000 and to 67.5% in 2018 (Kaygusuz, 2020). Although the use rates of biomass energy have decreased over the years, it still holds a large share in the total renewable energy supply (Kumar et al., 2015; Anonymous, 2019a; İrfan et al., 2020).

In Turkey, the biomass waste potential is estimated to be approximately 8.6 MTEP and the biogas reserve that can be generated is estimated to be approximately 1.5-2 MTEP (Emeksiz & Fındık, 2021; Anonymous, 2021a). From the perspective of biomass production, Turkey has a very large raw material in terms of biomass energy due to water resources, availability of agricultural area, climatic conditions and favorable sun (İlleez, 2020; Emeksiz & Fındık, 2021). Table 1 shows the amounts of biomass energy generation in Turkey between 1995-2020.

**Table 1.** Biomass energy generation in Turkey between 1995-2020 (Anonymous, 2021a)

**Çizelge 1.** Türkiye’de 1995-2020 yılları arası biyokütle enerji üretimi (Anonymous, 2021a)

Years	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Biomass energy production (GWh)	222	174	44	346	1263	3283

The subject of this study is to conduct eligible site selection analysis for biomass energy facilities in Balıkesir province, which is located within the borders of Turkey. In this context, we tried to determine the most eligible site for biomass energy facilities with Weighted Overlay Analysis (WOA) by using Geographic Information Systems.

An important step in proper site selection analysis is to identify the weight of each criterion influencing the eligibility. The fact that the factors influencing the eligibility have different levels of importance and that various and multiple criteria exist complicates the eligibility analysis (Saaty, 1980; Zhang et al., 2015; Karabacak, 2021).

Weighted Overlay tool is one of the methods of modeling eligibility. A new layer is obtained by weighting more than one raster layer according to each layer and within their own structure, and then overlapping them. This layer includes areas that meet and do not meet the criteria determined as a result of the assessment. The weighted overlay tool allows to apply several steps in the overall site selection analysis process within a single tool (Anonymous, 2016b; Rahman et al., 2021).

## MATERIALS and METHODS

Balıkesir province, which has significant biomass energy potential in Turkey, was selected as the study area. Balıkesir province, geographically, the province is located between 39.20°- 40.30° North parallel and 26.30°- 28.30° East meridians in the western part of Turkey. The total population of the city is 1.226.575 and the total labor force consists of 837.517 people (Anonymous, 2021b). Figure 1 shows the map of the study area (Balıkesir province).

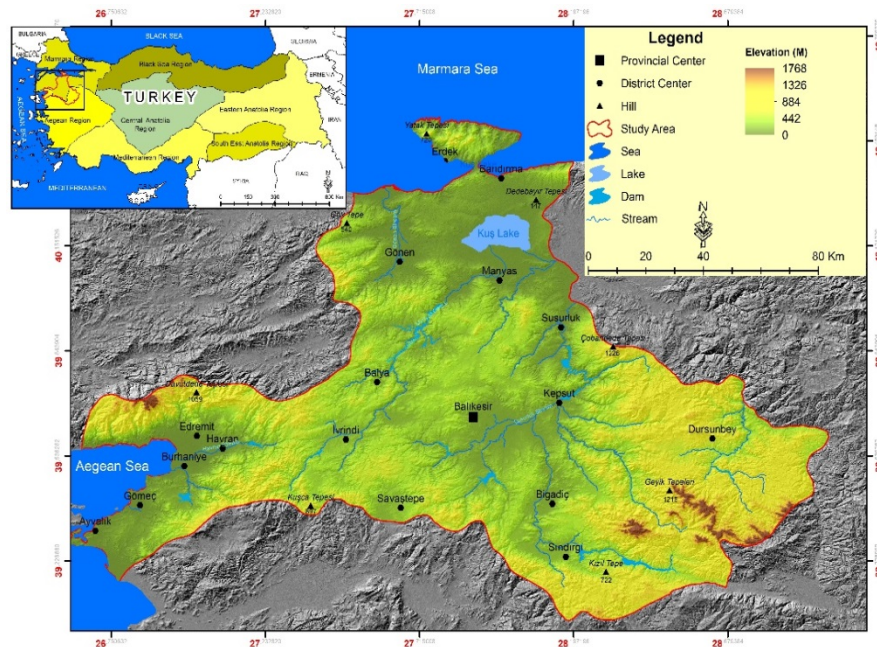


Figure 1. Location map of Balıkesir province.

Şekil 1. Balıkesir ili lokasyon haritası.

Balıkesir has a semi-arid climate, cool in winters and warm in summers. The annual average temperature is 14.3°C. Balıkesir, which consists of 20 districts in total, has a coastal length of 290.5 km. Total surface area (including lakes) is 1,447.300 ha (hectares) and of these areas, 393.886 8 (ha) is used as agricultural land, 81.877 (ha) is used as meadow-pasture area, 649.115 (ha) is forest area and 322.422 (ha) is used as non-agricultural land (Anonymous, 2019b).

Balıkesir is an agricultural city thanks to its geographical structure and climatic conditions. Balıkesir, where fertile agricultural lands are widely available, has the opportunity to easily market the agricultural products thanks to its strategic position. When examining the distribution of investments, it is observed that the dominant sector in terms of economic size is agriculture and animal husbandry with 64%. Balıkesir, located in the Marmara Region where industrialization is very intense, hosts a significant part of intensive (industrial) milk and breeding enterprises (Kocabey, 2019). Table 2 depicts the assets of poultry, bovine and ovine animals in Balıkesir province in 2020.

**Table 2.** Assets of poultry, bovine and ovine animals in Balıkesir province in 2020 (Anonymus, 2021c)

**Çizelge 2.** Balıkesir iline ait 2020 yılı kümes, büyükbaş ve küçükbaş hayvan varlığı (Anonymus, 2021c)

Poultry		Bovine			Ovine	
broiler	chicken	turkey	cattle	water buffalo	sheep	goat
25.761.143	6.573.494	152.698	536.855	6.369	1.112.323	171.635

Balıkesir has a very rich potential in terms of animal, plant, forest products and wastes as well as industrial waste potential required for biomass energy generation. Plants such as wheat, paddy, maize, barley, rye, cotton, sugar beet, which have high calorie capacity in biomass energy investments, are among the field crops grown in Balıkesir province. Table 3 displays the important field crops grown in Balıkesir province for biomass generation in 2020.

**Table 3.** Important field crops grown in Balıkesir province for biomass generation in 2020 (Anonymus, 2021c)

**Çizelge 3.** Balıkesir ilinde yetişen ve 2020 yılına ait biyogaz üretimi için önemli tarla bitkileri (Anonymus, 2021c)

Field crops	Planted area (decare)	Production (ton)
Maize	304.168	1.522.866
Wheat	1.111.435	271.595
Paddy	152.920	118.620
Barley	128.027	39.248
Rye	86.143	27.752
Cotton	2.101	939
Sugar beet	2.375	13.000

It is quite important to build the facilities in appropriate sites in order to generate and maintain biomass energy, distribute the energy generated, and dispose of the waste without harming the environment (Woo et al., 2018; İrfan et al., 2020; Wang et al., 2020). In this study, eligible site selection analyzes were carried out for biomass energy facilities in Balıkesir province located within the borders of Turkey. We tried to determine the most eligible site for biomass energy plants with Weighted Overlay Analysis (WOA) by using Geographic Information Systems.

Although there are no definite rules on the appropriate site selection for biomass power plants, physical and human criteria can be formed by the decision maker upon the consideration of the activity efficiency and environmental effects.

Examining the researches on the selection of suitable sites for biomass power plants within the scope of the method of the study is one of the important steps for the researchers to decide on the parameters specific to the study areas. Ma et al. (2005) have determined the appropriate location for the biogas plant that is planned to be established in New York City in order to evaluate the animal wastes in the farms and turn them into energy. They carried out their analyzes on 11 parameters. These parameters; wetlands and lakes, critical environment areas, streams, airports, flood plain, slope gradient, roads, transmission lines, natural gas pipelines, power plants and substations, residential areas. Sultana & Kumar (2012) have carried out a study on the selection of suitable sites for biomass plants. The main parameters they determined within the scope of their studies; rural and urban areas, industrial and mining zones, airport and heliport, park and recreational areas, rivers, lakes and other waterbodies, wetlands, environmentally sensitive areas, roads, power plant and substation, transmission line, natural gas and oil pipelines, land surface gradient. Silva et al. (2014)

conducted a study to identify the most suitable sites for the placement of biogas plants using milk manure as a raw material, especially in the Entre-Douro-e-Minho Region in Portugal. The parameters determined within the scope of the study; national ecological reserves (NER) and protected areas, hydrographic network, roads and railway, slope, urban, industrial and commercial and infrastructure, built-up areas, electricity grid. Venier & Yabar (2017) were determined the potential areas for the selection of suitable sites for biogas plants by utilizing Geographical Information Systems in Buenos Aires, Argentina. In the selection of the appropriate location for the biogas plant, certain main parameters were determined at the point of environmental sensitivity and they carried out their analyzes on these parameters. The determined parameters are; urban areas, water bodies, transport stations, green, protected and inadequate areas. Table 4 shows the parameters and buffer zones used in site analyzes suitable for biomass energy plant in similar studies.

**Table 4.** Parameters and buffer zones used in site analysis for biomass energy plant in similar studies

**Çizelge 4.** Benzer çalışmalarda biyokütle enerji tesisi için uygun yer analizlerinde kullanılan parametreler ve buffer zonları

Determined parameters	Buffer zones	References
Wetlands and lakes	Outside 100 m buffer	
Critical environment areas	Outside 500 m buffer	
Streams	Outside 100 m buffer	
Airports	Outside 500 m buffer	
Flood plain	Sites falling within 100-year flood plains are avoided	
Slope gradient	Areas with slopes larger than 15% are avoided	Ma et al. 2005
Roads	Outside 30 m buffer	
Transmission lines	Outside 200 m buffer	
Natural gas pipelines	Outside 100 m buffer	
Power plants and substations	Outside 200 m buffer	
Residential areas	A distance of 2000 m from high-density residential areas or urban residences A distance of 1000 m from medium-density residential areas	
Rural and urban areas	A distance of 1 km from residential and urban areas	
Industrial and mining zones	Outside 1 km buffer	
Airport and heliport	Outside 1 km buffer	
Park and recreational areas	Outside 500 m buffer	
Rivers, lakes and other waterbodies	Outside 200 m buffer	
Wetlands	Outside 200 m buffer	
Environmentally sensitive areas (flood plains, conservation areas, habitat sites)	Outside 500 m buffer	Sultana & Kumar, 2012
Roads	Outside 30 m buffer	
Power plant and substation	Outside 100 m buffer	
Transmission line	Outside 100 m buffer	
Natural gas and oil pipelines	Outside 100 m buffer	
Land surface gradient	Areas with slopes larger than 15% are avoided	
National ecological reserves (NER) and Protected Areas	Areas classified as NER 2000 m are excluded from the analysis.	
Hydrographic network	Outside 150 m buffer	
Roads and railway	Outside 70 m buffer	
Slopes		Silva et al. 2014
Urban, industrial and commercial and infrastructure	Outside 200 m buffer	
Built-up areas	To exclude buildings	
Electricity grid	Outside 200 m (high voltage line)	
Minimum area	It must have an area of at least 1 ha for implementation of a biogas plant	
Adequate shape	Exclude polygons that verify the following condition	
Urban areas	Outside 1 km buffer	
Water bodies	Outside 200 m buffer	
Transport stations	Outside 500 m buffer	Venier & Yabar 2017
Green, protected and inadequate areas	Outside 200 m buffer	

In this study, the parameters of proximity to raw materials, fault lines, main roads, villages, rivers, sea, lakes and dams, land use and slope were identified and an eligible site analysis was carried out for the biomass energy facilities, which are planned to be built in Balıkesir province, by making use of the literature on the selection of the eligible sites. The significance levels of each parameter within the scope of the study were determined by the decision makers by referring to the literature studies. Figure 2 demonstrates the flow chart of the study method.

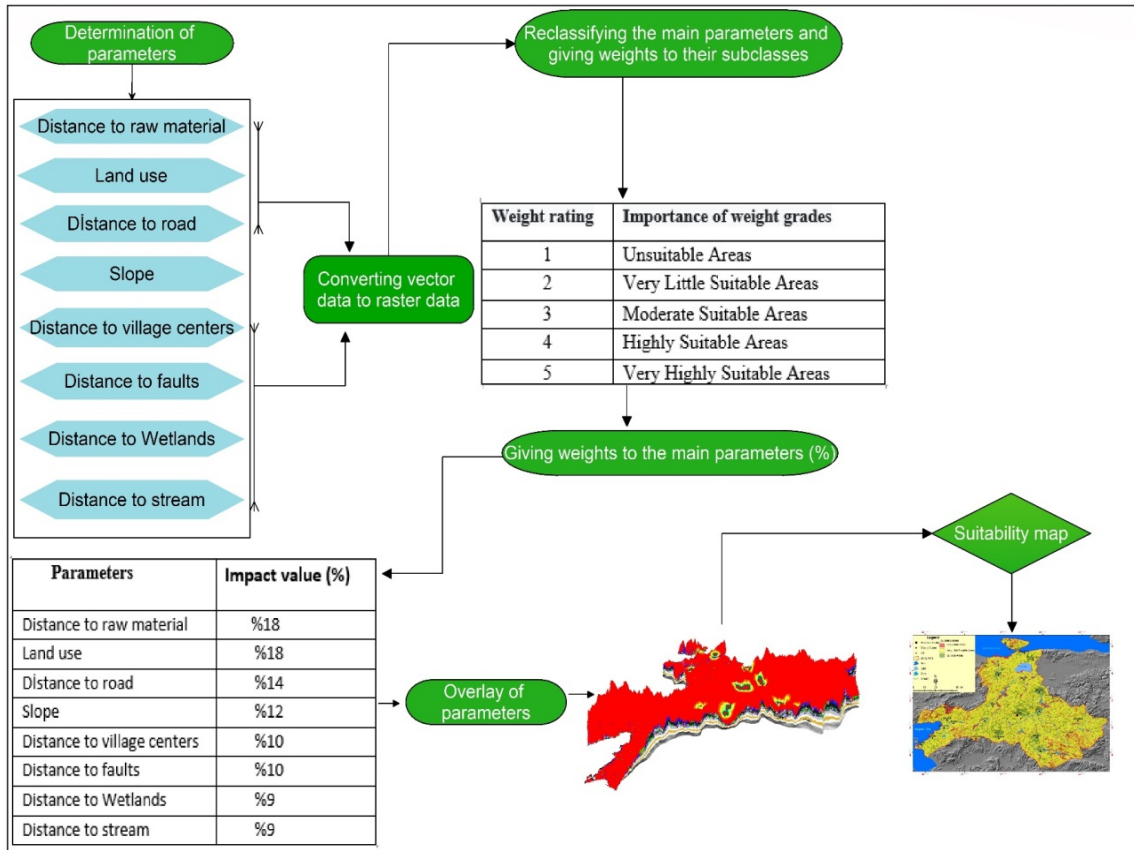


Figure 2. Flow chart of the study method.

Şekil 2. Yöntem akış şeması.

As part of the study, raw material data acquired from Balıkesir Directorate of Provincial Agriculture and Forestry and prepared with the assistance of the Google Earth software were mapped in ArcGIS 10.3 platform. Fault line information taken from Balıkesir Mineral Research and Exploration Institute Directorate was used in the preparation of fault line map in ArcGIS 10.3 platform. The land use map, on the other hand, was prepared by classifying with remote sensing techniques using the Coordination of Information on the Environment (CORINE) land cover. High-resolution Dem data of Balıkesir province generated from USGS Earthexplorer program was converted into slope index map with ArcGIS software. Moreover, Google Earth and Geographic Information Systems were also used to build proximity maps to main roads, villages, streams, seas, lakes and dams. These obtained data were then re-weighted to the sub-parameters of the parameters using the reclassify toolbar in ArcGIS 10.3 platform. These parameters, which are subject to reassessment within their own structure, are then rated through the scale of importance with values ranging from 1 to 5. Table 5 shows the parameters determined for the eligible biomass plant in Balıkesir province and the main and sub-parameter weight ratings.

**Table 5.** Parameters determined for the eligible biomass plant, main and sub-parameter weight ratings**Çizelge 5.** Uygun biyogaz tesisi için belirlenen parametreler, ana ve alt parametre ağırlık dereceleri

Parameters	Sub-parameter weight ratings	Main parameter weight ratings (%)
<b>Raw material</b>		
1000	5	18%
2000	4	
3000	3	
4000	2	
5000	1	
5000 < +		
<b>Land uses</b>		
swamp	1	18%
vineyards and orchards	2	
low density vegetation	4	
mixed agricultural land	3	
dry farmland	2	
forests	1	
on the water surface	1	
irrigated agricultural field	2	
settlement area	1	
meadows and pastures	5	
<b>Road proximity (m)</b>		
250	5	14%
500	4	
750	3	
1000	2	
1000 < +	1	
<b>Slope</b>		
0-5.3	5	12%
5.3- 10.9	4	
10.9-17.1	3	
17.1-24.8	2	
24.8 < +	1	
<b>Proximity to villages (m)</b>		
1000	1	10%
2000	5	
3000	4	
4000	3	
5000	1	
<b>Fault line proximity (m)</b>		
500	1	10%
1000	2	
1500	3	
2000	4	
2000 < +	5	
<b>River proximity (m)</b>		
250	1	9%
500	2	
750	3	
1000	4	
1000 and above	5	
<b>Proximity to sea, lakes and dams (m)</b>		
500	1	9%
1000	2	
1500	3	
2000	4	
2000 < +	5	

In the study, the necessity of analyzing many layers with different weight ratings at the same time was created thanks to the weighted overlay tool included in GIS. Through the rating system in the weighted overlay, it can be understood that the least eligibility criteria are met in the areas where the lowest rating is given and the highest eligibility criteria are met in the areas where the highest ratings are given.

## RESULTS and DISCUSSION

### Specified parameters for biomass energy facilities

#### Raw material proximity

All naturally occurring animal and plant-derived materials containing carbohydrate compounds as the main component are included in the scope of biomass raw material (Kapluhan, 2014). The amount and type of animal and plant raw materials used for the production of biomass energy is an important criterion for the biomass energy plant. Easy access to raw materials will minimize the energy spent during the transportation of raw materials and prevent various environmental and economic problems (Akther et al., 2019). In addition to its high agricultural potential, Balıkesir province is among the top 5 provinces in Turkey in terms of the number of all animal species and the production of animal products (Kocabay, 2019). Animal and vegetable raw material data obtained from Balıkesir Directorate of Provincial Agriculture and Forestry and prepared by supporting with Google Earth program are among the main criteria determined for the appropriate biomass energy plant.

For the raw material proximity map, the locations of the hen, turkey, sheep and cattle farms, where the animal wastes used in biomass energy generation in Balıkesir were obtained, were identified on the map and buffer zones were determined at 1000 m intervals upon performing buffer analysis. This process was also carried out for the fields of maize silage, barley, wheat, paddy, rye, cotton sugar beet grown in Balıkesir (Figure 3).

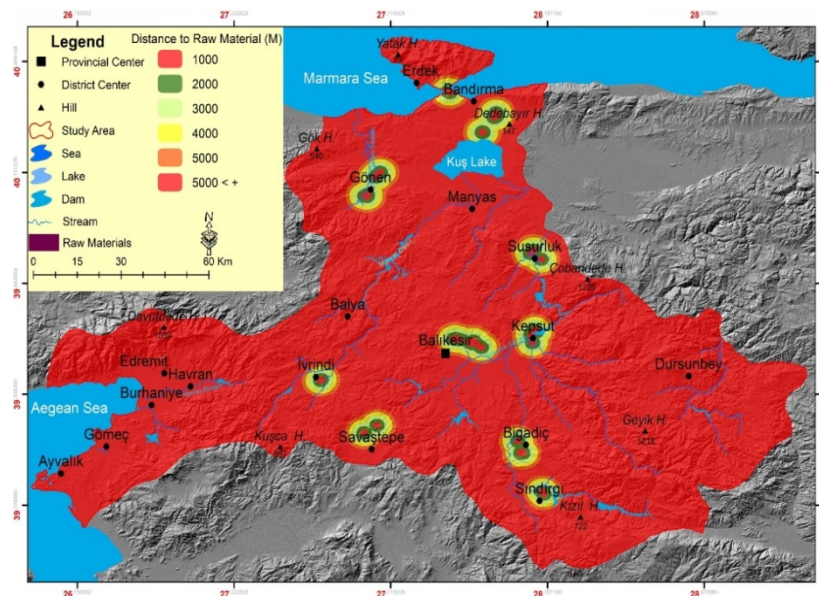


Figure 3. Raw material proximity map.

Şekil 3. Hammaddeye yakınlık haritası.

#### Land use

Land use map is one of the most important maps in the implementation of any site selection project. In the appropriate location analysis for the biomass energy plant, it is necessary to determine the land use classes in order to protect human health, not damage the cultural, natural, and near natural areas that need to be protected, and not deteriorate the soil structure suitable for agriculture, and to make a selection in a way that does not damage these areas. In addition, the fact that the facility to be constructed is away from the protected areas is also important in terms of sustainable area management (Khademalhosseiny et al., 2017).

The purpose of preparing the land use map is to identify the most eligible areas not posing a threat to the environment by designating the areas that need to be protected. 8 groups were determined in the classification of land uses. These groups include, vineyards and orchards, low-density vegetation, irrigated agricultural land, mixed farming land, dry agricultural land, forests, water surfaces, settlements, meadow and pasture lands (Figure 4).

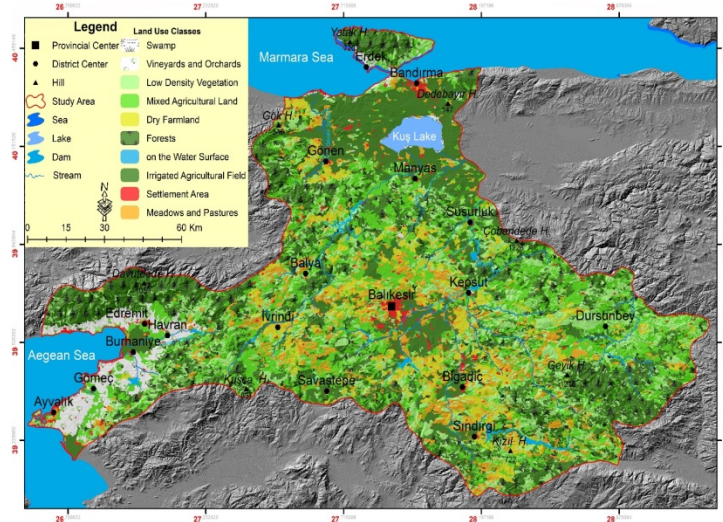


Figure 4. Land use map of Balıkesir province.

Şekil 4. Balıkesir ilinin arazi kullanım haritası.

### Road proximity

One of the appropriate site selection criteria for biomass energy plants is proximity to main roads. From an economic point of view, it is very important for biomass power plants that the raw material can easily access the plants. At the same time, it is recommended to use old roads instead of making new roads to get rid of high construction costs (Nas et al., 2010).

For this reason, buffer analysis was performed on the main and by-roads of Balıkesir province and buffer zones were determined at 250 m intervals (Figure 5).

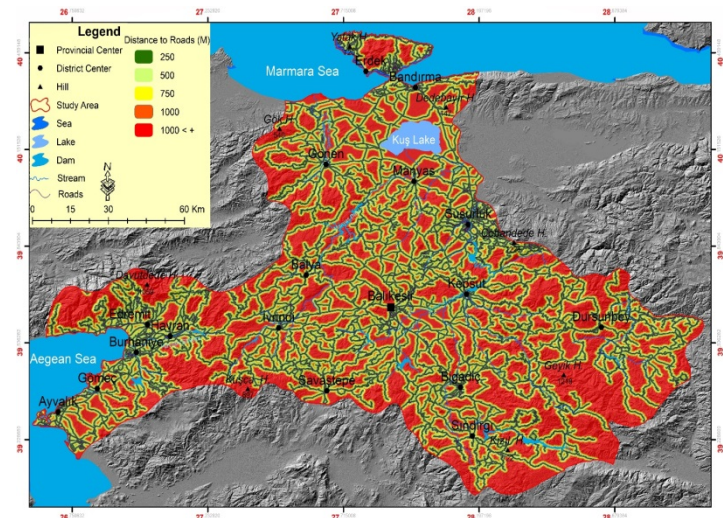


Figure 5. Road proximity map.

Şekil 5. Yola yakınlık haritası.



## Slope

In the light of the interviews conducted with the officials of biomass power plants within the borders of Balıkesir province, it is revealed that the lands with high a degree of slope are not eligible for biomass power plants. It is predicted that the lands with high a degree of slope will endanger the operation and safety of the facilities in case of natural disasters that may occur, and that the pits and channels built for wastes will cause serious problems in such lands. According to the slope map prepared, slope grades of 0-5.3, 5.3-10.9, 10.9-17.1, 17.1-24.8, 24.8 and above were determined (Figure 6).

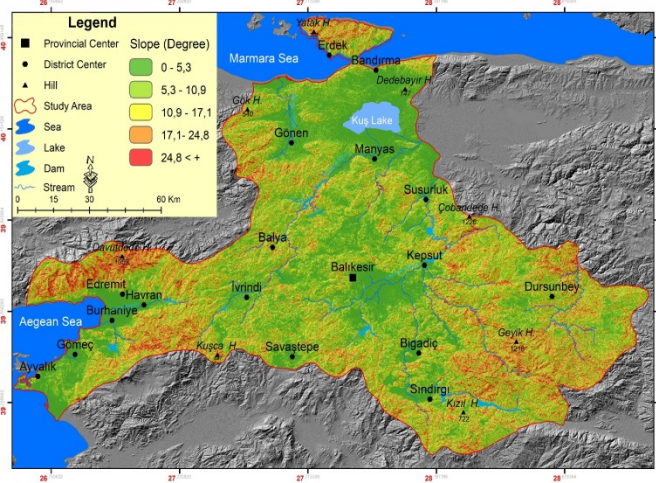


Figure 6. Slope map of Balıkesir province.

Şekil 6. Balıkesir ilinin eğim haritası.

## Proximity to villages

The livelihood of the people living in the villages in Balıkesir is mostly based on agriculture and livestock. During the interviews with the facilities, it was indicated that the transportation of plant and animal wastes to the facilities was undertaken by the villagers or the facilities depending on the waste amount. Although the establishment of the facilities in the lands close to the villages is eligible in terms of the logistics of the raw material, there may be problems in terms of environmental awareness. Therefore, buffer analysis was performed by determining a distance of at least 250 m to the village centers (Figure 7).

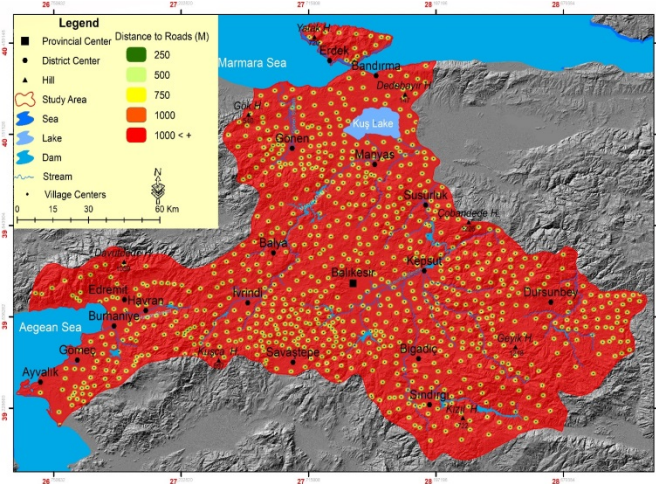


Figure 7. Map of proximity villages.

Şekil 7. Köylere yakınlık haritası.

### Fault line proximity

Biogas mainly contains CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub>, small amounts of H<sub>2</sub>S and NH<sub>3</sub>, as well as trace amounts of H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO, O<sub>2</sub>, aromatics, halogenated compounds (chlorides, fluorides, etc.) and silicones. It contains many chemical components in the first production of biogas. These components include 60%-70% methane (CH<sub>4</sub>), 30%-40% carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), 1%-2% nitrogen (N<sub>2</sub>), ammonia (NH<sub>3</sub>) and hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S) with hydrogen (H<sub>2</sub>) depending on the sulfur concentration in the wastewater (Deviren et al., 2017). In the event of a possible disaster and neglect in biomass power plants, it is expected that methane gas in its content may pose serious hazards in the event of contact with oxygen (Juntarawijit, 2013; Anonymous, 2016c). If the biomass power plants are established in a land away from fault lines, this will reduce the possibility of being affected by a possible earthquake disaster. It is foreseen that the further the facilities to be constructed are from the fault lines, the safer they will be in terms of earthquake risk. For this reason, buffer analysis was performed for the map of proximity to the fault lines and zones were determined at 500 m intervals (Figure 8).

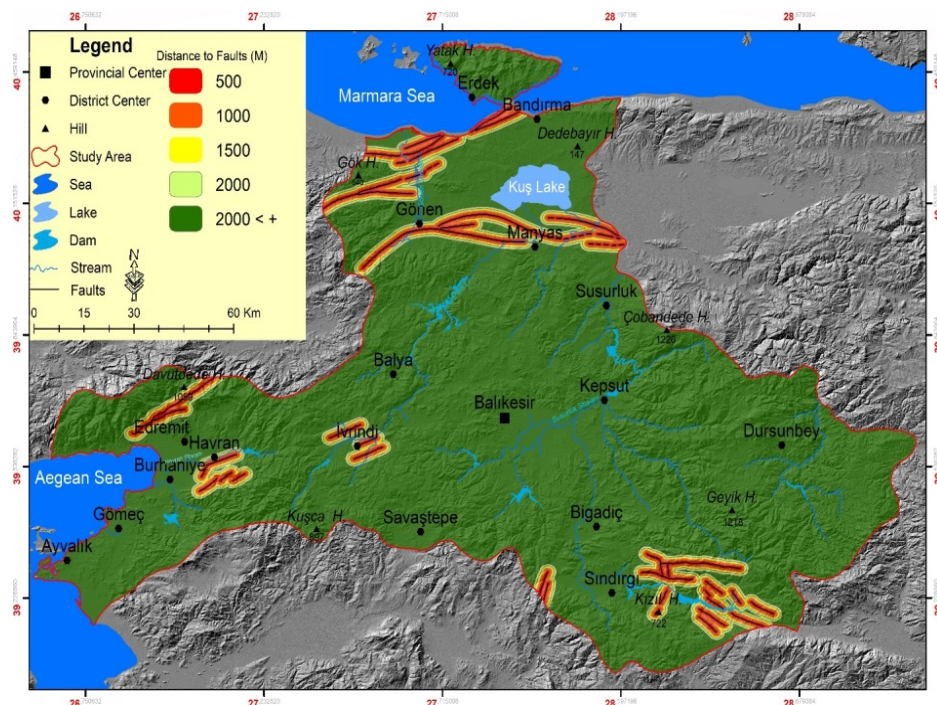


Figure 8. Map of proximity to fault lines.

Şekil 8. Fay hatlarına yakınlık haritası.

### River proximity

The construction of biomass power plants at a distance from the river heads is quite important for the existing rivers in the province. Rivers in the immediate vicinity should not be adversely affected by biomass power plants. In addition, the facility should not be affected by floods and inundations that may occur in extreme rainfall (Akther et al., 2017). Akther et al. (2017) determined the proximity to the river between 0-500 m for the biogas plant that was planned to be established in their study. They emphasized that the reason they determined in this range was that there were not enough streams to be affected around the study areas. Balıkesir is highly rich in terms of the number of rivers. As can be seen in Figure 9, buffer analysis was performed on the rivers in the province and buffer zones were determined at 250 m intervals.

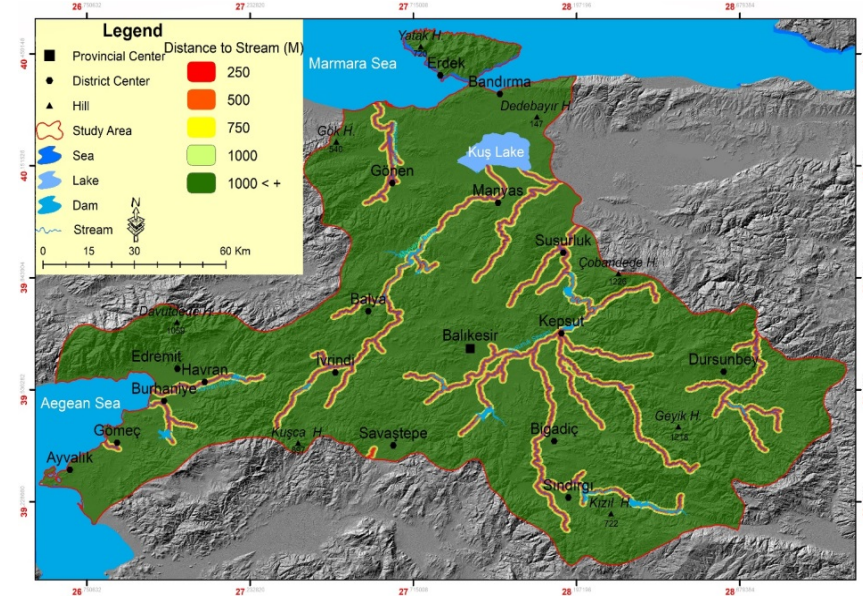


Figure 9. River proximity map.

Şekil 9. Akarsuya yakınlık haritası.

### Proximity to sea, lakes and dams

The fact that biomass power plants are constructed far from the sea, lakes and dams as well as river heads is important for water surfaces and aquatic organisms. As seen in Figure 10 below, buffer analysis was performed on sea, lakes and dams in the province and buffer zones were determined at 500 m intervals. Lake Manyas Bird Paradise National Park in Balıkesir province is of great ecological importance. buffer zone range was started from 500 m with the effort of preventing settlements in the close vicinity of both the sea shores and Manyas Bird Paradise National Park.

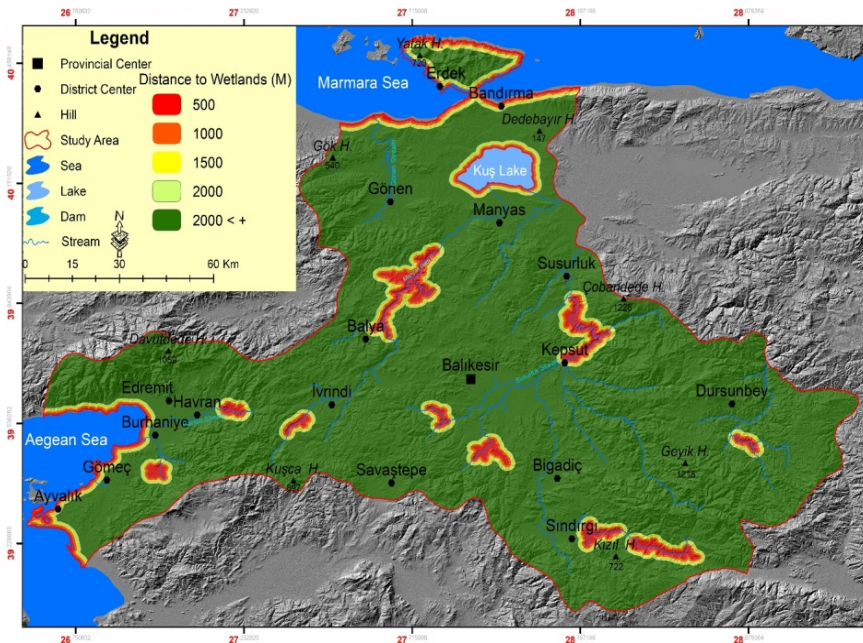
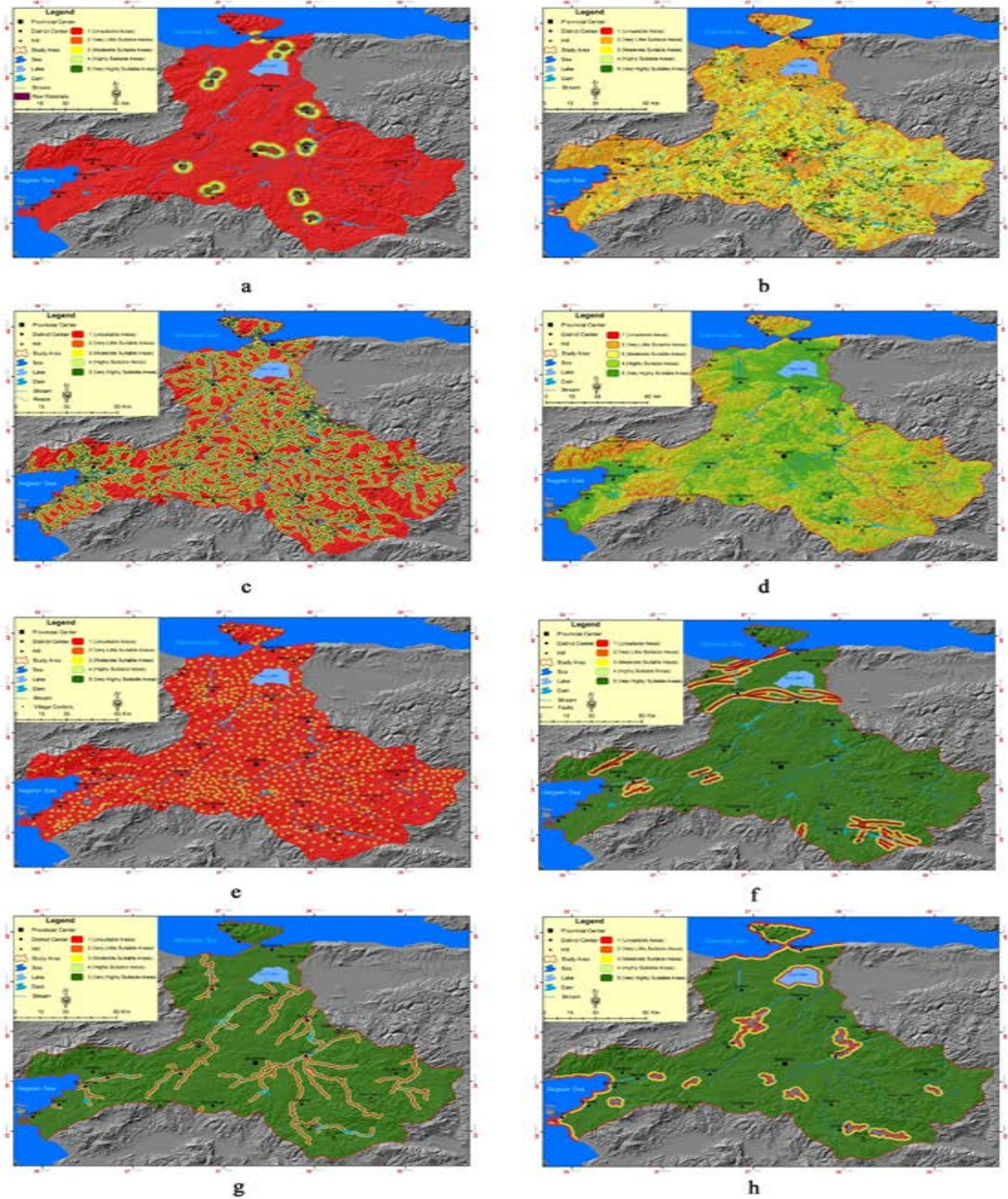


Figure 10. Map of proximity to sea, lake and dam.

Şekil 10. Deniz, göl ve baraj yakınlık haritası.

### Determination of eligible areas for biomass energy facilities

The parameters identified in order to determine the most eligible biomass energy plant sites in Balıkesir province were rated between 1 and 5 and the eligibility maps of each parameter were prepared using the weighted overlay tool through GIS (Figure 11).



**Figure 11.** Raw material eligibility map b) land use eligibility map c) road proximity eligibility map d) slope eligibility map e) village proximity eligibility map f) fault line eligibility map g) river eligibility map h) sea, lake and dam eligibility map.

**Şekil 11.** a) Hammadde uygunluk haritası b) arazi kullanım uygunluk haritası c) yola yakınlık uygunluk haritası d) eğim uygunluk haritası e) köylere yakınlık uygunluk haritası f) fay hattı uygunluk haritası g) akarsu uygunluk haritası h) deniz, göl ve baraj uygunluk haritası.

As a result of overlaying the eligibility maps acquired according to the main and sub parameters, the eligible biomass plant map of Balıkesir province was revealed (Figure 12).

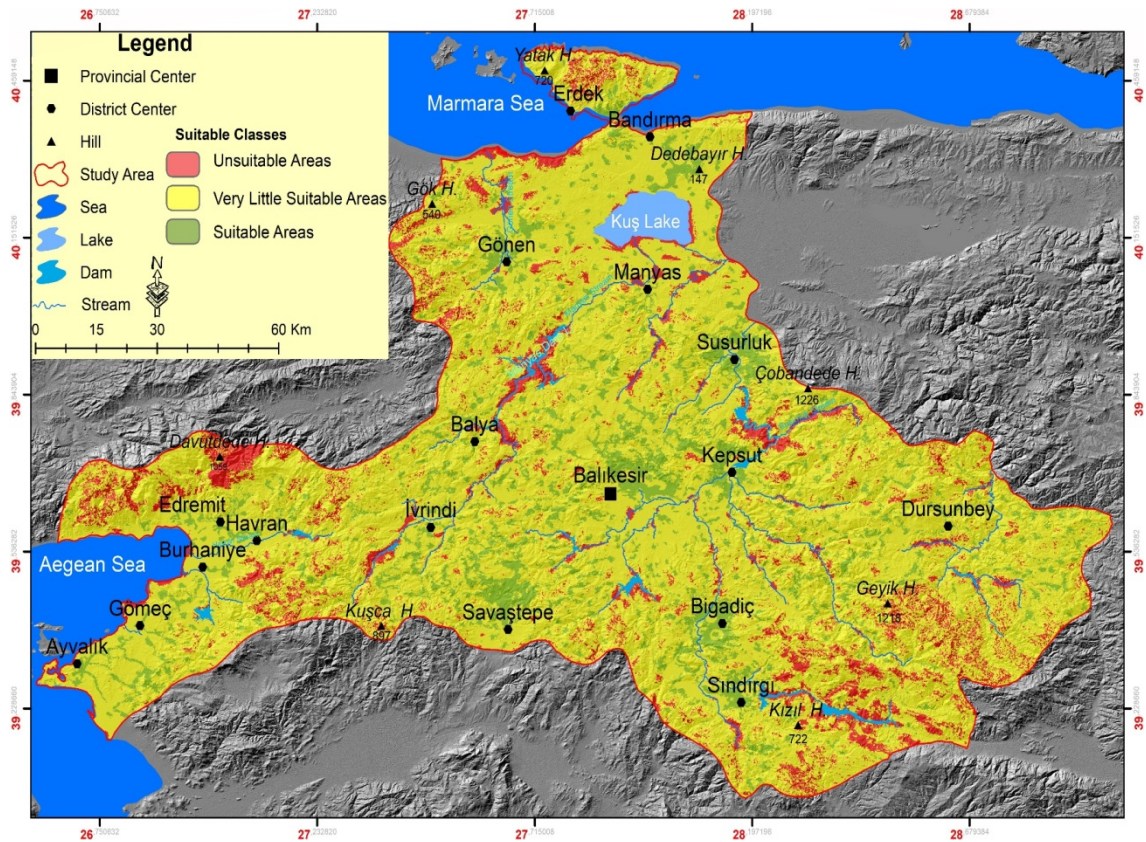


Figure 12. The resulting map of the eligible biomass plants in Balıkesir province.

Şekil 12. Balıkesir iline ait uygun biyogaz tesisi sonuç haritası.

When the resulting map acquired as a result of the study is analyzed, the most eligible areas for biomass facilities are found as Karesi, Susurluk, Savaştepe, Bigadiç, Kepsut, Bandırma, Gönen and Sındırgı districts, respectively. In addition, when the amount of suitable areas for biomass energy facilities within the provincial borders of Balıkesir is calculated, it has been revealed that a total area of 1703.92 km<sup>2</sup> is suitable for these facilities (Table 5).

Table 5. Calculation of areas of suitable classes for biomass energy facilities

Çizelge 5. Biyokütle enerji tesisleri için uygun sınıflardaki alanların hesaplanması

Suitable classes	Area (Kilometers)	Percentage (%)
Unsuitable Areas	1599.6	11.2 %
Very Little Suitable Areas	11008.347413	76.9 %
Suitable Areas	1703.92	11.9 %
Total	14311.9	100 %

## CONCLUSION

Given the scientific studies conducted, there is a dominant notion that benefiting from bioenergy efficiently will make a significant contribution to energy demand on the global scale. Also, it may be possible for biomass energy to prevent the damages that may be caused in the ecological structure by

reducing greenhouse gas emissions, contrary to non-renewable energy sources. In addition to all these notions, factors such as supporting rural development efforts and providing economic opportunities to local people in areas, where biomass energy is available, are among the positive features of biomass energy. Balıkesir ranks among the important provinces of Turkey from the perspective of agricultural and livestock production capacity. The fertile soil potential, the presence of animal farms in rural areas and many other regions of the city and the interest of the local people in livestock production are the factors that enhance the biomass energy potential in Balıkesir.

In this study, we tried to determine the most eligible site for biomass energy facilities with Weighted Overlay Analysis (WOA) by using Geographic Information Systems in Balıkesir. In conclusion of the study; Karesi, Susurluk and Savaştepe districts were identified as the most eligible areas in the province, respectively. In addition, it was also determined that there are eligible areas for biomass energy facilities in the districts of Bigadiç, Kepsut, Bandırma, Gönen and Sındırgı. However, it is understood that Ayvalık, Edremit and Erdek districts located in the coastal part of the province are not eligible for biomass energy facilities. The reason for this situation is that Ayvalık, Edremit and Erdek districts are located on the seashore, that the tourism sector stands out more compared to agriculture and animal husbandry in the economic structure of these districts, and that there are many areas that need to be conserved in terms of natural and cultural aspects. It was also revealed that especially the areas of Mount Kaz National Park, which is located in Edremit district and is of great importance not only for Balıkesir province but also for Turkey, are ineligible for the establishment biomass energy facilities.

Consideration of the studies conducted on the eligible site selection for the construction of biomass energy facilities will gain significant benefits especially to those who generate and utilize this energy. These benefits are as follows:

- Minimizing the possible damages that biomass energy will cause to nature during the generation phases,
  - Gaining maximum benefit from biomass energy,
  - Ensuring the economic and environmental sustainability of the facilities,
  - Prevention of possible damage to all areas that are conserved and need conservation in the provinces and districts where the facilities are established,
  - Preventing the facilities from being damaged by possible disasters and not causing any harm to the environment after the disaster
- Protecting urban and rural ecosystems and meeting the energy demand in these systems.

## REFERENCES

- Akther, A., T. Ahamed, R. Noguchi, T. Genkawa & T. Takigawa, 2019. Site suitability analysis of biogas digester plant for municipal waste using GIS and multi-criteria analysis. *Asia-Pacific Journal of Regional Science*, 3(1): 61-93. <https://doi:10.1007/s41685-018-0084-2>.
- Akyıldız, N.A., 2020. Evaluation of sustainable traditional buildings in the context of energy efficiency and conservation. *International Journal of Research- Granthaalayah*, 8 (4): 200-215. <https://doi.org/1029121/granthaalayah.v8.i4.2020.26>.
- Anonymous, 2007. International Energy Agency. (Web page: <https://www.iea.org/publications/freepublications/>) (Date accessed: April, 2022).
- Anonymous, 2014. Climate Change 2014 Synthesis Report. (Web page: <https://www.ipcc.ch/data/>) (Date accessed: July, 2021).

- Anonymous, 2016a. OECD green growth studies. (Web page: [https://www.oecd-ilibrary.org/environment/oecd-green-growthstudies\\_22229523](https://www.oecd-ilibrary.org/environment/oecd-green-growthstudies_22229523)) (Date accessed: April, 2022).
- Anonymous, 2016b. How weighted overlay works. (Web page: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.4/tools/spatial-analyst-toolbox/how-weighted-overlay-works.htm>) (Date accessed: May, 2021).
- Anonymous, 2016c. Healthy energy position paper. (Web page: [https://www.env-health.org/IMG/pdf/231118\\_final\\_heal\\_healthy\\_energy\\_position\\_paper](https://www.env-health.org/IMG/pdf/231118_final_heal_healthy_energy_position_paper)) (Date accessed: May, 2022).
- Anonymous, 2019a. World Bioenergy association. global bioenergy statistics. (Web page: <http://www.worldbioenergy.org/uploads/191129%20WBA%20GBS%2020>) (Date accessed: July, 2021).
- Anonymous, 2019b. Activity report, 2019. (Web page: <https://balikesir.tarimorman.gov.tr/Sayfalar/EN/AnaSayfa.aspx>) (Date accessed: March, 2022).
- Anonymous, 2021a. Information center-energy-biomass. (Web page: <https://www.enerji.gov.tr/>) (Date accessed: May, 2022).
- Anonymous, 2021b. Turkey Statistical Institute. (Web page: <https://www.tuik.gov.tr/>) (Date accessed: May, 2021).
- Anonymous, 2021c. Activity report, 2021. (Web page: <https://balikesir.tarimorman.gov.tr/Sayfalar/EN/AnaSayfa.aspx>) (Date accessed: July, 2022).
- Buntaine, M.T. & W.A. Pizer, 2015. Encouraging clean energy investment in developing countries: What role for aid?. *Climate Policy*, 15 (5): 543-564. <https://doi.org/10.1080/14693062.2014.953903>.
- Burke, M. J. & J. C. Stephens, 2018. Political power and renewable energy futures: A critical review. *Energy Research & Social Science*, 35: 78-93. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.10.018>.
- Deviren, H., C. İlkiliç & S. Aydın, 2017. Usable materials in the production biogas and using fields of biogas. *Batman University Journal of Life Sciences*, 7 (2/2): 79-89.
- Doğan, H. & A.S. Uludağ, 2018. Evaluation of renewable energy alternatives and selection of suitable facility location: a study in Turkey. *The International Journal of Economic and Social Research*, 14 (2): 157-180.
- Emeksiz, C. & M.M. Findik, 2021. Evaluation of renewable energy resources for sustainable development in Turkey. *European Journal of Science and Technology*, 26:155-164. <https://doi.org/10.31590/ejosat.948729>.
- Hager, C.J., 1992. Democratizing technology: citizen & state in west German energy politics, 1974-1990. *Polity*, 25 (1): 45-70.[doi: 10.2307/3235019](https://doi.org/10.2307/3235019).
- Illeez, B., 2020. Biomass energy in Turkey. *Turkey's Energy Outlook*, 317-346.
- Irfan, M., Z.Y. Zhao, M.K. Panjwani, F.H. Mangi, H. Li, A. Jan, M. Ahmad & A. Rehman, 2020. Assessing the energy dynamics of Pakistan: prospects of biomass energy. *Energy Reports*, 6: 80-93. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.11.161>.
- Juntarawijit, C., 2013. Biomass power plants and health problems among nearby residents: a case study in Thailand. *Int J Occup Med Environ Health*, 26 (5): 813-21. <https://doi.org/10.2478/s13382-013-0142-y>.
- Kapluhan, E., 2014. A research in the field of energy geography: usage of biomass energy in the world and Turkey. *Marmara Geographical Journal*, 29: 97-125.
- Karabacak, K.K., 2021. Agricultural land use suitability analysis: the case of Nicosia district (TRNC). *SDU Faculty of Arts and Sciences Journal of Social Sciences*, 52: 312-331.
- Karçı, D. A. & T. Birişçi, 2020. Awareness of sustainable campus concept in the case of Ege University campus. *Ege Univ. Ziraat Fak. Derg.*, 57(3): 367-379. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.638112>.
- Kaya, K., 2014. Mechanical Design Principles of Wind Turbine Blade. Institute of Science and Technology, Ondokuz Mayıs University, Master Theses, Samsun, Turkey, 191 pp.
- Kaygusuz, Ö., 2020. Pyrolysis of Forest Residues by Using Fast Pyrolysis Method. Institute of Science and Technology, Giresun University, Master Theses, Giresun, Turkey, 104 pp.
- Khademalhosseiny, M. S., M. A. Nadoushan & H. Radnezhad, 2017. Site selection for landfill gas extraction plant by fuzzy analytic hierarchy process and fuzzy analytic network process in the city of Najafabad, Iran. *Energy & Environment*, 28 (7): 763-774. <https://doi.org/10.1177/0958305X177286>.
- Kocabey, S., 2019. Determination of biogas potential from animal waste for Balıkesir province. *European Journal of Science and Technology*, 17: 234-243. <https://doi.org/10.31590/ejosat.619058>.

- Kumar, A., N. Kumar, P. Baredar & A. Shukla, 2015. A review on biomass energy resources, potential, conversion and policy in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45: 530-539. <https://doi:10.1016/j.rser.2015.02.007>.
- Ma, J., N. R. Scott, S. D. DeGloria & A. J. Lembo, 2005. Siting analysis of farm-based centralized anaerobic digester systems for distributed generation using GIS. *Biomass and Bioenergy*, 28 (6): 591-600.
- Masnadi, M.S., J.R. Grace, X.T. Bi, C.J. Lim & N. Ellis, 2015. From fossil fuels towards renewables: Inhibitory and catalytic effects on carbon thermochemical conversion during co-gasification of biomass with fossil fuels. *Appl. Energy*, 140:196–209. <https://doi:10.1016/j.apenergy.2014.12.006>.
- Nas, B., T. Cay, F. Iscan & A. Berktaş, 2010. Selection of MSW landfill site for Konya, Turkey using GIS and multi-criteria evaluation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 160 (1): 491-500. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0713-8>.
- Owusu, P.A & S.A. Asumadu-Sarkodie, 2016. Review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation. *Cogent Eng*, 3 (1): 1167990. <https://doi:10.1080/23311916.2016.1167990>.
- Özcan, E.C., S. Ünlüsoy & E. Tamer, 2017. Evaluation of the renewable energy investments in Turkey using ANP and TOPSIS methods. *Selçuk University Journal of Engineering, Science and Technology*, 5 (2): 204-219.
- Panwar, N.L., S.C. Kaushik & S. Kothari, 2011. Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 15: 1513–1524. <https://doi:10.1016/j.rser.2010.11.037>.
- Rahman, M.A., B. Rusteberg, R.C. Gogu, J.P. Lobo Ferreira & M. Sauter, 2012. A new spatial multicriteria decision support tool for site selection for implementation of managed aquifer recharge. *Journal of Environmental Management*, 99: 61-75. <https://doi:10.1016/j.jenvman.2012.01.003>.
- Saaty, T.L., 1980. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resources Allocation*. New York, McGraw-Hill, 287pp.
- Seik, F.T., 1997. Recycling of domestic waste: early experiences in Singapore. *Habitat International*, 21 (3): 277-289. [https://doi:10.1016/S0197-3975\(97\)00060-X](https://doi:10.1016/S0197-3975(97)00060-X).
- Silva, S., L. Alçada-Almeida & L.C. Dias, 2014. Biogas plants site selection integrating Multicriteria Decision Aid methods and GIS techniques: A case study in a Portuguese region. *Biomass and Bioenergy*, 71: 58-68. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.10.025>.
- Sultana, A. & A. Kumar, 2012. Optimal siting and size of bioenergy facilities using geographic information system. *Applied Energy*, 94: 192-201. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.01.052>.
- Tokar, B., 2015. Democracy, localism, and the future of the climate movement. *World Futures*, 71 (3-4): 65-75. <https://doi:10.1080/02604027.2015.1092785>.
- Toklu, E., 2017. Biomass energy potential and utilization in Turkey. *Renewable Energy*, 107: 235-244. <https://doi:10.1016/j.renene.2017.02.008>.
- Venier, F. & H. Yabar, 2017. Renewable energy recovery potential towards sustainable cattle manure management in Buenos Aires Province: Site selection based on GIS spatial analysis and statistics. *Journal of Cleaner Production*, 162: 1317-1333. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.098>.
- Wang, Z., Q. Bui, B. Zhang & T.L.H. Pham, 2020. Biomass energy production and its impacts on the ecological footprint: An investigation of the G7 countries. *Science of the Total Environment*, 743: 140741. <https://doi:10.1016/j.scitotenv.2020.140741>.
- Woo, H., M. Acuna, M. Moroni, M.S. Taskhiri & P. Turner, 2018. Optimizing the location of biomass energy facilities by integrating multi-criteria analysis (MCA) and geographical information systems (GIS). *Forests*, 9: 585. <https://doi:10.3390/f9100585>.
- Zhang, J., Y. Su, J. Wu & H. Liang, 2015. GIS based land suitability assessment for tobacco production using AHP and fuzzy set in Shandong province of China. *Computers and Electronics in Agriculture*, 114: 202-211. <https://doi:10.1016/j.compag.2015.04.004>.







## Research Article (Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (1): 37-51  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1120746>

Cansu KIRMAZ \*<sup>1</sup>

Özer KINIK<sup>2</sup>

Filiz İÇİER<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ege University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Dairy Technology, 35040, Bornova, İzmir, Türkiye

<sup>2</sup> Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Dairy Technology, 35040, Bornova, İzmir, Türkiye

<sup>3</sup> Ege University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, 35040, Bornova, İzmir, Türkiye

\* Corresponding author (Sorumlu yazar):  
cansuakdan28@gmail.com

**Keywords:** Fermented milk products, kefir, organoleptic properties, rheology, ruminant milks

**Anahtar sözcükler:** Fermente süt ürünleri, kefir, duyuşal özellikler, reoloji, ruminant sütleri

# Determination of rheological properties of kefir produced with buffalo milk and other milk mixtures\*

Manda sütü ve diğer süt karışımlarıyla üretilen kefirlerin reolojik özelliklerinin belirlenmesi

\* This article is summarized from the corresponding author's master's thesis. This work was financially supported by the Ege University Office of Scientific Research Projects with a project number of FYL-2019-20613

Received (Alınış): 15.06.2022

Accepted (Kabul Tarihi): 01.02.2023

## ABSTRACT

**Objective:** The objective of this study was to develop the product and to determine the rheological model and sensorial properties of kefir.

**Material and Methods:** The shear rate ( $\dot{\gamma}$ ) and shear stress ( $\tau$ ) values measured at 15-20°C using the rheological properties of kefir produced with different types of ruminant milk are characterized by mathematical models (Newton, Power law, Bingham), consistency coefficient (K), flow behavior index (n), threshold shear stress ( $\tau_0$ ) and apparent viscosity ( $\mu_{app}$ ) values were calculated. Sensory assessment was carried out using facial expression sensory evaluation scale and scoring method.

**Results:** As a result of rheological analysis, the Power law model appears to be suitable for describing the flow behavior of kefir types as indicated by high correlation coefficient ( $R^2$ ) values in this study. The flow diagrams of kefir processed with different milk species exhibit shear-thinning non-Newtonian behavior. Sensory analysis showed that the samples did not receive a great deal of appreciation about organoleptic properties.

**Conclusion:** Shelf life should be 28 days. Hence, kefir preserves the sensory properties until end of shelf life and to keep rheological properties compatible with each other throughout shelf life.

## ÖZ

**Amaç:** Bu çalışmada farklı ruminant sütlerinin çeşitli kombinasyonları ile kefir üretmek üzere ürün geliştirilmesi ve kefirin reolojik modellere uyumu ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

**Materyal ve Yöntem:** Farklı ruminant süt türleri ile üretilen kefirin reolojik özellikleri 15-20°C'de ölçülen kayma hızı ( $\dot{\gamma}$ ), kayma gerilimi ( $\tau$ ), kıvam katsayısı (K), akış davranış indeksi (n), eşik kayma gerilimi ( $\tau_0$ ) ve görünür viskozite ( $\mu_{app}$ ) değerleri matematiksel modeller (Newton, Power law, Bingham) ile karakterize edilerek hesaplanmıştır. Yüz ifadeli duyuşal değerlendirme formu ve puanlama yönteminde yararlanarak duyuşal değerlendirme gerçekleştirilmiştir.

**Araştırma Bulguları:** Reolojik analizler sonucunda, yüksek korelasyon katsayısı ( $R^2$ ) değerleri ile gösterilen kefir türlerinin akış davranışlarını açıklamak için Power-law modelinin uygun olduğu belirlenmiştir. Farklı süt türleri ile işlenen kefirin akış diyagramları, Newtonian olmayan kayma incelenmesi davranışı sergilemektedir. Duyusal analiz sonuçlarına göre, örneklerin duyuşal olarak çok fazla takdir almadığı görülmektedir.

**Sonuç:** Raf ömrünün 28 gün olması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu sayede hem duyuşal özellikler raf ömrünün sonuna kadar korunabilir hem de reolojik özellikleri raf ömrü boyunca birbirleriyle uyumlu kalabilir.

## INTRODUCTION

Fermented milk products are of importance as a human nutrition and are considered as basic foodstuffs. In recent years, fermented dairy products received a great deal of attention for human health and as a result of this, their consumption increased significantly. (Demirgul et al., 2018).

Kefir is an important fermented dairy product and referred to as a probiotic since it contains more than  $10^7$  cfu/g of beneficial and specific microorganisms (Kesenkas et al., 2013). Kefir is known for its refreshing effect in the mouth, typical yeast taste and unique aroma. The word "kefir" is derived from the Turkish word "keyif (pleasure)," which means "feeling good" after drinking (Lopitz-Otsoa et al., 2006; Tamime & Robinson, 2007). Although cow's milk is most commonly used for its production, it can also be produced from the milk of other animals such as goats, sheep, buffalo and camels as well as from vegetable sources such as soybean, rice, and coconut milk. Kefir can be also prepared from pasteurized whole, semi-skimmed or skimmed milk (Otlés & Cagindi, 2003; Rosa et al., 2017).

Studies conducted in the past indicated that there are many probiotic microorganisms in the microbiota of kefir. Studies also revealed that various bacteria and yeasts isolated from kefir are resistant to low pH and bile acids can adhere to the intestinal mucosa, have a strong antagonistic effect against pathogens, and have positive effects on health (Golowczyc et al., 2008; Diosma et al., 2014; Zanirati et al., 2015). Various studies reported that kefir has antimicrobial, anti-inflammatory, antiallergenic, and anticarcinogenic effects. Furthermore, the product is effective in controlling the body weight, glycemic response, blood pressure, and blood lipids and can be used against digestion problems such as lactose intolerance and constipation.

In this study, K value was 4.65 Pa.s, n value was 0.35, and  $\mu_{\text{apparent}}$  was 0.32 Pa.s in all samples and during storage. In the study by Ergin et al. (2017) on homogenized kefir, the K value was lower (0.021-0.545 Pa.s) and the n value was 0.56-0.98. The consistency coefficient was determined to be slightly higher in the present study due to the difference in raw materials and the lack of homogenization process, whereas there was a decrease in the flow behavior index toward the end of the shelf life in the study by Ergin et al. (2017). The study conducted by Gurbuz & Sheifel (2008) examined the power law model and determined the n value to be in the range of 0.35-0.4. In a study on kumis, the n values determined at temperatures of 4-10-20°C were 0.74-0.79-0.75, respectively, and the K values were 0.015-0.010-0.008 Pa.s, respectively (Sabancı et al., 2016).

On the other hand, the rheological properties are particularly important to determine different interactions in new kefir formulation (Gul et al., 2018). Dairy beverages are marketed with different rheological properties and qualities. Especially, maintaining the texture can be a problem in the commercial manufacture of alternative fermented dairy products. To guarantee the quality of the final product, manufacturers rely on pre-fermentation processing such as increasing milk solids and/or supplementation or additives for product stability (Duboc & Mollet, 2001; Rimada & Abraham, 2006). Rheological parameters have been considered as an analytical tool to provide fundamental insights on the structural organization of food and play an important role in fluid heat transfer.

Knowing the rheological properties of kefir is important in determining the processes to be carried out during the storage and packaging process (Assil et al., 1991; Ahmed et al., 2007). Rheology has many applications in the field of food acceptability, food processing and packaging and the relationship between consumer preferences and rheological properties of foods is a key role of the science of rheology. The major factors affecting the rheological properties of kefir are the chemical composition of the milk used for its production, the starter culture, the type of milk and/or milk mixtures the incubation temperature, the thermal processing of milk, etc. (Kayacier & Dogan, 2006). Especially fat and protein

constitute one of the most important fractions of milk. Fat globules play an eminent role in the technology and properties of dairy products (Elzeini, 2006). Size of fat globules is of particular importance in such processes as separation of milk, churning of cream, cheese making as well as the functionality of cheese (Metzger & Mistry, 1995; Gunasekaran & Ding, 1999; Ma & Barbano, 2000; Everett & Olson, 2003; Rowney et al., 2003). It determines the amount of protein absorbed per unit of interface area, and products emulsion stability and their optical and rheological properties (color and viscosity) (Walstra & Jenness, 1984; Walstra, 1995) as well as conductivity and elastic constant. Studies on the rheological properties of kefir in the literature are limited (Wszolek et al., 2001; Paraskevopoulou et al., 2003; Bensmira et al., 2010) and there are no research on the effects of processing circumstances on kefir quality (Dogan, 2011). So far, most of the studies conducted on kefir concerned with its microbiology. Hence a study was conducted and the objective of this study was evaluating the effect of different ratios of milk mixtures on the time needed for the pH to reach the 4.4 value and the rheological behavior and sensorial properties of kefir.

## **MATERIALS and METHODS**

### **Materials**

#### **Buffalo, cow, sheep, and goat milk**

The entire buffalo milk and a part of the sheep milk used as raw materials in the study were obtained from a private facility, cow and goat milk was obtained from the farm of the Ege University Faculty of Agriculture Farm. All of the cow and goat milk required for the study was obtained from internal sources.

#### **Kefir starter culture**

The kefir starter culture used in the production process was prepared using Micromilk KFA 1 culture mixture (Micromilk, Italy) (30 % *Streptococcus thermophilus*, 20 % *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, 20 % *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, 10 % *Debarymyces hansenii*, 10 % *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris* and 10 % *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis*).

### **Methods**

#### **Kefir production**

Raw buffalo, cow, sheep, and goat milk were heat-treated at 90°C for 15 minutes. In order not to negatively affect the growth of microorganisms in kefir culture, a single pasteurization process was performed, and double pasteurization was not applied, the milk was pasteurized one by one and mixed in proper proportions and culture was inoculated. Then, 100 % buffalo, 70 % buffalo-30 % cow, 70 % buffalo-30 % sheep, 70 % buffalo-30 % goat and 70 % buffalo-30 % cow-sheep-goat milk were cooled down to 25-30°C and added with Micromilk KFA 1 kefir culture at a rate of 2.5 %-3 % separately. The main idea for choosing milk with 70% buffalo and 30% cow/sheep/goat ratios was to determine the effect of high amount of buffalo milk on sensory quality and rheological properties. The incubation was terminated when the pH value reached 4.7. at the end of the incubation, in order for the product to be suitable for storage under refrigerator conditions, it was kept at room temperature for 30 minutes, and after the temperature was reduced, bottling and it was stored for 24 hours in the refrigerator. The results were statistically evaluated once the pilot analyses were conducted in two replicates. The shelf life was determined as 28 days and 1., 7., 14., 21. and 28. days rheological and sensorial analyzes were made.

The basic components of milk and kefir samples were determined and they are tabulated in Table 1 and Table 2, respectively.

**Table 1.** Basic component of milks**Çizelge 1.** Sütlerin temel bileşenleri

Components/Value	Milks			
	Buffalo	Cow	Sheep	Goat
Dry matter %	18.70±0.21	12.92±0.12	20.86±0.06	13.29±0.09
Fat %	7.00±0.03	3.60±0.01	8.00±0.01	4.16±0.06
Protein %	5.70±0.04	3.48±0.01	5.95±0.01	3.21±0.01
Lactose %	5.40±0.01	5.04±0.02	5.90±0.01	5.02±0.09
Ash %	0.60±0.01	0.80±0.01	1.01±0.02	0.90±0.01
Lactic acid %	0.14±0.01	0.16±0.01	0.19±0.01	0.15±0.01
pH value	6.57±0.01	6.55±0.01	6.55±0.01	6.54±0.01

**Table 2.** Basic component of kefir**Çizelge 2.** Kefirlerin temel bileşenleri

Components/Value	Kefirs				
	100 % buffalo	70 % buffalo-30 % cow	70 % buffalo-30 % sheep	70 % buffalo-30 % goat	70 % buffalo-30 % cow-sheep-goat
Dry matter %	16.64±0.02	14.42±0.02	17.65±0.04	14.58±0.04	15.69±0.10
Fat %	6.75±0.07	5.95±0.07	6.85±0.07	6.05±0.07	6.10±0.14
Protein %	4.30±0.02	4.04±0.02	4.70±0.01	4.05±0.04	4.15±0.04
Lactose %	4.84±0.16	3.61±0.16	5.20±0.70	3.74±0.16	5.44±0.88
Ash %	0.75±0.01	0.82±0.02	0.90±0.07	0.74±0.04	0.98±0.04
Lactic acid %	0.95±0.05	0.95±0.05	1.04±0.02	0.94±0.06	0.91±0.04
pH value	4.71±0.01	4.69±0.01	4.60±0.01	4.62±0.01	4.60±0.02

### Rheological measurements

Rheological properties were determined with a Brookfield LVDV-II Pro (ABD) brand viscometer. Rheological calculations were made taking into account the measurements that give torque values in the range of 0 to 200 rpm, and torque values between 10% and 90%. The models and equations are given in Table 3.

**Table 3.** Compatibility of milks with rheological models**Çizelge 3.** Sütlerin reolojik modellere uyumluluğu

Milk	Criteria	Rheological Model Compatibility		
		Newtonian Model	Power Law Model	Bingham Model
Buffalo	R <sup>2</sup>	0.912±0.003	0.972±0.003	<b>0.982±0.002</b>
	RMSE	3.533±0.003	0.292±0.003	<b>0.263±0.001</b>
	χ <sup>2</sup>	13.623±0.012	0.097±0.012	<b>0.078±0.007</b>
Cow	R <sup>2</sup>	<b>0.963±0.002</b>	0.954±0.002	0.932±0.003
	RMSE	<b>0.028±0.002</b>	0.089±0.002	0.415±0.011
	χ <sup>2</sup>	<b>0.001±0.001</b>	0.012±0.002	0.258±0.004
Sheep	R <sup>2</sup>	0.955±0.001	<b>0.995±0.001</b>	0.963±0.002
	RMSE	0.073±0.003	<b>0.029±0.003</b>	0.078±0.003
	χ <sup>2</sup>	0.005±0.001	<b>0.001±0.001</b>	0.007±0.001
Goat	R <sup>2</sup>	0.932±0.003	<b>0.963±0.003</b>	0.955±0.001
	RMSE	1.602±0.004	<b>0.077±0.004</b>	0.323±0.001
	χ <sup>2</sup>	2.704±0.001	<b>0.006±0.001</b>	0.116±0.002

The models' equations are given in Equations (1-6). Accordingly,  $\mu$  is the Newtonian fluid viscosity (Pa.s),  $\tau$  is the shear stress (Pa),  $\tau_0$  is the initial shear stress (Pa),  $\kappa$  is the coefficient of consistency (Pa.s),  $\sigma$  is the shear rate (1/s),  $n$  is the fluid behavior index (Saygılı et al., 2022). The apparent viscosity values, consistency coefficient, initial shear stress and flow behavior index values of kefir samples produced with various combinations of buffalo, cow, sheep and goat milk were determined. Apparent viscosity values ( $\mu_{\text{apparent}}$ ) are used for non-Newtonian fluids. In the study, the apparent viscosity values were calculated depending on the  $K$  and  $n$  values 0.05 for 100 rpm (Equation 1).

$$\mu_{\text{apparent}} = K \cdot \dot{\gamma}^{n-1} \quad (1 - \text{Apparent Viscosity})$$

$$\tau = \mu \cdot \dot{\gamma} \quad (2 - \text{Newtonian Model})$$

$$\tau = K \cdot (\dot{\gamma})^n \quad (3 - \text{Power Law Model})$$

$$\tau = \tau_0 + (K \cdot \dot{\gamma}) \quad (4 - \text{Bingham Model})$$

$$RMSE = \left[ \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (\text{Theoretical value}_i - \text{Experimental value}_i)^2 \right)^{0.5} \right] \quad (5 - \text{Root Mean Square})$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Theoretical value}_i - \text{Experimental value}_i)^2}{N-n} \quad (6 - \text{Chi Square})$$

Post-production samples were stored in the refrigerator. Analyzes were made with three parallels. Preliminary experiments were made in rheological analyzes and spindle 18 and spindle 34 were used for this purpose (Saygılı et al., 2022).

### Sensory analysis

Kefir samples were presented to the panelists at 20°C for tasting. By tickle, approximately 20 g of product was put into plastic glasses and ready to tasting.

All samples, until the product was deemed not acceptable, were evaluated by at 8 assessors trained in evaluating dairy products. The attributes considered were: odour intensity, milky odour, fermented odour, vegetable odour, mouth odour, viscosity, flavour intensity, dairy taste, sour taste, bitter taste, milky taste, astringency, and acceptability. All panellists had regular previous experience of sensory testing milk products and were trained to judge various product formulations of differing textures. Each attribute was scored on an increasing scale of 1 (not present) to 7 (very intense).

### Statistical analysis

IBM SPSS Statistics package program was used for the evaluation of experimental data. The significance of the differences between rheological properties and sensory properties in terms of different milk ratios in the mean values ( $p < 0.05$ ) were determined by the One-way ANOVA multiple comparison test in the Duncan's test. The kefir production and analysis were applied 2 different times.

## RESULTS and DISCUSSION

The present study aimed to characterize the experimental shear stress-shear velocity data using Newtonian, power law, and Bingham models to determine the rheological characteristics of different milk and kefir samples, and to investigate the changes during storage. In this regard, linear and nonlinear regression analyses were achieved, and the results were statistically interpreted. The results of the study and its comparison with other studies are as follows.

The highest  $R^2$  values and the lowest  $\chi^2$  and RMSE values were considered as the criteria in choosing the model that best expresses the rheological characteristics of buffalo, cow, sheep, and goat milk (Table 3). Although the Newtonian character is the most common fluid type for milk, non-Newtonian time-independent fluid behavior is also observed in some milk varieties (Gurbuz et al., 2008; Dogan,

2011). The results indicated that all milk samples can be characterized with high regression coefficient and low error level using the models examined. It was determined that the rheological properties of buffalo milk were characterized using both Bingham and power law models while the power law model was the most suitable model for sheep and goat milks with the lowest statistical error. In addition, cow milk was characterized by both Newtonian and power law models, similarly. It was aimed to compare the rheological properties of all milks in the base of the same rheological model with low statistical errors. Thus, the common rheological model characterizing the rheological properties of all milk samples with high compatibilities was selected as the power law model (Table 5). The rheological coefficient values determined for the power law model are given in Table 4. K (consistency coefficient), n (flow behavior index), and apparent viscosity ( $\mu_{\text{apparent}}$ ) values for all kefir samples show low similarity with each other, whereas the K value and  $\mu_{\text{apparent}}$  value were similar in cow and sheep milk samples.

**Table 4.** Rheological coefficient values of milks determined according to Power law fluid model

**Çizelge 4.** Sütlerin Üssel akışkan modele göre belirlenen reolojik katsayı değerleri

Milk	K (Pa.s <sup>n</sup> )	n (-)	$\mu_{\text{apparent}}$ (Pa.s)
Buffalo	5.489±0.004 <sup>C</sup>	0.282±0.004 <sup>a</sup>	0.290±0.003 <sup>z</sup>
Cow	0.001±0.001 <sup>A</sup>	1.100±0.006 <sup>d</sup>	0.001±0.001 <sup>x</sup>
Sheep	0.025±0.004 <sup>A</sup>	0.646±0.005 <sup>c</sup>	0.005±0.002 <sup>x</sup>
Goat	1.692±0.011 <sup>B</sup>	0.403±0.007 <sup>b</sup>	0.146±0.003 <sup>y</sup>

Similarly, the compatibility of rheological models to the experimental data for kefir samples produced by using the different combinations of milks was characterized by using Bingham, power law and Newtonian models (Icier et al., 2008). The highest R<sup>2</sup> values, the lowest  $\chi^2$  and root mean square error (RMSE) values were taken as the criteria for choosing the model that best expressed the rheological characteristics of the kefir samples. The statistical error levels of kefir no.1 (100 % buffalo milk), which were determined based on the rheological models are given in Table 5.

**Table 5.** Compatibility of buffalo milk (1) kefir with rheological models

**Çizelge 5.** Manda sütü (1) kefirinin reolojik modellere uyumluluğu

Days	Criteria	Rheological Model Compatibility		
		Newtonian Model	Power Law Model	Bingham Model
1	R <sup>2</sup>	0.112±0.001	<b>0.996±0.003</b>	0.948±0.001
	RMSE	2.357±0.009	<b>0.156±0.037</b>	0.545±0.017
	$\chi^2$	5.849±0.047	<b>0.030±0.013</b>	0.331±0.021
7	R <sup>2</sup>	0.261±0.025	<b>0.998±0.001</b>	0.965±0.003
	RMSE	1.264±0.034	<b>0.073±0.004</b>	0.277±0.010
	$\chi^2$	1.687±0.092	<b>0.006±0.001</b>	0.085±0.006
14	R <sup>2</sup>	0.381±0.001	<b>0.998±0.001</b>	0.982±0.015
	RMSE	6.715±0.284	<b>0.291±0.026</b>	1.046±0.357
	$\chi^2$	47.921±3.818	<b>0.097±0.016</b>	1.505±0.828
21	R <sup>2</sup>	0.424±0.025	<b>0.998±0.002</b>	0.974±0.002
	RMSE	1.213±0.018	<b>0.067±0.014</b>	0.257±0.012
	$\chi^2$	1.550±0.046	<b>0.005±0.002</b>	0.074±0.006
28	R <sup>2</sup>	0.061±0.001	<b>0.999±0.001</b>	0.948±0.001
	RMSE	1.757±0.055	<b>0.004±0.001</b>	0.377±0.009
	$\chi^2$	3.258±0.202	<b>0.030±0.013</b>	0.158±0.007

It was determined that the rheological properties of kefir no. 1 during the storage period were best characterized by the power law model, which had the lowest error level among the studied models. The statistical error levels of kefir no. 2 (70 % buffalo-30 % cow), no. 3 (70 % buffalo-30 % sheep), no. 4 (70 % buffalo-30 % goats), and no. 5 (70 % buffalo-30 % cow, sheep, goat) determined based on the examined rheological models were given in Tables 5-9. Similarly, it was found that the rheological characteristics of kefir nos. 2, 3, 4, and 5 in all storage processes can be characterized using the power law model with the least statistical error level. Previous studies reported that the kefir samples exhibited a non-Newtonian fluid character in the range of 10°C-30°C (Icier et al., 2008). The mathematical model explaining this behavior was reported as the Herschel-Bulkley model that combines the Bingham and power law fluid behaviors.

**Table 6.** Compatibility of buffalo-cow milk (2) kefir with rheological models

**Çizelge 6.** Manda-inek sütü (2) kefirinin reolojik modellere uyumluluğu

Days	Criteria	Rheological Model Compatibility		
		Newtonian Model	Power Law Model	Bingham Model
1	R <sup>2</sup>	0.229±0.086	<b>0.998±0.002</b>	0.963±0.003
	RMSE	1.927±0.060	<b>0.139±0.006</b>	0.443±0.031
	χ <sup>2</sup>	4.075±0.247	<b>0.020±0.002</b>	0.218±0.031
7	R <sup>2</sup>	0.265±0.122	<b>0.997±0.001</b>	0.960±0.007
	RMSE	1.594±0.062	<b>0.096±0.038</b>	0.372±0.051
	χ <sup>2</sup>	2.678±0.209	<b>0.011±0.008</b>	0.155±0.042
14	R <sup>2</sup>	0.061±0.035	<b>0.998±0.001</b>	0.947±0.001
	RMSE	9.498±0.395	<b>0.375±0.034</b>	2.183±0.159
	χ <sup>2</sup>	95.045±7.896	<b>0.157±0.028</b>	5.309±0.774
21	R <sup>2</sup>	0.103±0.001	<b>0.999±0.001</b>	0.952±0.002
	RMSE	1.688±0.009	<b>0.049±0.001</b>	0.388±0.013
	χ <sup>2</sup>	2.999±0.032	<b>0.002±0.001</b>	0.167±0.011
28	R <sup>2</sup>	0.007±0.002	<b>0.989±0.006</b>	0.887±0.086
	RMSE	3.022±0.140	<b>0.149±0.086</b>	0.537±0.088
	χ <sup>2</sup>	9.625±0.891	<b>0.029±0.029</b>	0.324±0.105

**Table 7.** Compatibility of buffalo-sheep milk (3) kefir with rheological models

**Çizelge 7.** Manda-koyun sütü (3) kefirinin reolojik modellere uyumluluğu

Days	Criteria	Rheological Model Compatibility		
		Newtonian Model	Power Law Model	Bingham Model
1	R <sup>2</sup>	0.038±0.003	<b>0.996±0.003</b>	0.945±0.021
	RMSE	1.969±0.002	<b>0.115±0.057</b>	0.465±0.102
	χ <sup>2</sup>	4.085±0.084	<b>0.016±0.015</b>	0.246±0.106
7	R <sup>2</sup>	0.003±0.001	<b>0.996±0.001</b>	0.962±0.002
	RMSE	5.120±1.104	<b>0.218±0.038</b>	0.699±0.360
	χ <sup>2</sup>	28.293±11.81	<b>0.054±0.018</b>	0.616±0.557
14	R <sup>2</sup>	0.064±0.004	<b>0.988±0.002</b>	0.970±0.001
	RMSE	2.444±0.618	<b>0.244±0.165</b>	0.350±0.210
	χ <sup>2</sup>	6.616±3.221	<b>0.084±0.093</b>	0.167±0.170
21	R <sup>2</sup>	0.049±0.002	<b>0.988±0.007</b>	0.949±0.002
	RMSE	4.061±1.639	<b>0.225±0.017</b>	0.495±0.155
	χ <sup>2</sup>	18.895±13.96	<b>0.058±0.010</b>	0.291±0.168
28	R <sup>2</sup>	0.019±0.003	<b>0.988±0.005</b>	0.927±0.029
	RMSE	9.402±2.175	<b>0.410±0.196</b>	0.948±0.127
	χ <sup>2</sup>	95.559±43.06	<b>0.208±0.179</b>	1.007±0.256



**Table 8.** Compatibility of buffalo-goat milk (4) kefir with rheological models**Çizelge 8.** Manda-keçi sütü (4) kefirinin reolojik modellere uyumluluğu

Days	Criteria	Rheological Model Compatibility		
		Newtonian Model	Power Law Model	Bingham Model
1	R <sup>2</sup>	0.099±0.002	<b>0.986±0.012</b>	0.979±0.008
	RMSE	2.283±0.266	<b>0.159±0.098</b>	0.208±0.042
	χ <sup>2</sup>	5.609±1.279	<b>0.034±0.035</b>	0.064±0.020
7	R <sup>2</sup>	0.087±0.003	<b>0.994±0.008</b>	0.931±0.013
	RMSE	1.712±0.001	<b>0.133±0.091</b>	0.460±0.122
	χ <sup>2</sup>	3.086±0.036	<b>0.024±0.027</b>	0.243±0.125
14	R <sup>2</sup>	0.128±0.003	<b>0.998±0.002</b>	0.959±0.015
	RMSE	10.407±0.09	<b>0.463±0.117</b>	2.040±0.255
	χ <sup>2</sup>	114.029±1.94	<b>0.246±0.120</b>	4.660±1.156
21	R <sup>2</sup>	0.145±0.001	<b>0.997±0.003</b>	0.960±0.012
	RMSE	1.691±0.001	<b>0.077±0.029</b>	0.326±0.036
	χ <sup>2</sup>	3.012±0.001	<b>0.007±0.005</b>	0.118±0.026
28	R <sup>2</sup>	0.128±0.003	<b>0.997±0.001</b>	0.931±0.014
	RMSE	3.060±0.095	<b>0.088±0.010</b>	0.465±0.082
	χ <sup>2</sup>	9.867±0.611	<b>0.008±0.002</b>	0.244±0.085

**Table 9.** Compatibility of buffalo-cow-sheep-goat milk (5) kefir with rheological models**Çizelge 9.** Manda-inek-koyun-keçi sütü (5) kefirinin reolojik modellere uyumluluğu

Days	Criteria	Rheological Model Compatibility		
		Newtonian Model	Power Law Model	Bingham Model
1	R <sup>2</sup>	0.094±0.003	<b>0.947±0.022</b>	0.985±0.004
	RMSE	5.064±1.316	<b>0.370±0.280</b>	0.256±0.070
	χ <sup>2</sup>	27.957±13.95	<b>0.196±0.231</b>	0.760±0.041
7	R <sup>2</sup>	0.127±0.001	<b>0.989±0.001</b>	0.977±0.002
	RMSE	1.934±0.002	<b>0.181±0.049</b>	0.252±0.048
	χ <sup>2</sup>	4.020±0.007	<b>0.039±0.020</b>	0.075±0.027
14	R <sup>2</sup>	0.182±0.004	<b>0.983±0.012</b>	0.969±0.015
	RMSE	2.483±0.224	<b>0.132±0.063</b>	0.174±0.090
	χ <sup>2</sup>	6.651±1.124	<b>0.022±0.020</b>	0.040±0.037
21	R <sup>2</sup>	0.144±0.002	<b>0.944±0.021</b>	0.910±0.093
	RMSE	1.825±0.048	<b>0.144±0.089</b>	0.189±0.094
	χ <sup>2</sup>	3.602±0.172	<b>0.029±0.031</b>	0.047±0.042
28	R <sup>2</sup>	0.077±0.022	<b>0.977±0.012</b>	0.943±0.001
	RMSE	2.617±0.479	<b>0.179±0.053</b>	0.278±0.054
	χ <sup>2</sup>	7.516±2.676	<b>0.039±0.023</b>	0.093±0.036

Since all samples were noted to be compatible with the power law model, the rheological coefficient values K (consistency coefficient) and n (flow behavior index) and apparent viscosity ( $\mu_{\text{apparent}}$ ) values were calculated for this model. The apparent viscosity equation for the power law model was determined by using Equation 1 (Karatas, 2014). The variation between shear stress and shear rate for non-Newtonian fluids is not linear, and the mechanical shear rate value in the mouth is experimentally assumed to be 60 1/sec (Steffe, 1996). Hence, the apparent viscosity values were calculated by employing the rheological constants in Equation 1 and taking the shear stress as 60 1/sec. The rheological coefficient and apparent viscosity values derived for the power law model are given in Table 10.

$$\mu_{\text{apparent}} = K^* \dot{\gamma} n^{-1} \quad (1)$$

**Table 10.** Rheological coefficient values of kefir characterized by the Power Law fluid model**Çizelge 10.** Üssel akışkan modeli ile karakterize edilen kefirlerin reolojik katsayı değerleri

Samples	Days	K (Pa.s <sup>n</sup> )	n (-)	$\mu_{\text{apparent}}$ (Pa.s)
1 (100 % Buffalo)	1	2.453±0.084 <sup>B</sup>	0.403±0.010 <sup>c</sup>	0.208±0.003 <sup>y</sup>
	7	1.349±0.028 <sup>A</sup>	0.426±0.006 <sup>c</sup>	0.129±0.001 <sup>x</sup>
	14	7.856±0.121 <sup>C</sup>	0.449±0.005 <sup>c</sup>	0.932±0.007 <sup>t</sup>
	21	1.175±0.031 <sup>A</sup>	0.453±0.007 <sup>c</sup>	0.129±0.003 <sup>x</sup>
	28	2.022±0.030 <sup>B</sup>	0.373±0.004 <sup>b</sup>	0.152±0.002 <sup>x</sup>
2 (Buffalo-Cow)	1	2.022±0.108 <sup>B</sup>	0.421±0.015 <sup>c</sup>	0.190±0.002 <sup>x</sup>
	7	1.621±0.120 <sup>A</sup>	0.428±0.021 <sup>c</sup>	0.155±0.002 <sup>x</sup>
	14	11.06±0.494 <sup>D</sup>	0.397±0.004 <sup>b</sup>	0.936±0.025 <sup>t</sup>
	21	1.770±0.001 <sup>A</sup>	0.403±0.001 <sup>bc</sup>	0.153±0.002 <sup>x</sup>
	28	3.999±0.268 <sup>BC</sup>	0.251±0.018 <sup>a</sup>	0.185±0.005 <sup>x</sup>
3 (Buffalo-Sheep)	1	2.096±0.015 <sup>B</sup>	0.391±0.004 <sup>b</sup>	0.172±0.002 <sup>x</sup>
	7	6.781±1.360 <sup>C</sup>	0.323±0.021 <sup>ab</sup>	0.421±0.048 <sup>z</sup>
	14	3.825±0.538 <sup>B</sup>	0.364±0.031 <sup>b</sup>	0.286±0.077 <sup>y</sup>
	21	5.739±1.576 <sup>C</sup>	0.332±0.007 <sup>ab</sup>	0.371±0.091 <sup>y</sup>
	28	14.72±5.255 <sup>D</sup>	0.201±0.091 <sup>a</sup>	0.539±0.004 <sup>z</sup>
4 (Buffalo-Goat)	1	3.432±0.409 <sup>B</sup>	0.356±0.030 <sup>b</sup>	0.244±0.001 <sup>y</sup>
	7	1.770±0.012 <sup>A</sup>	0.401±0.001 <sup>b</sup>	0.152±0.002 <sup>x</sup>
	14	12.412±0.011 <sup>D</sup>	0.380±0.008 <sup>b</sup>	0.995±0.004 <sup>t</sup>
	21	1.840±0.001 <sup>A</sup>	0.382±0.002 <sup>b</sup>	0.146±0.001 <sup>x</sup>
	28	3.971±0.176 <sup>B</sup>	0.269±0.012 <sup>a</sup>	0.198±0.002 <sup>x</sup>
5 (Buffalo-Cow-Sheep-Goat)	1	7.977±2.980 <sup>C</sup>	0.228±0.107 <sup>a</sup>	0.332±0.019 <sup>y</sup>
	7	2.768±0.347 <sup>B</sup>	0.431±0.048 <sup>b</sup>	0.268±0.019 <sup>y</sup>
	14	4.674±0.165 <sup>BC</sup>	0.273±0.020 <sup>a</sup>	0.238±0.027 <sup>y</sup>
	21	3.897±0.070 <sup>C</sup>	0.247±0.002 <sup>a</sup>	0.178±0.012 <sup>x</sup>
	28	5.205±1.420 <sup>C</sup>	0.289±0.077 <sup>a</sup>	0.277±0.011 <sup>y</sup>

**Note:** The difference between kefir samples with different letters was significant ( $p < 0.05$ ).

A,B,C,D: Expresses the differences in consistency coefficients of the kefir samples, which is characterized by the power law model in the related column, based on the storage days.

a,b,c: Expresses the differences in the flow behavior index of the kefir samples, which is characterized by the power law model in the relevant column, based on the storage days.

x,y,z,t: Expresses the differences in apparent viscosity of the kefir samples, which is characterized by the power law model in the related column, based on the storage days.

Examination of kefir samples characterized by the power law fluid model revealed that there were changes in the K, n and  $\mu_{\text{apparent}}$  values during storage.

The investigation of  $\mu_{\text{apparent}}$  of the samples revealed that buffalo milk (1) kefir was similar for 7, 21, and 28 days and varied between 0.129 and 0.152 Pa.s., while it was 0.208 Pa.s for Day 1. For Day 14, it was determined to be 0.932 Pa.s, which was a higher value than the other days of storage.

Kefir no. 2 was estimated to be 0.936 Pa.s (which indicates a high viscosity) for Day 14, which was similar to sample no. 1. For Days 1, 7, 21, and 28, it was determined to have a viscosity between 0.153 and 0.190 Pa.s. The product had a very close viscosity at the beginning and end of its shelf life. Although its viscosity fluctuated, it did not change much.

The viscosity of kefir of buffalo-sheep milk (3) for Day 1 was 0.172 Pa.s, which was lower than the other days. It was 0.421-0.539 Pa.s and 0.286-0.371 Pa.s for Days 7 and 28 and Days 14 and 21, respectively. The observed viscosity of sample no. 3 at the end of its shelf life was considered to be due

to the fact that it was produced using a mixture of buffalo and sheep milk containing high dry matter and fat content.

Buffalo milk (4) kefir was similar for Days 7, 21, and 28 and ranged from 0.146 to 0.198 Pa.s. while it was 0.244 Pa.s for Day 1. For Day 14, it was determined to be 0.995 Pa.s, (similar to sample nos. 1 and 2), which was higher than that of other storage days.

It was discerned that buffalo-cow-sheep-goat milk (5) kefir remained unchanged throughout the entire shelf life, except for Day 21. It was found to be 0.178 Pa.s for Day 21. It can be said that sample no. 5 had a decreasing viscosity over the shelf life, and the reason for this could be the use of milk containing different composition elements together.

The analysis of all samples revealed that nos. 2 and 3 had similar viscosity to nos. 1, 4, and 5 for all analysis days. The evaluation of all the samples during the storage period revealed that sample nos. 1, 2, and 4 (made from buffalo milk kefir, buffalo-cow milk kefir, and buffalo-goat milk kefir, respectively) had similar rheological characteristics. Similarly, sample nos. 3 and 5 (made from buffalo-sheep milk and buffalo, cow, sheep, and goat milk) showed similar rheological characteristics. The product with the highest consistency was sample no. 3. In addition to this, the consistency of sample no. 5 remained similar throughout the shelf life.

In this study, K value was  $4.65 \pm 0.07$  Pa.s, n value was  $0.35 \pm 0.21$ , and  $\mu_{\text{apparent}}$  was  $0.32 \pm 0.03$  Pa.s for all samples during storage. In a similar study (Ergin et al., 2017) on homogenized kefir, the K value was lower (0.021-0.545 Pa.s) and the n value was 0.56-0.98. The consistency coefficient was determined to be slightly higher in the present study due to the difference in raw materials and the lack of homogenization process, whereas there was a decrease in the flow behavior index toward the end of the shelf life in the study by Ergin et al. (2017). Similarly, Gurbuz & Sheifel (2008) examined the power law model and determined the n value to be in the range of 0.35-0.4. In another study on kumis, the n values at temperatures of 4-10-20°C were found to be 0.74-0.79-0.75, respectively, and the K values were 0.015-0.010-0.008 Pa.s, respectively (Sabancı et al., 2016).

In the study on viscosity measurement in kefir, it was concluded that when the sample was between 15°C and 20°C, it could be characterized by non-Newtonian fluid behavior and was compatible with power law model.

It can be stated that generally, buffalo and goats' milk have larger casein micelles than cows' milk because their protein networks have smaller pores, higher density and higher gel strength (Gomes et al., 2013). Additionally, the surface area of the fat globules is another parameter (Nguyen et al., 2014). Also, Nguyen et al. (2014) reported that a decrease in yoghurt water holding capacities (WHC) depended on the increase in the surface area of the fat globules of cows' milk. However, Menard et al. (2010) reported a low surface area for the fat globules of buffalo milk: 1.78 vs 1.97 m<sup>2</sup>/g of fat for cows' milk. Lucey et al. (1998) reported that the rheological properties of fermented dairy products can be affected by acidity, total solids and milk and culture types used. Additionally, Hassan (2008) stated that EPS content could improve the WHC of yoghurt by interacting between proteins and micelles. In this study, the type of milk and culture used for kefir production had a significant factor in the samples, as revealed by the rheological analysis results. The high gel stability in kefir from buffalo milk and buffalo milk mixtures could be attributed to its relatively high levels of protein and fat contents. Ramchandran & Shah (2009) found that a decrease in fat content can result in fragile gel stability due to the weaker protein gel in fermented milk. Additionally, Michalski et al. (2002) found a positive relationship between fat globule size and the mechanical properties of fermented milk gels. Therefore, higher gel stability values in kefir from buffalo and buffalo milk mixtures can be also explained by the larger size of fat globules in buffalo milk as compared to cows' milk (Menard et al., 2010). In addition, as 1 casein plays a very important role in gel formation, namely a higher as 1 casein content can cause a strong texture (Michalski et al., 2002). Buffalo milk has a higher as 1 casein content

(1.42 g 100/mL milk) than cows' milk, which has values of around 1.08 g 100/ mL milk (Hussain et al., 2012). In another study reported by Tamime & Robinson (2007), increasing gel structure was explained by fat globules in the protein network improving WHC, as casein fat globule membrane interactions caused an increase in viscosity due to more stable gel formation. As a result, it can be said that higher protein content increases the elastic character of a gel due to the increased number of protein interactions and bonds. The bonds that comprise the protein matrix are strong secondary bonds (the casein aggregates are linked to each other with secondary bonds rather than chemical ones) like hydrogen, electrostatic and hydrophobic bonds (Lucey et al., 1998). These bonds contribute to increased elasticity and as a consequence, to reduced viscous behavior of the samples.

### Sensory evaluation

The consistency of favorable kefir should be fluid, and its appearance should be homogeneous and shiny. When consumed, kefir should have a slight yeast taste and be slightly sour. It should provide a refreshing effect (AOAC, 2000). Studies conducted to determine the sensory characteristics of kefir revealed the information that the type of milk used for production and the storage time exert more pronounced effects than the starter culture. In addition, it has been determined that the starter culture affects the flavor and viscosity of the product (Wszolek et al., 2001).

Sensory evaluation was performed with a panel of 8 people for Days 1, 7, and 14 of the production using the discrimination tests (Meilgaard et al., 1999). Sensory evaluation was not done for Days 21, and 28, since kefir, which can be easily oxidized, showed a change in sensory properties on every analysis day owing to its production from high-fat milk.

The form of sensory evaluation made in a specified way is given in Appendix 1. The evaluation for scoring results are provided in Table 11, and the facial expression in Table 12.

**Table 11.** Result of sensory evaluation scale for scoring

**Çizelge 11.** Puanlamaya yönelik duyuusal değerlendirme sonuçları

Storage days	100 % Buffalo (1)	Buffalo-Cow (2)	Buffalo-Sheep (3)	Buffalo-Goat (4)	Buffalo-Cow-Sheep-Goat (5)
1	6.21±1.56 <sup>Aa</sup>	6.66±2.06 <sup>Ad</sup>	5.77±1.39 <sup>Bf</sup>	6.55±1.13 <sup>Ad</sup>	7.00±1.41 <sup>Ag</sup>
7	5.00±1.58 <sup>Bb</sup>	5.20±2.16 <sup>Bb</sup>	6.60±2.30 <sup>Ad</sup>	5.60±1.81 <sup>Bf</sup>	5.80±1.92 <sup>Bf</sup>
14	3.60±1.14 <sup>Cc</sup>	4.20±0.83 <sup>Ce</sup>	5.00±1.22 <sup>Bb</sup>	5.30±1.09 <sup>Bbf</sup>	5.40±1.67 <sup>Bbf</sup>

**Note:** The difference between kefir samples with different letters was significant ( $p < 0.05$ )

a,b,c,d,e,f,g: Refers to the sensory differences for scoring for the kefir sample in the related column.

A,B,C: Refers to the sensory differences for scoring for the kefir sample in the related line.

**Table 12.** Result of facial expression sensory evaluation scale

**Çizelge 12.** Yüz ifadeli duyuusal değerlendirme sonuçları

Storage days	100 % Buffalo (1)	Buffalo-Cow (2)	Buffalo-Sheep (3)	Buffalo-Goat (4)	Buffalo-Cow-Sheep-Goat (5)
1	3.20±1.09 <sup>Aa</sup>	3.44±1.42 <sup>Aa</sup>	3.44±0.58 <sup>Aa</sup>	3.77±0.44 <sup>Bc</sup>	4.00±0.71 <sup>Bd</sup>
7	2.30±0.97 <sup>Cb</sup>	2.70±1.30 <sup>Cb</sup>	3.80±1.64 <sup>Bc</sup>	3.00±1.41 <sup>Aab</sup>	3.30±1.48 <sup>Aa</sup>
14	2.50±0.70 <sup>Cb</sup>	2.50±0.50 <sup>Cb</sup>	3.60±0.54 <sup>Bc</sup>	3.20±0.83 <sup>Aa</sup>	4.10±0.54 <sup>Bd</sup>

**Note:** The difference between kefir samples with different letters was significant ( $p < 0.05$ ).

a,b,c,d: Expresses the sensory differences in facial expression for the kefir sample in the related column.

A,B,C: Expresses sensory differences with facial expressions for kefir example in the related line.

The results of the sensory evaluation within the scope of the present study indicated that kefir (1) produced using buffalo milk was not particularly pleasant in terms of smell and taste. Kefir (2) produced using buffalo and cow milk was not highly appreciated in terms of smell and taste, but its consistency was quite favorable. Kefir (3) produced using buffalo and sheep milk was considered to be the most delicious product by the panelists who loved high-fat foods. It was determined that kefir (4) produced using buffalo and goat milk was favorable in odor and taste but had some problems in terms of consistency. Kefir (5) produced using a mixture of buffalo, cow, sheep, and goat milk was considered as the most admired product by the panelists in terms of smell, taste, and consistency. In this study, the most popular product was kefir (5) produced using a mixture of buffalo, cow, sheep, and goat milk, followed by kefir (3) produced using buffalo and sheep milk, kefir (4) produced using buffalo and goat milk, kefir (2) produced using buffalo and cow milk, and kefir (1) produced using buffalo milk. Other studies have reported that kefir produced using sheep's milk received the highest score from the consumers in terms of taste, followed by kefir produced from cow and goat milk (Wszolek et al., 2001). In a study using cow's milk and fruit mixtures, odor, taste, texture, and appearance were determined based on a 30-point scale. The results showed that during the 14-day storage period, the samples initially scored close to 30 points and then 14.4 points, along with sensory differentiation toward the end of the shelf life. The sensory characteristics of kefir tend to decline toward the end of its shelf life. It is considered that underdevelopment of aroma and acetic acid bacteria, incubation conditions, amount and type of starter culture, and excessive gas formation caused by the overgrowth of yeasts are the main reasons of flavor defects that may adversely affect the sensory evaluation (Altınayar, 1994).

The rheological and sensorial properties were influenced depending upon milk types like buffalo, cow, goat and sheep and its proportion. The power-law model appears to be suitable for describing the flow behavior of kefir types as indicated by high correlation coefficient ( $r$ ) values. All of the flow diagrams of kefir processed with different milk species exhibit shear-thinning non-Newtonian behavior.

## ACKNOWLEDGEMENT

This work was financially supported by the Ege University Office of Scientific Research Projects with a project number of FYL-2019-20613.

## REFERENCES

- Ahmed, J., S.T. Prabhu, G.S.V. Raghavan & M. Ngadi, 2007. Physicochemical, rheological, calorimetric and dielectric behavior of selected Indian honey. *Journal of Food Engineering*, 79:1207-1213.
- Altınayar, A., 1994. Geleneksel Fermente Süt Ürünlerimizin Raf Ömürlerini Arttırma Yolları. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü, (Basılmamış) Seminer Notları, 34 s.
- AOAC, 2000. Official Methods of Analysis. The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA. 17th ed. Methods 925.10,65.17,974.24,992.16, 771 pp.
- Assil, H.I., R. Sterling & P. Sporns, 1991. Crystal control in processed liquid honey. *Journal of Food Science*, 56: 1034-1041.
- Bensmira, M., C. Nsabimana & B. Jiang, 2010. Effects of fermentation conditions and homogenization pressure on the rheological properties of Kefir. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie Food Science and Technology*, 43 (8): 1180-1184. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.04.005>.
- Diosma, G., D.E. Romanin, M.F. Rey-Burusco, A. Londero & G.L. Garrote, 2014. Yeasts from kefir grains: Isolation, identification, and probiotic characterization. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 30 (1): 43-53.
- Dogan M., 2011. Rheological behaviour and physicochemical properties of kefir with honey. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 6: 327-332. doi: 10.1007/s00003-010-0643-6.
- Duboc, P. & B. Mollet, 2001. Applications of exopolysaccharides in the dairy industry. *International Dairy Journal*, 11 (9): 759-768. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00119-4](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00119-4).

- Elzeini, H. M., 2006. Microstructure, rheological and geometrical properties of fat globules of milk from different animal species. *Polish Journal of Food and Nutrition Science*, 1556 (2): 147-154.
- Ergin, F., G. Öz, Ü. Özmen, Ş. Erdal, E. Çavana & A. Küçükçetin, 2017. Sütün homojenizasyonunun kefirin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisi. *Akademik Gıda*, 15 (4): 368-376, DOI: 10.24323/akademik-gida.370105.
- Everett, D.W. & N.F. Olson, 2003. Free oil and rheology of Cheddar cheese containing fat globules stabilized with different proteins. *Journal of Dairy Science*, 86 (3): 55-63. DOI:10.3168/jds.S0022-0302(03)73656-X.
- Golowczyc, M.A., M.J. Gugliada, A. Hollmann, L. Delfederico, G.L. Garrote & A.G. Abraham, 2008. Characterization of homofermentative lactobacilli isolated from kefir grains: Potential use as probiotic. *Journal of Dairy Research* 75 (2): 211-217.
- Gomes, J.J.L., A.M. Duarte, A.S.M. Batista, R.M.F. De Figueiredo, E.P. De Sousa, E.L. De Sousa & R.D.C.R. Do Egypto, 2013. Physicochemical and sensory properties of fermented dairy beverages made with goat's milk, cow's milk and a mixture of the two milks. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie Food Science and Technology*, 54 (1) 18-24.
- Gul, O., I. Atalar, M. Mortas & M. Dervisoglu, 2018. Rheological, textural, colour and sensorial properties of kefir produced with buffalo milk using kefir grains and starter culture: A comparison with cows' milk kefir. *International Journal of Dairy Technology*, 71: 73-80. <http://dx.doi.org/10.1111/1471-0307.12503>.
- Gunasekaran, S. & K. Ding, 1999. Three-dimensional characteristics of fat globules in Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 82 (9): 1890-1896. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75423-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75423-8).
- Gurbuz, S. & E. Sheifel, 2008. Bazı Gıdaların Akıcılık Özelliklerinin Belirlenmesi. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, (Basılmamış) Bitirme Tezi, İzmir, 74 s.
- Hassan A.N., 2008. ADSA Foundation Scholar Award: Possibilities and challenges of exopolysaccharide-producing lactic cultures in dairy foods. *Journal of Dairy Science* 91: 1282-1298.
- Hussain, I., J. Yan, A.S. Grandison & A.E. Bell, 2012. Effects of gelation temperature on Mozzarella-type curd made from buffalo and cows' milk: 2. Curd yield, overall quality and casein fractions. *Food Chemistry* 135 1404-1410.
- Icier, F., H. Bozkurt & S. Gurbuz, 2008. Kefir ve akıcı yoğurdun reolojik davranışlarının karakterizasyonu. *Akademik Gıda*, 6 (5): 6 -11.
- Karatas, M. 2014. Greyfurt Kabuğu Selülozu ve Karboksimetil Selülozunun Akış Davranışları. Fırat Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Elazığ, 118 s.
- Kayacier, A & M. Dogan, 2006. Rheological properties of some gums-salep mixed solution. *Journal of Food Engineering*, 72: 261-265.
- Kesenkas, H., N. Akbulut, O. Yerlikaya, A. Akpınar & M. Acu, 2013. Kefir dondurması üretiminde soya sütünün kullanım olanakları üzerine bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50 (1): 1-12.
- Lopitz-Otsoa, F., A. Rementeria, N. Elguezabal & J. Garaziar, 2006. Kefir: A symbiotic yeasts-bacteria community with alleged healthy capabilities. *Revista Iberoamericana de Micología*, 23: 67-74.
- Lucey, J.A., M. Tamehana, H. Singh & P.A. Munro, 1998. A comparison of the formation, rheological properties and microstructure of acid skim milk gels made with a bacterial culture or glucono-d-lactone. *Food Research International*, 31 (2): 147-155.
- Ma, Y. & D.M. Barbano, 2000. Gravity separation of raw bovine milk: Fat globule size distribution and fat content of milk fractions. *Journal of Dairy Science*, 83 (8): 1719-1727. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75041-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75041-7).
- Meilgaard, M.C., G.V. Civille & B.T. Carr, 1999. "Descriptive Analysis Techniques, 161-170". In: *Sensory Evaluation Techniques*, 3rd ed. CRC Pres, Inc. Boca Raton, FL, 416 pp.
- Menard, O., S. Ahmad, F. Rousseau, V. Briard-Bion, F. Gaucheron & C. Lopez, 2010. Buffalo vs. cow milk fat globules: Size distribution, zeta-potential, compositions in total fatty acids and in polar lipids from the milk fat globule membrane. *Food Chemistry*, 120: 544-551.
- Metzger, M.E. & V.V. Mistry, 1995. A new approach using homogenization of cream in the manufacture of reduced fat Cheddar cheese. 2. microstructure, fat globule distribution, and free oil. *Journal of Dairy Science*, 78 (9): 1883-1895. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(95\)76813-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76813-8).
- Michalski, M.C., F. Michel & C. Geneste, 2002. Appearance of submicronic particles in the milk fat globule size distribution upon mechanical treatments. *Le Lait*, 82 (2): 193-208.

- Nguyen, H.T.H., L. Ong, C. Lefevre, S.E. Kentish & S.L. Gras, 2014. The microstructure and physicochemical properties of probiotic buffalo yoghurt during fermentation and storage: A comparison with bovine yoghurt. *Food and Bioprocess Technology*, 7: 937-953.
- Otles, S. & O. Cagindi, 2003. Kefir: A probiotic dairy-composition, nutritional and therapeutic aspects. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2 (2): 54-59.
- Paraskevopoulou A., I. Athanasiadis, M. Kanellakib, A. Bekatorou, G. Blekasa & V. Kiosseoglou, 2003. Functional properties of single cell protein produced by kefir microflora. *Food Research International*, 36 (5): 431-438. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(02\)00176-X](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(02)00176-X).
- Ramchandran, L. & N.P. Shah, 2009. Effect of exopolysaccharides on the proteolytic and angiotensin-I converting enzyme-inhibitory activities and textural and rheological properties of low-fat yogurt during refrigerated storage. *Journal of Dairy Science*, 92: 895-906.
- Rimada, P.S. & A.G. Abraham, 2006. Kefiran improves rheological properties of glucono- $\delta$ -lactone induced skim milk gels. *International Dairy Journal*, 16 (1): 33-39. DOI:10.1016/j.idairyj.2005.02.002.
- Rosa, D.D., M.M.S. Dias, L.M. Grzeskowiak, S.A. Reis, L.L. Conceicao & M. Peluzio, 2017. Milk kefir: Nutritional, microbiological and health benefits. *Nutrition Research Review*, 30 (1): 82-96.
- Rowney, M.K., M.W. Hickey, P. Roupas & D.W. Everett, 2003. The effect of homogenization and milk fat fractions on the functionality of Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 86 (3): 712-718. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73651-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73651-0).
- Sabancı, S., O.F. Cokgezme, D. Tezcan, M. Çevik & F. Icier, 2016. Effects of temperature on time dependent rheological characteristics of koumiss. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4 (4): 262-266.
- Saygılı, D., D. Doner, F. Icier & C. Karagozlu, 2022. Rheological properties and microbiological characteristics of kefir produced from different milk types. *Food Science and Technology*, 42: e32520 (1-6) (DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.32520>).
- Steffe, J.F., 1996. *Rheological Methods in Food Process Engineering*. 2nd ed. Michigan, 428 pp.
- Tamime, A.Y. & R.K. Robinson, 2007. *Tamime and Robinson's Yoghurt - Science and Technology*, 3rd ed. Cambridge, Woodhead Publishing Ltd. 808 pp.
- Walstra, P. & R. Jenness, 1984. *Dairy Chemistry and Physics*. New York, 467 pp.
- Walstra, P., 1995. "Physical Chemistry of Milk Fat Globules, 131-178". In: *Advanced Dairy Chemistry*. 2nd ed. (Ed. P. F. Fox) Vol. 2. Lipids. Chapman & Hall, 826 pp.
- Wszolek, M., A.Y. Tamime, D.D. Muir & M.N.I. Barclay, 2001. Properties of kefir made in Scotland and Poland using bovine, caprine and ovine milk with different starter cultures. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. 34: 251-261.
- Zanirati, D.F., M. Abatemarco, S.H. de Cicco Sandes, J.R. Nicoli, Á.C. Nunes & E. Neumann, 2015. Selection of lactic acid bacteria from Brazilian kefir grains for potential use as starter or probiotic cultures. *Anaerobe*, 32: 70-76.

Appendix 1

**Sensory Evaluation Form**

Name Surname:

Date:

Products: Buffalo milk and buffalo milk base kefirs

Facial Expression Sensory Evaluation Scale



Sensory Evaluation Scale for Scoring

Liking Scale			
Likely extremely	9	Dislike slightly	4
Like very much	8	Dislike moderately	3
Like moderately	7	Dislike very much	2
Like slightly	6	Dislike extremely	1
Neither like or dislike	5		

Sensory Evaluation Form for Scoring

Product	Consistency	Odor	Taste	General Evaluation
1				
2				
3				
4				
5				







**Research Article**  
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (1): 53-60  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1198529>

Nevzat SEVGİN<sup>1</sup>

Aveen KHORSHEED KHALID<sup>2</sup>

Merve ÖZKUL<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Şırnak University, Faculty of Agriculture, Horticulture Department, 73300, İdil, Şırnak, Türkiye

<sup>2</sup> Zakho University, Faculty of science, Zakho, Duhok, Iraq

<sup>3</sup> Erbeyli İncir araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 09600, İncirliova, Aydın, Türkiye

\* Corresponding author (Sorumlu yazar):

[nsevgin@gmail.com](mailto:nsevgin@gmail.com)

**Keywords:** Activated charcoal, in vitro, gelled medium, liquid medium, *Morus nigra* L.

**Anahtar sözcükler:** Aktif kömür, in vitro katı ortam, sıvı ortam, *Morus nigra* L.

## Effects of charcoal and physical state of medium on micropropagation of black mulberry (*Morus nigra* L.)

Aktif karbon ve kültür ortamının fiziksel halinin Urmu dutu (*Morus nigra* L.) nun mikroçoğaltımı üzerine etkisi

\* This article has been summarized from the second author's master thesis.

Received (Alınış): 08.11.2022

Accepted (Kabul Tarihi): 03.02.2023

### ABSTRACT

**Objective:** The purpose of this research was to investigate the effects of charcoal and physical state of culture medium on growth of *Morus nigra* L.

**Material and Methods:** For the study tree mature black mulberry (*M. nigra*) genotypes A5, T6 and T8 grown in vitro were used as the explant source in this study. To find out the possible effects of charcoal and culture physical state (culture medium) on culture growth used four) Liquid Nas and Read Medium (NRM) + 0.5 gl<sup>-1</sup> activated charcoal, Liquid NRM containing no charcoal, Gelled NRM + 0.5 gl<sup>-1</sup> activated charcoal, agar-gelled NRM containing no charcoal) medium were used in the study to find out the possible effects of the presence of charcoal and physical state of the culture medium on culture growth.

**Results:** Medium physical state and presence of activated charcoal in the medium greatly affected mean shoot number per cultured explants. Mean shoot numbers obtained per explants varied between 1.1 and 5.8. Medium containing no charcoal produced more shoots compared to medium containing charcoal and agar - gelled medium produced more shoots compared to liquid medium.

**Conclusion:** Agar- The gelled medium with agar gave better results for black mulberry (*M. nigra*) than the liquid medium.

### ÖZ

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı *Morus nigra* L. nin in vitro mikro çoğaltımı üzerinde aktif kömür ve kültür ortamının fiziksel halinin araştırılmasıdır.

**Materyal ve Yöntem:** Çalışmada Urmu dutun (*M. nigra*) 3 genotipi (A5, T6, T8) explant olarak kullanılmıştır. Kültür ortamında kömürün varlığı ve ortamın fiziksel halinin (sıvı veya jel) incelenmesi için sıvı Nas ve Read medium (NRM)+0,5 gr L<sup>-1</sup> aktif kömür, aktif kömürsüz sıvı NRM ortamı, katı NRM ortamı+0,5 gL<sup>-1</sup> aktif kömür ve aktif kömürsüz NRM ortamı kullanılmıştır.

**Araştırma Bulguları:** Kültür ortamında kömürün varlığı ve ortamın fiziksel hali (sıvı veya jel) bir eksplantten elde edilen ortalama sürgün sayısını önemli derecede etkilemiştir. Bir eksplantten elde edilen ortalama sürgün sayısı 1.1 ile 5.8 arasında olmuştur. Aktif kömür içermeyen ortam üzerinde daha fazla sürgün elde edilmiş ve sıvı ortama kıyasla jelleştirilmiş ortam üzerinde elde edilen sürgün sayısı daha yüksek olmuştur.

**Sonuç:** Urmu dutunun in vitro mikroçoğaltımında agar ile katılaştırılmış NRM ortamı sıvı NRM ortamından daha iyi sonuç vermiştir.

## INTRODUCTION

The family Moraceae includes the genus *Morus*, which includes the black mulberry (*Morus nigra* L.) Approximately 10-16 species of mulberry are cultivated worldwide. In commercial mulberry cultivation, three main types of mulberry, white (*Morus alba* L.), red (*Morus rubra* L.), and including black (*M. nigra*) are generally used for fruit production. Black mulberry (*M. nigra*) is also known as "amoreira", "amorapreta" or "negra" (Ercisli & Orhan, 2007; Wasano et al., 2009; Hussain et al., 2020). It is a woody perennial tree or shrub. It is an economically important plant used for its fruit and is vital to sericulture industry. Mulberry plants are also grown in many countries for silkworm (*Bombyx mori* L.) production (Wang et al., 2022).

With the increase in demand for quality mulberry fruits due to the properties of antioxidants it contains, it has become an increasingly important fruit due to the important nutritional content nowadays. Mulberries are a good source of vitamins and minerals (Gerasopoulos & Stavorulakis, 1997; Wang et al., 2022). In addition, mulberry fruits have a wide range of biochemical activities that are very important for human health (phenolic acids, flavonoid, antioxidant, anti-hyperlipidemia, anti-cancer) (Dairas et al., 2003; Ouyang et al., 2005; Bae & Suh, 2007; Chen et al., 2012). Fruits are used as worming agent, for dysentery and as a laxative, odontalgic, anthelmintic, expectorant, hypoglycemic and emetic (Baytop, 1996, 1999). The fruits of mulberry activate kidney energy and thus are used as antichloristic.

Mulberry is propagated by different methods nowadays. The method of propagation varies according to the variety. However, it is generally propagated by conventional methods such as cuttings, grafting, air layering, and seed (Lu, 2002). Propagation by seed is not desirable due to the heterogeneous nature of the seedlings become of cross pollination (Das, 1983; Hossain et al., 1992). In some countries such as Bangladesh propagation of mulberry through cuttings is restricted to a single season (September-October) (Zaman *et al.*, 1997). Developing inbred mulberry is not easy due to a longer juvenility period, high inbreeding depression and the dioecious nature of the plant (Vijayan, 2010).

Black mulberry (*M. nigra*) is much more difficult to propagate than the white mulberry type because grows much slower than white ones (Skrovankova et al., 2022). Black mulberry are commercially propagated by stem cuttings, seeds and grafting. Often cuttings are difficult to root. It is a difficult to propagate species, as it tends to bleed heavily when cut for grafting. Successful rooting ability of stem cuttings depends on the propitious genotype and environmental conditions. Also, the success of grafting depends on cambium activity and compatibility. Although it can be reproduced quickly by seed but seed reproduction is not applied because homogeneity is not achieved due to open pollination. (Pati et al., 2006). Furthermore, stem cuttings cannot be used for reproduction of economically important new mulberry varieties (Kapur et al., 2001). However, the plants can be propagated quickly by in vitro culture methods (Hepaksoy, 2017; Zainal & Hepaksoy, 2018; Taha et al., 2020; Doğan, 2022). Propagation of black mulberry via conventional propagation techniques is not satisfactory. Micropropagation seems to be an attractive alternative propagation (Altman, 2000; Adelderg et al., 2000) but there are only a few studies that report in vitro propagation of different *Morus* species. Moreover, the capacity to transfer the plants outside of culture is essential to the long-term success of mulberry in vitro multiplication on a commercial scale, at a cheap cost, and with good survival rates (Chandra et al., 2010). To reach this objective the possible effects of charcoal and culture physical state (culture medium) on culture growth of black mulberry were investigated.

## MATERIAL and METHODS

The present study was carried out in the ÜSKİM plant tissue culture laboratory, Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Turkey, between October 2013 and August 2014.

Black mulberry (*M. nigra*) axillary buds were used as the experimental materials. Culture of mature Black mulberry genotypes A5, T6 and T8 grown in vitro were used as the explant source.

### **Culture medium and culture conditions**

The medium used for culture growth was Nas and Read (NRM) (2004) medium. The cultures were maintained in a growth chamber at  $24\pm 1^\circ\text{C}$  with a 16/8 h (light/dark) photoperiod under cool-white, fluorescent light at  $80\ \mu\text{mol m}^{-2}\ \text{s}^{-1}$ .

### **Determining the effects of charcoal and medium physical state on culture growth**

To find out the possible effects of charcoal and culture physical state (culture medium) on culture growth the following culture media were used:

1. Liquid Nas and Read Medium (NRM) +  $0.5\ \text{g L}^{-1}$  + activated charcoal.
2. Liquid NRM containing no charcoal.
3. Gelled NRM +  $0.5\ \text{g L}^{-1}$  + activated charcoal.
4. Gelled NRM containing no charcoal.

Nas and Read (2004) medium containing  $0.01\ \text{mg L}^{-1}$  Indol-3-Butyric Acid (IBA),  $0.25\ \text{mg L}^{-1}$  Benzyl adenine (BA), and  $30\ \text{g L}^{-1}$  sucrose was used as the culture medium. If charcoal was to be added to a medium, first  $0.5\ \text{g L}^{-1}$  charcoal was added to the medium, and then the PH was adjusted to 5.5. To gelled (solidify) medium,  $5.5\ \text{g L}^{-1}$  Merck microbiological agar was added. The media were autoclaved at  $121^\circ\text{C}$  and  $1.2\ \text{kgf cm}^{-2}$  for 15min. After autoclaving, the medium was distributed to 15 x 250 mm glass-test tubes.

For each genotype 10 replicate test tubes were used, with one explant per tube (each explant containing 1 axillary bud). Then culture vessels were randomly placed on the growth shelves. were first maintained in the dark for 1 week at  $24\pm 1^\circ\text{C}$ . Then, they were subjected to a 16/8 h (light/dark) photoperiod under cool-white, fluorescent light at  $80\ \mu\text{mol m}^{-2}\ \text{s}^{-1}$  in the same growth chamber for 4 weeks. All experiments were repeated at least twice time.

### **Rooting stage**

At this stage, shoots obtained on multiplication medium and are  $\geq 2\text{cm}$  were used for rooting experiments. To induce rooting microshoots obtained on multiplication medium were cultured on gelled (NRM containing 0, 0.5, 1.0 or  $1.5\ \text{mg L}^{-1}$  IBA). Four replications (Magenta vessels containing 5 microshoots) of each genotype were applied to each IBA level. Microshoots transferred to rooting medium were first exposed to the dark medium for one week at  $24\ ^\circ\text{C}$ , and then were subjected to a 16/8 h (light/dark) photoperiod for three weeks. Data of rooting percentage (%), average number of roots and average root length were recorded after 4 weeks. At the end of 4 weeks, rooted microsprouts from which rooting data were obtained were washed in tap water to remove the agar at the bottom. The microshoots cleared from the agar were transferred to plastic cups containing a mixture of 60% peat and 40% perlite. To prevent moisture loss in the glasses, they are covered with a transparent plastic cup. The humidity of the plastic cups was checked daily, and after 1 week the cups were perforated (about  $1\ \text{cm}^2$ ) and plants were kept covered for another week. The micro shoots were tried to acclimate gradually in this way for 2 weeks and at the end of 2 weeks, the transparent cub was removed. Than plants were left to grow under 16/8 h (light/dark) photoperiod under cool-white fluorescent light at  $80\ \mu\text{mol m}^{-2}\ \text{s}^{-1}$  for two weeks. At the end of the fourth week, the acclimatized plants were transplanted into bigger pots containing the same mixture described above. Then, after one month, the plants were shifted to the greenhouse (shaded with a mesh blocking 50% of the light) and left to grow under uncontrolled temperature (min.  $18^\circ\text{C}$  - max.  $27^\circ\text{C}$ ) and relative humidity conditions (Nas et al., 2012). For each treatment and genotype there were three replicate jars with 5 shoots per jar, and all experiments were repeated three times.

## Statistical Analysis

All statistical analysis were performed using SPSS 22 (IBM). Comparison of treatment means was done using LSD at  $P \leq 0.05$  used. Data for explants in a culture vessel were divided by the number of explants, and the mean shoot number and number shoot length were used for statistical analysis.

## RESULTS and DISCUSSION

### Shoot multiplication

Chemical composition of culture medium (with or without charcoal) and medium physical state (liquid or gelled) had a great influence on the number of shoots obtained per cultured explant. Similar to mean shoot number per cultured explant, chemical composition of culture medium (with or without charcoal) and medium physical state (liquid or gelled) influenced mean shoot length of all three black mulberry (*M. nigra*) genotypes used in this study (Table 1).

**Table 1.** The effect of charcoal and medium physically on mean shoot number and shoot length (cm)  $\pm$  std. dev. (cm) of *Morus nigra*

**Çizelge 2.** Aktif kömür ve kullanılan ortamın fiziksel durumunun *Morus nigra* nin ortalama sürgün sayısı ve uzunluğu (cm) üzerine etkisi

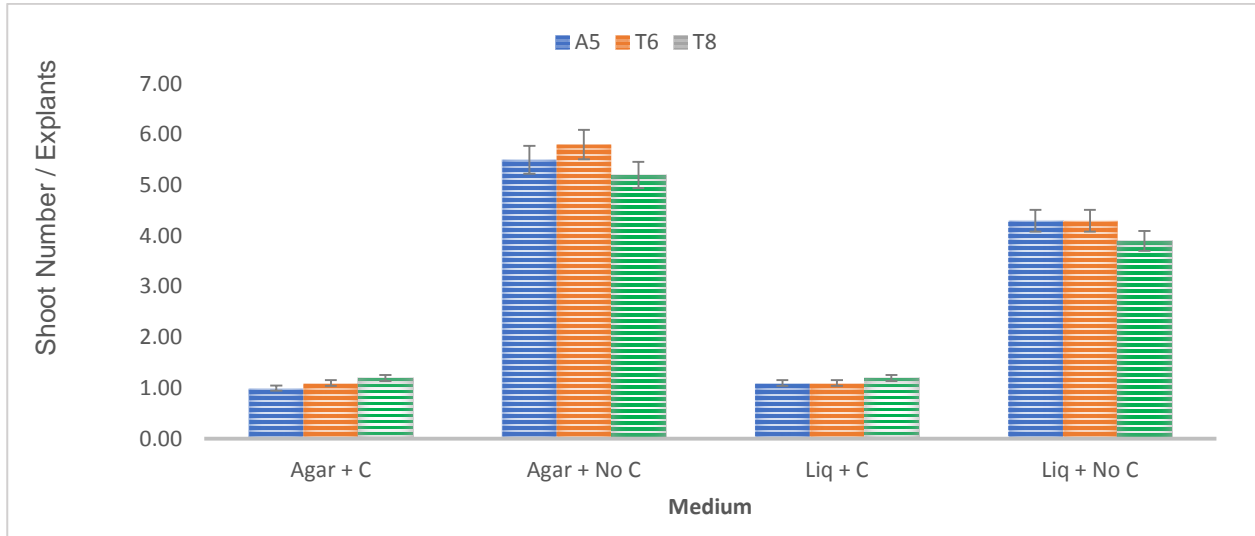
Medium	Genotype					
	A5		T6		T8	
	M.S No	M.S L	M.S No	M.S L	M.S No	M.S L
Agar + charcoal	1.0 $\pm$ 00 d	1.1 $\pm$ 0.2 d	1.1 $\pm$ 0.1 c	1.2 $\pm$ 0.4 d	1.2 $\pm$ 0.2 c	1.0 $\pm$ 0.0 d
Agar + no charcoal	5.5 $\pm$ 1.5 a	2.2 $\pm$ 1.8 b	5.8 $\pm$ 1.3 a	2.1 $\pm$ 0.4 b	5.2 $\pm$ 0.4 a	2.0 $\pm$ 0.0 b
Liquid + charcoal	1.1 $\pm$ 0.1 c	2.1 $\pm$ 1.0 c	1.1 $\pm$ 0.2 c	1.9 $\pm$ 0.1 c	1.2 $\pm$ 0.1 c	2.2 $\pm$ 1.1 a
Liquid + no charcoal	4.3 $\pm$ 0.3 b	2.6 $\pm$ 0.2 a	3.9 $\pm$ 1.2 b	2.5 $\pm$ 0.8 a	2.5 $\pm$ 0.1 b	1.9 $\pm$ 0.5 c

M.S. No: ortalama sürgün sayısı M.S.L: Ortalama sürgün uzunluğu, Farklı harfler önemli farklılıkları gösterir ( $p < 0.05$ ) M.S No: mean shoot number, M.S. L: mean shoot length, Different letters indicate significant differences ( $p < 0.05$ ).

Mean number of shoots obtained per explants are shown in Table 1. Clearly medium containing no charcoal was superior to medium containing charcoal as it produced more shoots. Moreover, gelled medium containing no charcoal was better than liquid medium containing no charcoal. The highest numbers of shoots per cultured explant of genotype A5 (5.5 shoot/explant), genotype T6 (5.8 shoot / explant) and genotype T8 (5.2 shoot / explant) were obtained on agar-gelled medium containing no charcoal. On agar-gelled medium containing  $0.5 \text{ gL}^{-1}$  charcoal mean numbers of shoots obtained per cultured explants were 1.0, 1.1 and 1.2 for genotype A5, genotype T6 and genotype T8, respectively.

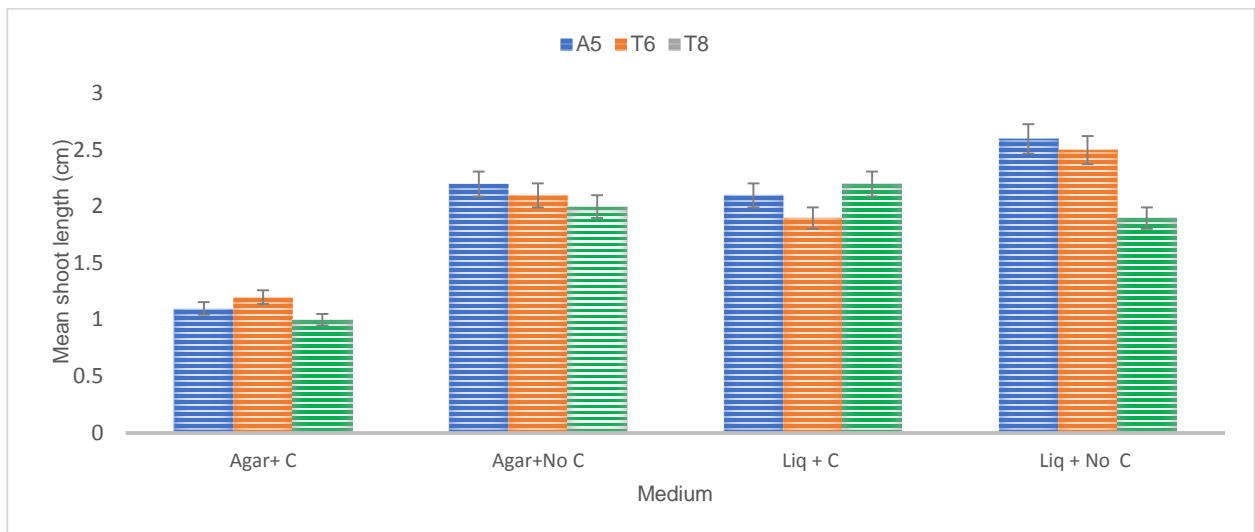
Mean shoot number per explant obtained on liquid medium was significantly lower than that obtained on agar-gelled medium. Moreover, mean shot number obtained on liquid medium containing no charcoal was higher than that on liquid medium containing charcoal. Mean shoot numbers on liquid medium containing no charcoal were 4.3, 3.8 and 2.5 for genotype A5, genotype T6 and genotype T8, respectively. On liquid medium containing  $0.5 \text{ gL}^{-1}$  charcoal mean shoot numbers were 1.1, 1.1 and 1.2 for the same genotypes, respectively. Our results showed that the fortified NRM agar-gelled medium with  $0.01 \text{ mgL}^{-1}$  Indol-3-Butyric Acid (IBA),  $0.25 \text{ mgL}^{-1}$  Benzyl adenine (BA) finding is more suitable for in vitro propagation of mulberry. In some studies, the best shoot number was obtained at high concentrations, while in our study, BA ( $0.25 \text{ mgL}^{-1}$ ) at low concentration gave very good results. Ohyama (1987) was demonstrated that the MS medium containing  $2 \text{ mgL}^{-1}$  6-benzylamino purine (BAP) was the best for shoot multiplication (Bhau & Wakhlu, 2001, 2003; Lalitha et al., 2013). This is close and in agreement with the Taha et al. (2020).

The mean shoot length of the three genotypes is shown in Table 1. In contrast to the mean shoot length, the mean shoot lengths on liquid medium were higher or similar to those on gelled medium. Gelled medium containing no charcoal and liquid medium containing both charcoal and no charcoal produced longer shoots than gelled medium containing 0.5 gL<sup>-1</sup> charcoal. Shoot length on liquid medium with and without charcoal was similar (Table 1 and Figures 1&2).



**Figure 1.** Mean number of shoots of *Morus nigra* genotypes obtained on liquid or gelled.

**Şekil 1.** *Morus nigra*'nın aktif kömür ve aktif kömür içermeyen sıvı ve katı ortamda oluşan ortalama sürgün sayısı.



**Figure 2.** Mean shoot lengths of *Morus nigra* genotypes obtained on liquid or gelled medium with/without charcoal.

**Şekil 2.** *Morus nigra*'nin aktif kömür veya aktif kömür içermeyen sıvı ve katı ortamda oluşan sürgünlerin ortalama uzunluğu.

There was a clear inverse relationship between the quantity of shoots per explant and shoot length. Shoot length measured on a liquid medium, with or without charcoal, was comparable to or superior to that measured on a solid medium. The low quantity of shoots obtained on liquid medium may have contributed to the fact that they were longer than those on solid medium.

### The effect of IBA concentration on rooting in the in vitro propagation of Black mulberry (*Morus nigra*)

To improve the rooting of *M. nigra* microshoots, the effects of three IBA concentration were tested. The shoots that were new obtained from regenerating explants were cut from the original explants and subcultured on the multiplication medium for 1 month were cultured on root induction medium (0, 0.5, 1.0, 1.5 mgL<sup>-1</sup> IBA).

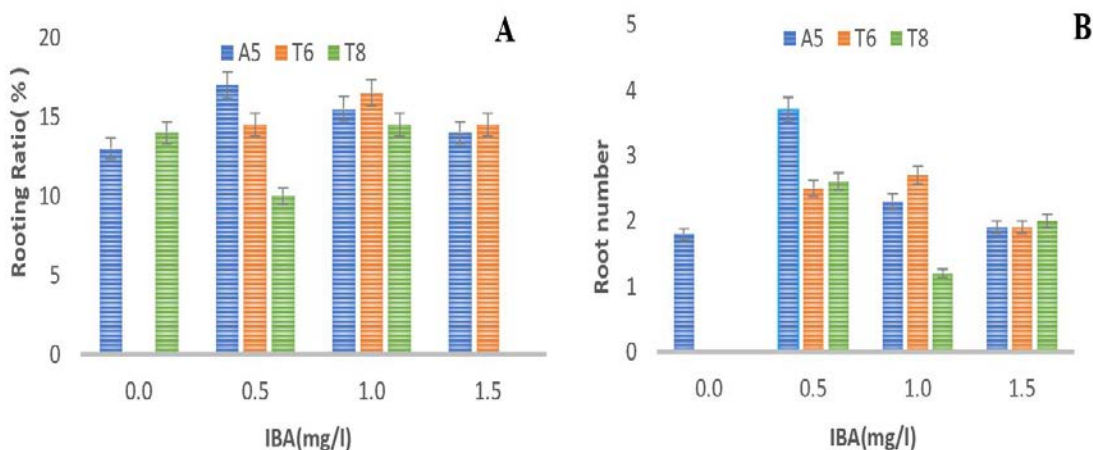
**Table 2.** Rooting percentages and mean rooting percentage of *Morus nigra* microshoots in the presence of various IBA concentrations

**Çizelge 2.** Farklı IBA konsantrasyonlarındaki *Morus nigra*'nın köklenme yüzdesi ve ortalama kök sayısı

IBA (mgL <sup>-1</sup> )	Genotype A5		Genotype T6		Genotype T8	
	Rooting percentage (%)	Number of roots per microshoots	Rooting percentage (%)	Number of roots per microshoots	Rooting percentage (%)	Number of roots per microshoots
0.0	13.0 ± 3 a	1.8 ± 1.2 a	--	--	--	--
0.5	17.0 ± 3 a	3.7 ± 1.2 a	14.5 ± 4.2 a	2.5 ± 0.9 a	14 ± 0.5 a	2.6 ± 0.0 a
1.0	15.5 ± 2.2 a	2.3 ± 0.9 a	16.5 ± 2.2 a	2.7 ± 0.9 a	10 ± 0.9 a	1.8 ± 1.1 a
1.5	14.0 ± 2.2 a	1.9 ± 0.9 a	14.0 ± 2.2 a	1.9 ± 0.9 a	14,5 ± 0.9 a	2.0 ± 0.5 a

Diferent letters indicate significant differences ( $p < 0.05$ ).

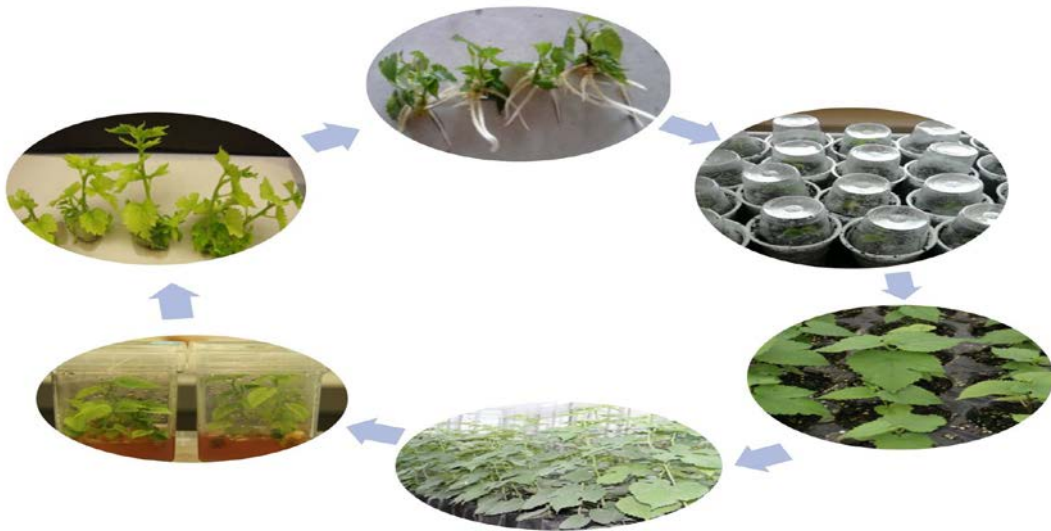
Four weeks after root indication rooting data were recorded. Regardless of IBA concentration and genotype rooting ratios were similar. Depending on IBA concentration and genotype, rooting percentage of microshoots varied between 10% and 17% (Table 2) The number of roots per microshoots varied between 1.2 and 3.7, and IBA concentrations and genotype 2.2 roots per microshoots were obtained (Table 2, Figure 3). It was determined that IBA is a possible auxin that encourages roots in in vitro regenerated shoots (Rajore & Batra, 2005).



**Figure 3.** Mean rooting percentage (A) and Mean number of roots (B) of *Morus nigra* genotypes obtained on medium containing different concentrations of IBA (mg/l).

**Şekil 3.** Farklı IBA konsantrasyonlarında *Morus nigra*'nın köklenme yüzdesi (A) ve mikrosürgün başına ortalama kök sayısı (B).

Rooted microshoots were removed from culture vessels and roots were washed with tap water to remove the agar. After removal of agar from roots, rooted microshoots were transferred to pots. Then the plantlets were subjected to the gradual acclimatization procedure explained in materials and methods (Figure 4). Over 90% of rooted microshoots survived after acclimatization stage (Figure 4).



**Figure 4.** Micropropagation and acclimatization stages of *Morus nigra*.

**Şekil 4.** *Morus nigra*'nın *in vitro* çoğaltma ve aklimatizasyon aşamaları.

## CONCLUSIONS

Traditional propagation methods of black mulberry are not satisfactory for commercial propagation. In this study the best *in vitro* Propagation capacity was observed when using axillary buds explants of black mulberry. If shoot length is concerned, first a desired shoot number should be obtained on agar - gelled medium then shoots should be cultured on a liquid medium to obtain longer shoots. Charcoal in the culture medium was inhibitory for culture growth and its use in micropropagation of black mulberry is not recommended. Although the rooting of microshoots need to be improved, once microshoots are rooted, they can successfully be transplanted *ex vitro* and a reasonable number of clone plants can be distributed to the growers in a relatively short period of time.

## REFERENCES

- Adelberg, J., M. Koroggel & J. Toler, 2000. Physical environment *in vitro* affects laboratory and nursery growth of micropropagated Hostas. *HortTechnology*, 10 (4): 754-757. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.10.4.754>
- Altman, A., 2000. "Micropropagation of Plants, Principles and Practice, 916-929". In: *Encyclopedia of Cell Technology* (Ed. R. E. Spier). NewYork: John Wiley & Sons, 1249 pp.
- Bae, S.H. & H.J. Suh, 2007. Antioxidant activities of five different mulberry cultivars in Korea. *LWT-Food Science and Technology*, 40 (6): 955-962. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.06.007>
- Baytop, T., 1996. Türkiye'de Bitkiler ile Tedavi. I.U. Yayinlari No: 3255, Eczacilik Fak., 40:444.
- Baytop, T., 1999. Türkiye'de Bitkiler ile Tedavi. Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul. 409s.
- Bhau, B. S & A. K. Wakhlu, 2001. Effect of genotype, explant type and growth regulators on organogenesis in (*Morus alba* L.). *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 66: 25-29. <https://doi.org/10.1023/A:1010617212237>
- Bhau, B.S. & A.K. Wakhlu, 2003. Rapid micropropagation of five cultivars of mulberry. *Biologia Plantarum*, 46 (3): 349-355. <https://doi.org/10.1023/A:1024313832737>
- Chandra, S., R. Bandopadhyay, V. Kumar & R. Chandra, 2010. Acclimatization of tissue cultured plantlets: from laboratory to land. *Biotechnology letters*, 32 (9): 1199-1205. <https://doi.org/10.1007/s10529-010-0290-0>
- Chen, J., J. Kan, J. Tang, Z. Cai & J. Liu, 2012. The profile in polyphenols and volatile compounds in alcoholic beverages from different cultivars of mulberry. *Journal of Food Science*, 77 (4): C430-C436. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02593.x>



- Chitra, D. S. V. & G. Padmaja, 1999. Clonal propagation of mulberry (*Morus indica* L. cultivar M-5) through in vitro culture of nodal explants. *Scientia Horticulturae*, 80 (3-4): 289-298. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(98\)00252-0](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(98)00252-0)
- Dairas, M. J., G.R. Lobo & J.C. Hernandez, 2003. Alcoholic beverages obtained from black mulberry. *Food Technology and Biotechnology*, 41 (2): 173-176.
- Das, B. C., 1983. Mulberry taxonomy, cytogenetics and breeding. In: National Seminar on Silk Research and Development (Vol. 10, p. 135).
- Doğan, M., 2022. In Vitro Shoot Regeneration of *Lysimachia nummularia* L. in Solid and Liquid Culture Medium. *Current Perspectives on Medicinal and Aromatic Plants (CUPMAP)*, 5 (1): 12-18. <https://doi.org/10.38093/cupmap.1057290>
- Ercisli, S. & E. Orhan, 2007. Chemical composition of white (*Morus alba*), red (*Morus rubra*) and black (*Morus nigra*) mulberry fruits. *Food chemistry*, 103 (4): 1380-1384. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.10.054>
- Gerasopoulos, D. & G. Stavroulakis, 1997. Quality characteristics of four mulberry (*Morus* spp.) cultivars in the area of Chania Greece. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 73 (2): 261-264. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199702\)73:2<261::AID-JSFA724>3.0.CO;2-S](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199702)73:2<261::AID-JSFA724>3.0.CO;2-S)
- Hepaksoy, S., 2017. GF 677 (*P. amygdalus* x *P. persica*) klon anacının doku kültüründe sürgünucu tekniği ile çoğaltılması. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 54 (4): 447-451.
- Hossain, M., S.M. Rahman, A. Zaman, O.I. Joarder & R. Islam, 1992. Micropropagation of *Morus laevigata* Wall. from mature trees. *Plant Cell Reports*, 11 (10): 522-524. <https://doi.org/10.1007/BF00236269>
- Kapur, A., S. Bhatnagar & P. Khurana, 2001. Efficient regeneration from mature leaf explants of Indian mulberry via organogenesis. *Sericologia (France)*, 41: 207-214.
- Lalitha, N., S. Kih, R. Banerjee, S. Chattopadhyaya, A.K. Saha & B.B. Bindroo, 2013. High frequency multiple shoot induction and in vitro regeneration of mulberry (*Morus indica* L. cv. S-1635). *International Journal of Advanced Research*, 1: 22-26.
- Lu, M., 2002. Micropropagation of *Morus latifolia* poilet using axillary buds from mature trees. *Scientia Horticulturae*, 96 (1-4): 329-341. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(02\)00120-6](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(02)00120-6)
- Nas, M. N. & P.E. Read, 2004. A hypothesis for the development of a defined tissue culture medium of higher plants and micropropagation of hazelnuts. *Scientia Horticulturae*, 101 (1-2): 189-200. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2003.10.004>
- Nas, M. N., L. Gokbunar, N. Sevgin, M. Aydemir, M. Dagli & Z. Susluoglu, 2012. Micropropagation of mature *Crataegus aronia* L., a medicinal and ornamental plant with rootstock potential for pome fruit. *Plant Growth Regulation*, 67 (1): 57-63. <https://doi.org/10.1007/s10725-012-9662-x>
- Ohyama, K. & S. Oka, 1987. "Mulberry." *Cell and Tissue Culture in Forestry*. Springer, Dordrecht, 1987. 272-284. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-0992-7\\_20](https://doi.org/10.1007/978-94-017-0992-7_20)
- Ouyang, Z., J. Chen & Y.H. Li, 2005. Separation, purification and composition analysis of polysaccharides in leaves of *Morus alba* L. *Food Science (China)*, 26 (3): 181-184.
- Pati, P. K., S.P. Rath, M. Sharma, A. Sood & P.S. Ahuja, 2006. In vitro propagation of rose: a review. *Biotechnology Advances*, 24: 94-114. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2005.07.001>
- Rajore, S. & A. Batra, 2005. Efficient plant regeneration via shoot tip explant in *Jatropha curcas* L. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*, 14 (1): 73-75. <https://doi.org/10.1007/BF03263231>
- Vijayan, K., B. Saratchandra, D.A. Teixeira & J.A. Silva, 2011. Germplasm conservation in mulberry (*Morus* spp.). *Scientia Horticulturae*, 128 (4): 371-379. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.11.012>
- Wang, R. S., P.H. Dong, X.X. Shuai & M.S. Chen, 2022. Evaluation of different black mulberry fruits (*Morus nigra* L.) based on phenolic compounds and antioxidant activity. *Foods*, 11 (9). <https://doi.org/10.3390/foods11091252>.
- Wasano, N., K. Konno, M. Nakamura, C. Hirayama, M. Hattori & K. Tateishi, 2009. A unique latex protein, MLX56, defends mulberry trees from insects. *Phytochemistry*, 70 (7): 880-888. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2009.04.014>
- Zainel, A. A. & S. Hepaksoy, 2018. Bir idris anacı 'pontaleb'in doku kültürü ile çoğaltılma olanaklarının araştırılması. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 55 (1): 83-88. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.390987>
- Zaman, A., R. Islam & O.I. Joarder, 1997. Field performance and biochemical evaluation of micropropagated mulberry plants. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 51 (1): 61-64. <https://doi.org/10.1023/A:1005830515585>



## Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (1): 61-66  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1207916>

Aylin KABAS<sup>1\*</sup>

Ibrahim ÇELİK<sup>2</sup>

Selman ULUIŞIK<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Agricultural and Livestock Production, Manavgat Vocational School of Higher Education, Akdeniz University, 07600 Antalya, Turkey

<sup>2</sup> Department of Agricultural and Livestock Production, Cal Vocational School of Higher Education, Pamukkale University, 20700 Denizli, Turkey

<sup>3</sup> Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Vocational School of Food, Agriculture and Livestock, Department of Plant and Animal Production, 15100 Burdur, Turkey

\* Corresponding author (Sorumlu yazar):  
[demirelliaylin@hotmail.com](mailto:demirelliaylin@hotmail.com)

**Keywords:** Breeding, color parameters, interspecific populations, tomato, wild

**Anahtar sözcükler:** Islah, renk parametreleri, türler arası popülasyonlar, domates, yabani

# Transgressive segregation of morphological traits in populations derived from cross between *Solanum habrochaites* and *Solanum lycopersicum*

*Solanum habrochaites* ve *Solanum lycopersicum* melezlemesi ile elde edilen popülasyonda morfolojik özelliklerin transgresif açılımı

Received (Alınış): 21.11.2022

Accepted (Kabul Tarihi): 15.02.2023

## ABSTRACT

**Objective:** Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is one of the economically important vegetables due to its worldwide economic in both production and consumption. Due to limited genetic diversity among cultivated tomato genetic resources, wild tomato species are commonly used for unlocking the genetic potential and transferring them to cultivated tomato. *Solanum habrochaites* is one of those wild tomato species that has great genetic potential for improving fruit quality traits in cultivated tomato.

**Material and Methods:** Analysis of segregating populations derived from the cross between *Solanum lycopersicum* and *Solanum habrochaites* is important for the identification and introgression of such genetic potential. Therefore, the present study analyzed transgressive segregation of fruit weight, fruit length, fruit diameter and color parameters in F1, F2 and F3 populations.

**Results:** For fruit weight, transgressive segregation was observed in just F3 population and five lines had higher fruit weight than maternal parent. Although *S. habrochaites* had smaller fruits than cultivated tomato, there was no significant difference between populations. Although transgressive segregation was observed in F2 and F3 populations for fruit length and diameter, there was no significant difference between mean values of populations.

**Conclusion:** The study showed that F3 population is sufficient to select larger fruits derived from *S. habrochaites*.

## ÖZ

**Amaç:** Dünya çapında üretim ve tüketim nedeniyle domates (*Solanum lycopersicum* L.), ekonomik önemi olan sebzelerden biridir. Kültür domatesleri genetik kaynakları arasındaki sınırlı çeşitliliğe sahiptir. Bu nedenle genetik potansiyelin ortaya çıkarılması ve kültür domatesine aktarılması için yabani domates türleri yaygın olarak kullanılmaktadır. *Solanum habrochaites*, kültür domatesinde meyve kalite özelliklerini geliştirmek için büyük genetik potansiyele sahip yabani domates türlerinden biridir.

**Materyal ve Yöntem:** *S. lycopersicum* ve *S. habrochaites* arasındaki çaprazdan türetilen ayrıştırıcı popülasyonların analizi, bu tür genetik potansiyelin tanımlanması ve introgresyonu için önemlidir. Bu nedenle, bu çalışmada F1, F2 ve F3 popülasyonlarında meyve ağırlığı, meyve uzunluğu ve çapı ile renk parametrelerinin transgresif ayrımı analiz edilmiştir.

**Araştırma Bulguları:** Meyve ağırlığı için, sadece F3 popülasyonunda transgresif segregasyon gözlenmiştir ve beş tane hat, anne ebeveyninden daha yüksek meyve ağırlığına sahip olarak bulunmuştur. *S. habrochaites* kültür domatesinden daha küçük meyvelere sahip olmasına rağmen, popülasyonlar arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Meyve boyu ve çapı için F2 ve F3 popülasyonlarında transgresif segregasyon gözlemlenmesine rağmen popülasyonların ortalama değerleri arasında önemli bir fark bulunmamıştır.

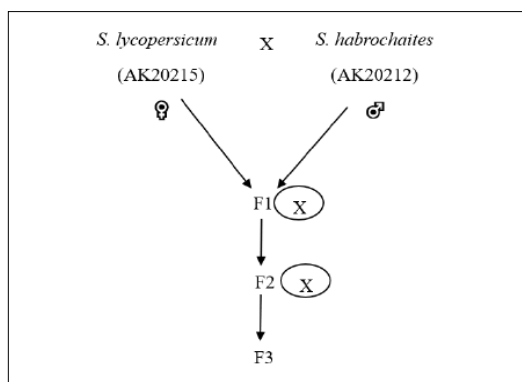
**Sonuç:** Çalışma, *S. habrochaites*' ten elde edilen F3 popülasyonunun daha büyük meyveleri seçmek için yeterli olduğunu göstermiştir.

## INTRODUCTION

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) belongs to Solanaceae family and it is an important vegetable in tropical and subtropical regions. The vegetable is rich for minerals such as iron, potassium, phosphorous, vitamins such as vitamin A, B and C. Also, tomato is a good source of plant sterols, antioxidants such as phenolic compounds and lycopene (Frusciante et al., 2007). Thus, it is consumed as fresh and processed forms such as tomato pasta and important for sustainable public health (Ensminger et al., 1994). Tomato is very important for the agricultural economy considering its worldwide production and consumption. China, India, USA, Turkey and Egypt are main tomato producers. Turkey ranks third after China and USA in terms of tomato production with 13.2 million tones of production (FAO, 2020). Tomato can be produced both in open field and under greenhouse, which can be marketed as both fresh and processed (Türk et al., 2019). Due to importance of the vegetable, its breeding is one of the main topics in plant breeding and several new tomato cultivars have been developed worldwide (Kabaş & Zengin, 2012). Genetic diversity of cultivated tomato germplasm is low due to shorter stigmas. (Rick, 1995; García-Martínez et al., 2006). Wild tomato species are an excellent source of diversity for tomato breeding not only for biotic and abiotic stress tolerances but also fruit quality traits. Especially, genetic potential of three wild tomato species *Solanum pimpinellifolium*, *Solanum habrochaites* and *Solanum peruvianum* has been investigated extensively for increased fruit quality traits in tomato. First step of utilization of the genetic potential of wild tomato species and development of tomato cultivars have high fruit quality traits is the development of experimental populations such as F2, RIL (Recombinant Inbred Lines) or IBL (Inbred Backcross Lines) to identify tomato lines exceed parents for traits due to transgressive segregation. Although wild tomato species are mainly used for abiotic and biotic stress tolerance breeding, limited studies focused segregation of morphological traits. Genetic potential of *S. habrochaites* was investigated in a BC2F2 and the study reported that *S. habrochaites* is better potential than *S. pimpinellifolium* and *S. peruvianum* due to a higher proportion of lines (20% and 15% for phenolics and antioxidants, respectively) had higher phenolic and antioxidants content than parents (Top et al., 2014). Despite good genetic potential of *S. habrochaites* for BC2F2, transgressive segregation of fruit quality traits in other populations such as F2 and F3 was not investigated. The aim of the current study is investigation of transgressive segregation of four fruit quality traits (fruit color, fruit weight, fruit length and diameter) in F2 and F3 populations derived from cross between *S. habrochaites* and *S. lycopersicum*.

## MATERIAL and METHOD

Interspecific F1 plants derived from cross between *S. lycopersicum* (AK20215) and wild tomato species *S. habrochaites* (AK20212) were developed. Afterwards, F2 and F3 populations were developed from selfing of F1 and F2 plants, respectively (Figure 1). In this study, Akdeniz University Manavgat Vocational tomato gene pools were used to generate the population.



**Figure 1.** Populations derived from cross between *S. lycopersicum* and *S. habrochaites*.

**Şekil 1.** *S. lycopersicum* ve *S. habrochaites* arasındaki melezlemeden türetilen popülasyonlar.

Seed of all plant materials were germinated in a small pot containing sterilized peat. Germinated seeds were transferred to fruit tray containing peat and perlite (3:1). Afterwards, the seedlings were transferred to greenhouse for growing. 36°48'30"N 31°23'19 °E (Figure 2). Plants were fertilized according to protocol reported by Jones et al. (1991). Fruit developmental stage was expressed as days post-anthesis (DPA): The flowers were tagged when they are full bloomed, and the fruits were harvested after 45 DPA corresponded to red ripe stage.



Figure 2. The location of the greenhouse.

Şekil 2. Seranın lokasyonu.

### Morphological characterization

The average of 10 randomly selected fruits from each line were reported as fruit weight. The weights of the fruits were measured with a scale with a sensitivity of 0.01 g. Fruit length and diameter of randomly selected 10 fruits for each line measured by using a digital caliper. Diameters of the fruits measured from the equatorial part. Ratio between fruit length and diameter was calculated. Fruit color was measured using Minolta CR 400 based on CIE Laboratory parameters ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $h^\circ$  and  $C^*$ ). The color of the fruits was determined by taking 3 different measurements from the equatorial region. Student t test performed to compare the populations in terms of morphological traits.

## RESULTS and DISCUSSION

Transgressive segregation of fruit weight of populations was investigated. Cultivated tomato *S. lycopersicum* (AK20215) had larger fruits ( $5.50 \pm 0.1$  g) than wild tomato ( $1.70 \pm 0.50$  g). Average fruit weight of F1, F2 and F3 populations were  $0.95 \pm 0.10$ ,  $1.28 \pm 0.84$  and  $2.48 \pm 1.72$ , respectively (Table 1). Although segregation was observed in F2 population, non of the lines exceed maternal fruit weight (Figure 3). Majority of the lines (15 lines, 46.87%) had fruit weight between 1.4 and 2.8 g. Transgressive segregation was also observed and a total of five lines (%15.6 of total population) had bigger tomato than maternal parent (AK20215) (Figure 3, Table 2).

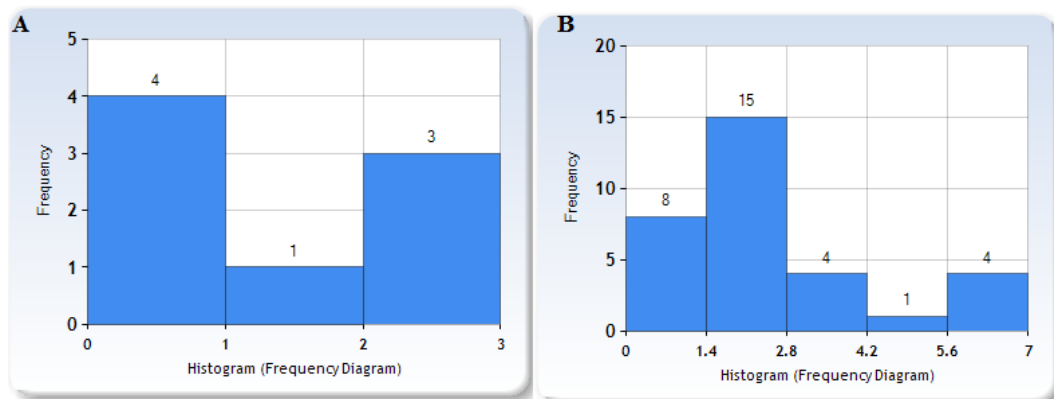
Table 1. Mean fruit weight of populations

Çizelge 1. Popülasyonların ortalama meyve ağırlığı

Plant material	Mean $\pm$ SD
<i>S. habrochaites</i> (AK20212)	$1.70 \pm 0.50$
<i>S. lycopersicum</i> (AK20215)	$5.50 \pm 0.10$
F1	$0.95 \pm 0.10$
F2	$1.28 \pm 0.84$
F3	$2.48 \pm 1.72$

*Solanum lycopersicum* (AK20215) had bigger fruits as expected. Larger fruits of cultivated tomato is predominant domestication trait. Although mechanism of this bigger fruits is not clear, domestication of tomato leads bigger fruits might be due to mutation in a major QTL (fw.2.2) out of six QTLs control fruits

weights (Alpert et al., 1995; Frary et al., 2000; Tanksley, 2004; Causse et al., 2007). F1 plants had lower mean of fruit weight than F1 plants derived from same wild species (6.76 g) in previous study performed by Rodríguez et al. (2005). This difference might be due to larger fruits (65.7 g and 3.99 g) of parents of previous study. Segregation of fruit weight in BC2F2 population derived from *S. habrochaites* was observed by Top et al. (2014). In that study, although population derived from *S. habrochaites* had larger fruits than cultivated tomato, non of lines had larger fruits than *S. lycopersicum*. This difference might be due to different populations used in two studies.



**Figure 3.** Frequencies of populations (A for F2 and B for F3) for fruit weight.

**Şekil 3.** Meyve ağırlığı için popülasyonların frekansları (F2 için A ve F3 için B).

**Table 2.** Fruit weight of tomatoes harvested from F3 lines

**Çizelge 2.** F3 hatlarında hasat edilen meyvelerin ağırlıkları

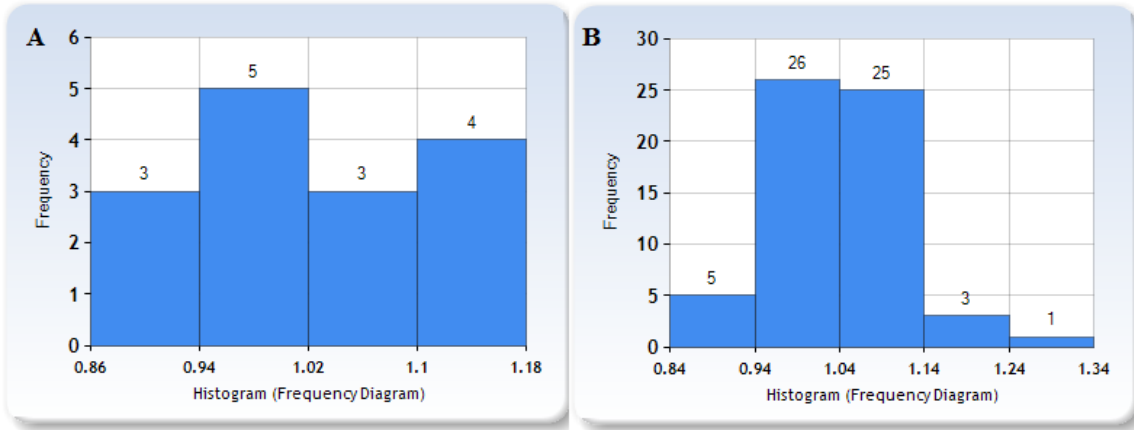
F3 Lines	Fruit weight (g)
85-1-12 F3	6.8
85-3-16 F3	6.6
85-3-18 F3	6.0
85-5-5 F3	5.6

Fruit diameter of population was also investigated. Cultivated tomato *S. lycopersicum* (AK20215) had longer fruit diameter ( $21.57 \pm 0.28$ ) and length ( $19.51 \pm 0.95$ ) than wild tomato species *S. habrochaites* (AK20212) ( $14.60 \pm 0.36$  and  $12.27 \pm 1.07$  for fruit diameter and length, respectively) (Table 3). There was no significant difference between populations (F1, F2 and F3) for fruit diameter and length. While fruit diameter and length ratio of F2 population ranged from 0.86 to 1.18, the ratio of F3 population ranged from 0.84 to 1.34. There were no significant differences between parents and population for fruit diameter and length ratio (Figure 4).

**Table 3.** Fruit diameter and length of plant material

**Çizelge 3.** Bitki materyalinde meyve çapı ve uzunluğu

	Fruit diameter Mean $\pm$ SD (cm)	Fruit length Mean $\pm$ SD (cm)	Diameter length ratio Mean $\pm$ SD (cm)
<i>S. habrochaites</i> (AK20212)	$14.60 \pm 0.36$	$12.27 \pm 1.07$	$1.20 \pm 0.11$
<i>S. lycopersicum</i> (AK20215)	$21.57 \pm 0.28$	$19.51 \pm 0.95$	$1.11 \pm 0.05$
F1	$16.11 \pm 2.01$	$16.11 \pm 2.15$	$1.11 \pm 0.08$
F2	$13.06 \pm 3.16$	$12.98 \pm 3.18$	$1.01 \pm 0.09$
F3	$15.87 \pm 3.87$	$15.54 \pm 3.72$	$1.02 \pm 0.08$



**Figure 4.** Frequencies of populations (A for F2 and B for F3) for fruit diameter and length ratio.

**Şekil 4.** Meyve çapı ve boy oranı için popülasyon sıklıkları (F2 için A ve F3 için B).

Surface color of tomato fruits harvested from parents and populations was measured using Minolta CR 400 chroma meter, which provide CIE  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  values. Higher positive  $a^*$  indicates red purple, negative  $a^*$  values indicate bluish-green. Higher positive  $b^*$  values indicate yellow and negative  $b^*$  values indicate blue color (McGuire 1992). F1 population had significantly higher mean value of  $L^*$  than parents, F2 and F3 populations. Although F1 population ( $-3.52 \pm 0.91$ ) was similar to *S. habrochaites* (AK20212) ( $-4.93 \pm 2.35$ ), *S. habrochaites* (AK20212) had higher mean value than *S. lycopersicum* (AK20215) for  $a^*$ . There was no significant difference between populations for  $b^*$  value. Although there was no significant difference between parents for  $C^*$ , F1 population had lower mean value of  $C^*$  than parents and F2 and F3 populations. For *S. lycopersicum* (AK20215) had the lowest  $h^\circ$  value (Table 4). Improved tomato color defined as a reduction in values of hue and  $L^*$  and an increase of  $C^*$  (Sacks & Francis, 2001). Based on this statement, as expected cultivated tomato *S. lycopersicum* (AK20215) had the highest improved tomato color. Also, lowest  $L^*$  and  $C^*$  values of F3 population showed that F3 population was more improved than F1 and F2 populations.

**Table 4.** Mean values of color parameters of parents and populations

**Çizelge 4.** Ebeveynlerin ve popülasyonların renk parametrelerinin ortalama değerleri

	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$
	Mean $\pm$ SD (cm)	Mean $\pm$ SD (cm)	Mean $\pm$ SD (cm)	Mean $\pm$ SD (cm)	Mean $\pm$ SD (cm)
<i>S. habrochaites</i> (AK20212)	39.87 $\pm$ 5.81	-4.93 $\pm$ 2.35	19.46 $\pm$ 1.74	20.16 $\pm$ 2.25	103.62 $\pm$ 5.34
<i>S. lycopersicum</i> (AK20215)	38.05 $\pm$ 0.15	18.09 $\pm$ 1.31	10.67 $\pm$ 0.24	21.01 $\pm$ 1.25	30.60 $\pm$ 1.25
F1	55.37 $\pm$ 0.27	-3.52 $\pm$ 0.91	16.37 $\pm$ 0.26	16.77 $\pm$ 0.45	102.04 $\pm$ 2.83
F2	45.08 $\pm$ 7.6	0.12 $\pm$ 5.34	18.35 $\pm$ 4.40	18.97 $\pm$ 4.86	93.64 $\pm$ 13.48
F3	40.40 $\pm$ 8.23	12.28 $\pm$ 5.04	23.77 $\pm$ 7.38	27.49 $\pm$ 6.33	61.4 $\pm$ 13.22

## CONCLUSION

Wild tomato species have favorable alleles for fruit quality traits in addition to their high genetic potential for abiotic and biotic stresses. The present study reported that small-fruited *S. habrochaites* had good source of alleles for improved fruit weight in segregating populations. Also *S. habrochaites* leded more globular fruits in F2 and F3 populations. The current study demonstrated that *S. habrochaites* is valuable genetic resource for development of tomato cultivars had improved fruit quality traits.

## REFERENCES

- Alpert, K. B., S. Grandillo & S. D. Tanksley, 1995. fw 2.2: A major QTL controlling fruit weight is common to both red- and green-fruited tomato species. *Theoretical and Applied Genetics*, 91 (6-7): 994-1000. <https://doi.org/10.1007/BF00223911>
- Causse, M., R. Damidaux & P. Rousselle, 2007. "Traditional and Enhanced Breeding for Quality Traits in Tomato, 153-192". In: *Genetic improvement of Solanaceous Crops* (Ed. M. K. Razdan) CRC Press, Boca Raton, 658 pp.
- Ensminger, H. A., E. M. Ensminger, E. J. Kolande & K. R. Robinson, 1994. *Food and Nutrition Encyclopedia*. 2nd Ed. Vol. I, No. 2, 2371 pp.
- FAO, 2020. *Food and Agriculture Statistics*. (Web page: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>) (Date accessed: November 2022).
- Frary, A., T. C. Nesbitt, A. Frary, S. Grandillo, E. Van Der Knaap, B. Cong & S. D. Tanksley, 2000. fw2.2: a quantitative trait locus key to the evolution of tomato fruit size. *Science*, 289 (5476): 85-88. doi: 10.1126/science.289.5476.85.
- Frusciante, L., P. Carli, M. R. Ercolano, R. Pernice, A. DiMatteo, V. Fogliano & N. Pellegrini, 2007. Antioxidant nutritional quality of tomato. *Molecular Nutrition & Food Research*, 51 (5): 609-617. DOI: 10.1002/mnfr.200600158.
- García-Martínez, S., L. Andreani, M. Garcia-Gusano, F. Geuna & J. J. Ruiz 2006. Evaluation of amplified fragment length polymorphism and simple sequence repeats for tomato germplasm fingerprinting: utility for grouping closely related traditional cultivars. *Genome*, 49 (6): 648-656. DOI: 10.1139/g06-016
- Jones, J. B., Jr. B. Wolf & H. A. Mills 1991. *Plant Analysis Handbook. I. Methods of Plant Analysis and Interpretation*. Micro-Macro Publishing Inc., 183 Paradise Blvd, Suite 108, Athens Georgia 30607 USA, 213 pp.
- Kabaş, A. & S. Zengin, 2012. "Tomato variety breeding for greenhouse cultivation, 60-67". 9. National Vegetable Agriculture Symposium (12-14 September 2012, Konya), 241 s.
- McGuire, R. G, 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27: 1254-1255
- Rick, C.M., 1995. "Tomato *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae), 452-457". In: *Evolution of Crop Plants*. (Eds. J. Smartt & N.W. Simmonds). Longman Scientific and Technical, London, 523 pp.
- Rodríguez, G., G. Pratta, R. Zorzoli & L. A. Picardi, 2005. Caracterización de la generación segregante de un híbrido de tomate congenesnor y silvestres. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40 (1): 41-46. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005000100006>
- Sacks, E. J. & D. M. Francis, 2001. Genetic and environmental variation for flesh color of tomato fruit in a population of modern breeding lines. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 126 (2): 221-226. <https://doi.org/10.21273/JASHS.126.2.221>
- Tanksley, S. D., 2004. The genetic developmental and molecular bases of fruit size and shape variation in tomato. *The Plant Cell*, 16 (1): 181-189. Doi: 10.1105/tpc.018119
- Top, O., C. Bar, B. Ökmen, D. Y. Özer, D. Rusçuklu, N. Tamer & S. Doğanlar, 2014. Exploration of three Solanum species for improvement of antioxidant traits in tomato. *HortScience*, 49 (8): 1003-1009. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.49.8.1003>
- Türk, B., Y. Nas, İ. Duman, F. Şen & Ö. Tuncay, 2019. The effects of soil type and variety selection on yield and fruit quality characteristics in processing tomato production. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 56 (3): 337-343. Doi: 10.20289/zfdergi.512971



## Research Article (Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.,2023, 60 (1): 67-79  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1197925>

Nihan GÜNEŞ<sup>1\*</sup>

İsmail Can PAYLAN<sup>1</sup>

Mustafa GÜMÜŞ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ege University, Faculty of Agriculture,  
Department of Plant Protection, 35100,  
Bornova, İzmir, Türkiye

\* Corresponding author (Sorumlu yazar):

[nihan.gunes@edu.tr](mailto:nihan.gunes@edu.tr)

# Molecular characterization of tomato spotted wilt virus (TSWV) and cucumber mosaic virus (CMV) affecting tomato and pepper crops in Izmir Province

İzmir ilinde domates ve biber bitkilerini etkileyen tomato spotted wilt virus (TSWV) ve cucumber mosaic virus (CMV) etmenlerinin moleküler karakterizasyonu

\* This article was supported by Ege University BAP as project number FGA-2019-20475.

Received (Alınış): 01.11.2022

Accepted (Kabul Tarihi): 17.02.2023

## ABSTRACT

**Objective:** The objective of this study was to investigate tomato spotted wilt virus (TSWV) and cucumber mosaic virus (CMV) infections in tomato and pepper plants showing virus-induced symptoms in vegetable growing districts of Izmir, Turkey.

**Material and Methods:** Surveys were carried out in tomato and pepper plantations in 2019 and 2021, and the incidences of these viruses in the collected leaf samples were determined by RT-PCR. Nucleotide identities and phylogenetic relationships of the TSWV and CMV isolates with other isolates retrieved from the GenBank database were determined.

**Results:** The results of this study showed that tomato plants were infected at the same rate (21.50%) with TSWV and CMV. Out of the tested pepper samples, 64.15% were infected with TSWV and 25.47% with CMV. The results showed that, the identity rate of nucleoprotein region of TSWV isolates from tomato was 99-96% at nucleotide level while the isolates from pepper showed 100-95% identity. On the other hand, the capsid protein gene region of the tomato isolate of CMV had nucleotide identity rate of 98-95% with other isolates in GenBank, while that of its pepper isolates had 100-98% identity. Also, CMV isolates of this study showed close phylogenetic relationship with the CMV isolates of subgroup IB.

**Conclusion:** This study revealed the prevalence of TSWV and CMV in symptomatic tomato and pepper samples in Izmir province and some molecular properties of them.

## ÖZ

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı, İzmir'in sebze yetiştirilen önemli ilçelerinde virüs kaynaklı semptomlar gösteren domates ve biber bitkilerinde tomato spotted wilt virus (TSWV) ve cucumber mosaic virus (CMV) enfeksiyonlarının araştırılmasıdır.

**Materyal ve Yöntem:** Domates ve biber üretim alanlarında 2019 ve 2021 yıllarında sürveyler yapılmış ve toplanan yaprak örneklerinde bu virüslerin enfeksiyon oranları RT-PCR ile belirlenmiştir. TSWV ve CMV izolatlarının GenBank veri tabanından elde edilen diğer izolatlarla benzerlik oranları ve filogenetik ilişkileri belirlenmiştir.

**Araştırma Bulguları:** Çalışma sonucunda domates bitkilerinin aynı oranda (%21,50) TSWV ve CMV ile enfekteli olduğu belirlenmiştir. Test edilen biber örneklerinin %64,15'inin TSWV ve %25,47'sinin CMV ile enfekteli olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar, TSWV domates izolatlarının nükleokapsid protein gen bölgesinin nükleotid benzerlik oranının %99-96 olduğunu, TSWV biber izolatının ise %100-95 benzerlik gösterdiğini ortaya koymuştur. CMV-domates izolatının kapsid protein gen bölgesi GenBank'taki diğer izolatlarla %98-95 arasında, CMV-biber izolatının ise %100-98 arasında nükleotid benzerliğine sahip olmuştur. Ayrıca, CMV izolatları, alt grup IB CMV izolatları ile yakın filogenetik ilişki göstermiştir.

**Sonuç:** Bu çalışma, İzmir ilinde semptomlu domates ve biber örneklerinde TSWV ve CMV'nin bulaşıklık oranını ve moleküler özelliklerini ortaya koymuştur.

**Keywords:** Pepper, RT-PCR, solanaceous crops, tomato, virus

**Anahtar sözcükler:** Biber, RT-PCR, patlıcangil, domates, virüs



## INTRODUCTION

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and pepper (*Capsicum annuum* L.) are the most cultivated Solanaceous crops globally. However, the production is affected by different viruses, including the species *Tomato spotted wilt virus* (TSWV), member of the genus *Orthotospovirus* in the family *Bunyaviridae*, and the species *Cucumber mosaic virus* (CMV), member of the genus *Cucumovirus* belonging to the family *Bromoviridae*. They may cause considerable quality and yield losses. TSWV is one of the 10 most destructive plant viruses worldwide (Scholthof et al., 2011), and CMV has been determined as the most common type of Cucumoviruses worldwide (Loebenstein & Lecoq, 2012). These infectious agents have tripartite RNA genome. TSWV genome consists of Large (8.9 kb), Medium (4.8 kb) and Small (2.9 kb) negative or ambisense RNAs designated as their relative sizes (Adkins 2000). RNA-dependent RNA polymerase (RdRp) is encoded by segment L (Chapman et al., 2003), cell-to-cell movement protein (NSm) (Li et al., 2009) and viral glycoproteins (Gn-Gc) (Sin et al., 2005) are encoded by segment M, while RNA-silencing suppressor (NSs) (Takeda et al., 2002) and nucleocapsid protein (N) (Li et al., 2015) are encoded by segment S. CMV has positive-sense single stranded RNAs attributed as RNA1 (3.3 kb), RNA2 (3.1 kb) and RNA3 (2.2 kb) (Roossinck, 2002). RNA-dependent RNA polymerase (RdRp) is encoded by segment RNA1 (Gal-On et al., 2000), RNA-silencing suppressor (2b) is encoded by segment RNA2 (Goto et al., 2007) whereas cell-to-cell movement protein (3a) and coat protein (3b) are encoded by segment RNA3 (Canto et al., 1997). The coat protein is translated from subgenomic RNA4 (1 kb) that is produced from full-length negative strand of RNA3, and some CMV strains contain satellite RNAs (RNA5) (~335 nucleotides) (Thompson et al., 2008).

The widely distribution of TSWV and CMV is the result of wide range of host-plants comprising weed species (Parrella et al., 2003) and highly polyphagous nature of their vectors. Multiple species of thrips (Thysanoptera: Thripidae), particularly *Frankliniella occidentalis*, transmit TSWV in a circulative and propagative manner (Nagata et al., 2002). CMV is transmitted by aphid species in a non-persistent manner, particularly by *Aphis gossypii* and *Myzus persicae*, which occur worldwide (Pinto et al., 2008).

It is noteworthy that TSWV and CMV are prevalent throughout the Mediterranean Basin (Roggero et al., 2002; Yardımcı & Eryiğit, 2006; Debreczeni et al., 2015) and recently in Asia (Jiang et al., 2017; Vinodhini et al., 2021), Africa (Karavina et al., 2016; Waweru et al., 2020) and North America (Lin et al., 2003; Batuman et al., 2017). Furthermore, the rapid increase of new variants arise makes difficult to control the viruses (Roggero et al., 2002). Breeding resistant cultivars through the use of resistant genes has proven to be the most efficient control approach for viral infections. The *Sw-5* and *Tsw* genes have been found for tomato and pepper, respectively to confer resistance against TSWV. However, existing genetic resistance rapidly have overcome by the resistance-breaking isolates which are increasingly becoming as a serious, worldwide agronomic concern. The resistance gene can be overcome by an amino acid substitution in the TSWV movement protein, NSm for tomato cultivars, and RNA-silencing suppressor, NSs for pepper cultivars, according to a comparison of nucleotide and amino acid sequences (Batuman et al., 2017; Jiang et al., 2017). CMV isolates are classified into three subgroups based on serological characteristics, nucleic acid hybridization, and phylogenetic analyses: IA, IB, and II (Roossinck et al., 2002).

Turkey is one of the leading tomato (almost 14 million tons) and pepper (almost 3 million tons) producing country. (FAO, 2020). Until now, negative effects of virus diseases on tomato and pepper growing areas were reported in different parts of Turkey. The DAS-ELISA method is widely used in the studies conducted in tomato and pepper production areas (Arli-Sokmen et al., 2005; Arli-Sokmen & Sevik, 2006; Yardımcı & Eryiğit, 2006). During 2019-2020, leaf samples were collected, and RT-PCR tests confirmed TSWV infection in tomato and pepper from various provinces from Turkey except for İzmir (Beşkeçili et al., 2021; Morca et al., 2022). Currently, İzmir province has an important position in terms of tomato and pepper production and exportation (TUİK, 2022). CMV and TSWV are the viral agents may cause similar symptoms such as ring spots and malformation in those crops, especially in pepper. The presence of TSWV in the

tomato and pepper production areas of İzmir has yet to be determined. Previous studies have reported the prevalence of CMV determined using serological techniques like ELISA on pepper, but that of TSWV is still lacking (Gümüş, 1998). Although more sensitive techniques as well as serological methods have been used to identify these viruses in some studies in the region, they have not involved the attempts to characterize them molecularly.

The objective of the present study was to detect TSWV and CMV in symptomatic samples from commercial tomato and pepper cultivars grown in İzmir province in 2019 and 2021, and molecularly characterize them according to their partial capsid protein gene regions. Thus, the updated information may support development of effective strategies for the long-term control of these viruses.

## **MATERIALS and METHODS**

### **Virus isolates**

Field surveys were conducted in the districts of İzmir province in tomato and pepper cultivation seasons. Randomly selected tomato and pepper fields and greenhouses were surveyed. Ödemiş, Bayındır, Torbalı, and Tire were the four major production districts surveyed in 2019. The same crops were surveyed in the districts of Ödemiş, Bayındır, Torbalı, Menderes, and Tire in 2021. Virus-like symptoms observed on most plants included mosaic, ring spots, chlorotic and necrotic spots, leaf curl and necrosis. Samples were taken and brought to the laboratory in the cold chain. Samples were kept at -20°C for further analysis.

### **Molecular identification using reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR)**

In this study, the presence of TSWV and CMV in the samples was determined by molecular methods. Total RNA was extracted from all samples using silica-based RNA extraction method as described by Foissac et al. (2001). A EzDrop 1000 Spectrophotometer was used to assess the quality and quantity of the extracted RNA. The OneScript® Plus cDNA Synthesis Kit (Applied Biosystems, USA) was used to carry out the reverse transcription (RT) step for producing complementary deoxyribonucleic acid (cDNA) from template RNA. cDNA synthesis was done as follows: a mixture of 5 µL plant total RNA, 1 µL of 10 µM random primers, 1 µL 10 mM dNTP Mix and 7,5 µL Nuclease-free H<sub>2</sub>O was incubated at 65°C for 5 min and chilled on ice. Subsequently, recommended volumes of 5X Reaction Buffer for RT, OneScript Plus RTase (200 U/µL) and RNaseOFF Ribonuclease Inhibitor (40 U/µL) were added in a total reaction mixture of 20 µL. The reaction mixture was heated for 10 min at 25°C, and then for 50 min at 50°C before being incubated for 5 min at 85°C. cDNA was stored at -20°C until required. After the RT step, PCR reactions were set up in a total volume of 50 µL containing of PCR Master Mix II (Thermo Scientific, USA), 4 µL cDNA, 2 µL 10 µM Forward primer, 2 µL 10 µM Reverse primer and Nuclease-free H<sub>2</sub>O as recommended by the manufacturer. In an automated thermal-cycler (Gene Amp PCR 9700 systems, Applied Biosystems, USA), PCR amplification was performed. For the 777 nt fragment of the nucleocapsid protein gene of TSWV, gene-specific primer pairs TSWV\_F (ATGTCTAAGGTTAAGCTCAC) and TSWV\_R (TTAAGCAAGTTCTGCGAGTT) as previously reported by Nour et al. (2013) were used. Amplification conditions included denaturation step for 4 min at 94°C and 40 cycles of 1 min at 94°C, 2 min at 52°C, 2 min at 72°C followed by a final extension step at 72°C for 10 min. CMV\_F (ACTCTTAACCCACCCAACCTT) and CMV\_R (AACATAGCAGAGATGGCGG) primers were used for the amplification of 280 nt fragment of the coat protein gene of CMV (Faggioli et al., 2005). The PCR conditions were denaturation at 95°C for 3 min followed by amplification as follows: 35 cycles of 30 s at 94°C, 45 s at 55° and 45 s at 72°C with a final extension step at 72°C for 7 min. The RNA extracted from healthy plants was used as negative controls in PCR reactions. Following this, electrophoresis in a 1.5% agarose gel stained with RedSafe™ (iNtRON, USA) was used to visualize the PCR products. After visualization of agarose gel, the amplicons of TSWV and CMV RNAs isolated from tomato and pepper were selected for further analysis.

## Phylogenetic analysis

Forward and reverse nucleotide sequences for each selected sample were acquired and edited by the programs Chromas Pro Version 2.5.1., ClustalX 2.00 and software BioEdit. The sequences were submitted to GenBank after nucleotide BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) analysis at NCBI (The National Center for Biotechnology Information) and confirmation of sequence identity. Phylogenetic analysis was used to determine the genetic diversity of TSWV and CMV isolates infecting tomato and pepper with isolates from around the world. The nucleotide sequences were aligned with the sequences of TSWV and CMV isolates belong to various countries and hosts retrieved from the GenBank database. Due to the large numbers of identical sequences acquired, phylogenetic trees were drawn using only the selected and then trimmed sequences. Sequence identities were compared using program SMS (The Sequence Manipulation Suite). The phylogenetic trees were constructed in MEGAX (Kumar et al., 2018) using the Maximum Likelihood method and the Tamura-Nei model (Tamura and Nei, 1993), with 1000 bootstrap replicates.

## RESULTS

A diagnostic study was done to assess the prevalences of TSWV and CMV in tomato and pepper growing districts of İzmir, Turkey. As seen from the data in Table 1 that, samples were collected in 5 districts encompassing 31 locations. Within the scope of the field studies, tomato and pepper crops showing characteristic virus disease symptoms were collected. The tomato plants collected had leaf curling, stunting, ringspots, chlorotic and necrotic spots. The foliar symptoms of pepper plants were mosaic, ringspots, chlorotic and necrotic spots. Molecular characterization was carried out using RT-PCR with nucleocapsid protein (N) gene-specific primers of TSWV and capsid protein (CP) gene-specific primers of CMV. RT-PCR amplification with specific primers yielded a 777 bp expected fragment of TSWV and a 280 bp of CMV. No viral amplicon was obtained from healthy control plants. The results obtained from the analysis are also summarized in Table 1. The results of this study indicated that the overall samples were infected with TSWV at a rate of 36.98% and with CMV at a rate of 22.94%. TSWV co-infection with CMV was found in 2.15% percent of tomato and 9.81% of pepper samples tested. In summary, these results show that 43.01% of tomato plants and 89.62% of pepper plants were found to be infected with either one of the virus. The results of the current study showed that tomato plants were infected at the same rate (21.50%) with TSWV and CMV. Out of the tested pepper samples, 64.15% were infected with TSWV and 25.47% with CMV (Table 1).

**Table 1.** Numbers of tomato and pepper samples tested by reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR) in the districts of İzmir province and of positives for each virus

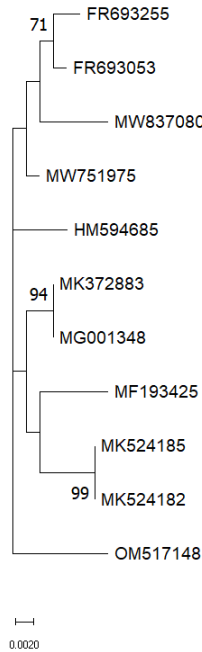
**Çizelge 1.** İzmir iline ait ilçelerde reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR) yöntemi ile test edilen domates ve biber örneklerinin ve pozitif örnek sayıları

Districts	Numbers of tested tomato samples	RT-PCR		Numbers of tested pepper samples	RT-PCR	
		TSWV	CMV		TSWV	CMV
Ödemiş	18	6	14	10	8	4
Torbalı	117	25	13	11	7	2
Tire	22	0	13	29	16	13
Bayındır	20	2	0	13	8	4
Menderes	9	7	0	43	29	4
Total	186	40	40	106	68	27
Percentage (%)		21.5	21.5		64.15	25.47

In order to confirm the identification of viruses determined by RT-PCR in tomato and pepper plants, nucleotide sequencing was performed for each isolate of TSWV and CMV from each plant group. Partial nucleocapsid protein (N) gene sequences were obtained from selected isolates of TSWV from tomato and pepper leaves. The nucleotide sequences of them were submitted to GenBank under the accession numbers OM517148 and MZ666393, respectively. The nucleotide identity rates of these isolates with TSWV isolates from other parts of the world were compared by BLAST algorithm. The tomato isolate of

TSWV exhibited 98.65% sequence identity with TSWV isolate from pepper plants in Tokat province of Turkey (MW751975). It showed 98.50% identity with peanut isolate of South Korea (MK372883) and tomato isolates of South Korea (MG001348) and France (FR693255) while it displayed 98.35% identity with tomato isolates of Argentina (MK524185) and China (HM594685). Likewise, it showed 98.35% identity with pepper isolates of France (FR693053) and Argentina (MK524182). It has been determined that it has 97.90% similarity with the pepper isolate from Mersin province of Turkey (MW837080) and tobacco isolate of China (MF193425). The pepper TSWV isolate displayed 99.70% identity with tomato isolate from Zonguldak province of Turkey (MZ568848) and 99.40% identity with tomato isolate from Ankara province of Turkey (MZ568840). Similarly, it was 99.10% identical to the pepper isolate of Montenegro (GU339505). It shared 98.96% nucleotide identity with the pepper isolates from Italy (KM096536) and South Korea (HQ267709), both of which are 100% identical. Also, it showed 98.81% similarity with pepper isolate of France (FR693047), 98.51% similarity with tomato isolate of Italy (KM096542) and 98.36% similarity with pepper isolate of Spain (FR693067). Lastly, it exhibited 97.91% identity with tomato isolate of Spain (FR693266) and 96.72% identity with pepper isolate of Tokat province of Turkey (MW751975).

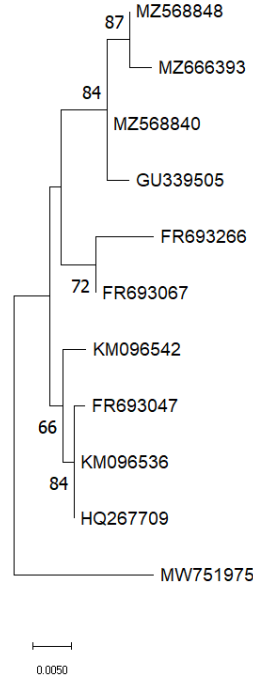
As well as BLAST analysis, phylogenetic trees were constructed using Maximum Likelihood Method to examine genetic diversity among virus isolates. Phylogenetic analysis provided a deeper understanding of virus evolution and genetic interactions. As shown in Figures 1 and 2, the phylogenetic tree of the sequences obtained by amplifying the N gene region of the S RNA segment of the isolates was constructed with the world isolates. The N-gene phylogenetic tree of TSWV isolate from tomato (Figure 1), based on 11 sequences, yielded two subpopulations. First subpopulation included two pepper isolates with the accession numbers of MW751975 and MW837080 that have been identified in Turkey and also other isolates from different countries. The last subpopulation only consisted of our isolate (OM517148).



**Figure 1.** Phylogenetic tree constructed by Maximum Likelihood method using the partial nucleocapsid gene sequences of tomato spotted wilt virus isolates obtained from tomato growing areas in İzmir province and the GenBank database. The bootstrap values are shown in the branches as percentages and values greater than 50% are included in the tree.

**Şekil 1.** İzmir domates üretim alanlarından elde edilen ve GenBank veri tabanındaki tomato spotted wilt virus izolatlarının kısmi kapsid protein geni-nükleotit dizileri kullanılarak, Maximum Likelihood yöntemi ile oluşturulan filogenetik ağaç. Bootstrap değerleri dallarda yüzde olarak gösterilmektedir ve %50'den büyük değerler ağaçta yer almaktadır.

The phylogenetic tree of TSWV isolate from pepper (Figure 2), based on 11 sequences, contained two subpopulations. First subpopulation, which has our isolate (MZ666393), included the isolates reported from Europe and Asia. The last subpopulation consisted one isolate (MW751975) from Tokat province of Turkey.

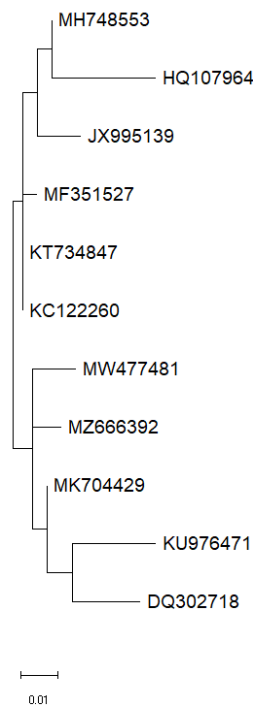


**Figure 2.** Phylogenetic tree constructed by Maximum Likelihood method using the partial nucleocapsid gene sequences of tomato spotted wilt virus isolates obtained from pepper growing areas in İzmir province and the GenBank database. The bootstrap values are shown in the branches as percentages and values greater than 50% are included in the tree.

**Şekil 2.** İzmir biber üretim alanlarından elde edilen ve GenBank veri tabanındaki tomato spotted wilt virus izolatlarının kısmi nükleokapsid protein geni-nükleotit dizileri kullanılarak, Maximum Likelihood yöntemi ile oluşturulan filogenetik ağaç. Bootstrap değerleri dallarda yüzde olarak gösterilmektedir ve %50'den büyük değerler ağaçta yer almaktadır.

The partial capsid protein (CP) gene sequences of CMV isolates were obtained, and the sequences were deposited to the NCBI GenBank database with the following accession numbers. The accession numbers of the CMV isolates from tomato and pepper crops are MZ666392 and MZ666391, respectively. The nucleotide identity rates of the CMV isolates from tomato and pepper in the present study with the isolates from world were examined. The tomato isolate of CMV was 98.82% identical to the tobacco isolate from Adiyaman province of Turkey (MK704429). Also, a 98.43% identity was determined with tomato isolates from Greece (KT734847) and Iran (KC122260), which were 100% identical. The tomato isolate of CMV shared 98.04% nucleotide similarity with a tomato isolate of Pakistan (MF351527) followed by a cucumber isolate from Iraq (MW477481). Also, it showed 97.65% identity with the bean isolate of Italy (MH748553) and 96.86% identity with the tobacco isolate of India (JX995139). Finally, it has 96.47% similarity with the tomato isolate of China (DQ302718), 96.08% with the pepper isolate of Nigeria (KU976471) and 95.69% with the pepper isolate of Malaysia (HQ107964). The pepper-CMV isolate was 100% identical to the pepper isolate from France (MG334381). Then, a 99.47% identity was found with the pepper isolate of Thailand (AY560556) and the tobacco isolate of Vietnam (HE999617). It shared 98.93% nucleotide similarity with the tomato isolate of Egypt (KX014666) as well as pepper isolates of Tunisia (HE971670), India (KM272276) and Sudan (KU976467). It showed 98.63% identity with the pepper isolate of Malaysia (HQ107960) while it has 98.40% similarity with the pepper isolates of China (FJ403474) and Ecuador (MW291545).

Figures 3 and 4 present the phylogenetic tree of the sequences of RNA3 segment of CMV from tomato and pepper was constructed along with the world isolates. This study showed that the phylogenetic tree of CMV isolate from tomato (Figure 3), based on 11 sequences of the CP gene region, delineated two subpopulations. First subpopulation included European and Asian isolates. The second subpopulation, which has our isolate (MZ666392), consisted of tomato isolates from Asia and Africa. It was also shown that the phylogenetic tree of CMV isolate from pepper (Figure 4), based on 11 sequences, yielded two subpopulations. First subpopulation, which has our isolate (MZ666391), included pepper isolates from France, Tunisia, Malaysia, India, Thailand and Ecuador, as well as, tobacco isolate from Vietnam. The last subpopulation consisted of the isolates from Asia and Africa.

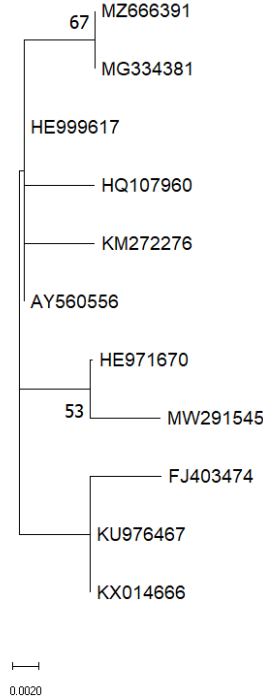


**Figure 3.** Phylogenetic tree constructed by Maximum Likelihood method using the partial capsid protein gene of cucumber mosaic virus isolates obtained from tomato growing areas in İzmir province and the GenBank database. The bootstrap values are shown in the branches as percentages and values greater than 50% are included in the tree.

**Şekil 3.** İzmir domates üretim alanlarından elde edilen ve GenBank veri tabanındaki cucumber mosaic virus izolatlarının kısmi kapsid protein geni-nükleotit dizileri kullanılarak, Maximum Likelihood yöntemi ile oluşturulan filogenetik ağaç. Bootstrap değerleri dallarda yüzde olarak gösterilmektedir ve %50'den büyük değerler ağaçta yer almaktadır.

The nucleotide identity rates of the CMV isolates from tomato and pepper in the present study with the isolates from world were examined. The tomato isolate (MZ666392) of CMV was 98.82% identical to the tobacco isolate from Adiyaman province of Turkey (MK704429). Also, a 98.43% identity was determined with tomato isolates from Greece (KT734847) and Iran (KC122260), which were 100% identical. The tomato isolate of CMV shared 98.04% nucleotide similarity with a tomato isolate of Pakistan (MF351527) followed by a cucumber isolate from Iraq (MW477481). Also, it showed 97.65% identity with the bean isolate of Italy (MH748553) and 96.86% identity with the tobacco isolate of India (JX995139). Finally, it has 96.47% similarity with the tomato isolate of China (DQ302718), 96.08% with the pepper isolate of Nigeria (KU976471) and 95.69% with the pepper isolate of Malaysia (HQ107964). The pepper-CMV isolate (MZ666391) was 100% identical to the pepper isolate from France (MG334381). A 99.47% identity was found with the pepper isolate of Thailand (AY560556) and the tobacco isolate of Vietnam (HE999617). It shared 98.93% nucleotide similarity with the tomato isolate of Egypt (KX014666) as well

as pepper isolates of Tunisia (HE971670), India (KM272276) and Sudan (KU976467). It showed 98.63% identity with the pepper isolate of Malaysia (HQ107960) while it has 98.40% similarity with the pepper isolates of China (FJ403474) and Ecuador (MW291545).

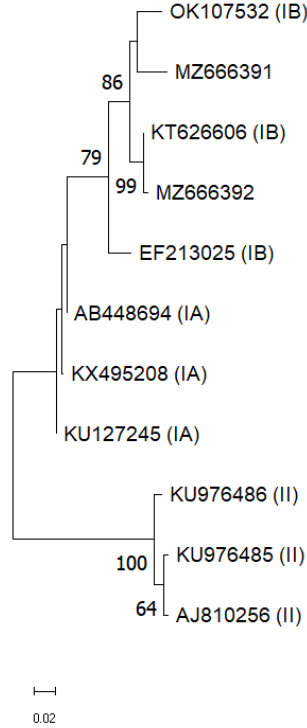


**Figure 4.** Phylogenetic tree constructed by Maximum Likelihood method using the partial capsid protein gene of cucumber mosaic virus isolates obtained from pepper growing areas in İzmir province and the GenBank database. The bootstrap values are shown in the branches as percentages and values greater than 50% are included in the tree

**Şekil 4.** İzmir biber üretim alanlarından elde edilen ve GenBank veri tabanındaki cucumber mosaic virus izolatlarının kısmi kapsid protein geni-nükleotit dizileri kullanılarak, Maximum Likelihood yöntemi ile oluşturulan filogenetik ağaç. Bootstrap değerleri dallarda yüzde olarak gösterilmektedir ve %50'den büyük değerler ağaçta yer almaktadır

Considering the subgroups of CMV, the sequences of subgroups IA, IB and II from GenBank were selected and included in phylogenetic analysis. The partial CP-gene sequence of CMV isolate (MZ666392) collected from tomato plant showed nucleotide identity (98.43%) with a CMV isolated from melon plant in Iran (KT626606) that is clustered in subgroup IB, characterized by Asian strains. Likewise, CMV isolate (MZ666391) collected from pepper plant showed nucleotide identity (95.72%) with a CMV isolated from melon plant in Iran (KT626606) that is placed into subgroup IB. The phylogenetic trees, as shown in Figure 5, formed one cluster consisting of isolates of subgroup IB along with the CMV isolates of tomato and pepper, whereas the other cluster consisted of isolates of subgroup IA. The isolates belonging to subgroup II formed distinct cluster. Correspondingly, it can be implied that the both CMV-tomato and pepper isolates of this study belong to subgroup IB and have a close phylogenetic relationship with the CMV isolates of subgroup IB found in Iran (KT626606), Nigeria (OK107532) and China (EF213025). According to BLAST analysis of the isolates from different subgroups, CMV-tomato and pepper isolates of the current study exhibited 94.90%-95.19% sequence identities with the CMV isolate from tomato plant in Nigeria (OK107532), and 93.73%-92.51% identities with cabbage isolate from China (EF213025), respectively. However, they showed 91.76%-91.44% identities with zucchini isolate from Poland (KX495208), 91.76%-91.98% with tobacco isolate from Syria (AB448694), and also 90.59%-90.91 identities with banana isolate of Ecuador (KU127245), respectively, which are all classified as subgroup IA. On the other hand, it was determined that CMV-tomato and pepper isolates had nucleotide

similarity ratios of 81.18%-81.28% with pepper isolate of Australia (KU976485), 80.78%-81.28% with tobacco isolate of USA (AJ810256) and 80.00%-80.75% with tobacco isolate of Germany (KU976486), respectively, in subgroup II.



**Figure 5.** Phylogenetic relationship of cucumber mosaic virus (CMV) isolates of tomato and pepper plants and the isolates of different subgroups of CMV. The bootstrap values are shown in the branches as percentages and values greater than 50% are included in the tree.

**Şekil 5.** Domates ve biber bitkilerinden elde edilen cucumber mosaic virus (CMV) izolatlarının, farklı alt gruplardaki CMV izolatları ile filogenetik ilişkisi. Bootstrap değerleri dallarda yüzde olarak gösterilmektedir ve %50'den büyük değerler ağaçta yer almaktadır.

## DISCUSSION

The climatic conditions in Turkey favor tomato and pepper cultivation. This study reported CMV and TSWV infections in the districts of İzmir province. A number of researchers have reported TSWV and CMV infections in tomato and pepper growing areas in different locations of the country. In 1998-1999, serological tests revealed that 20.2% to 7.7% of pepper samples tested were infected with CMV and 2.2% to 9.2% with TSWV in Samsun province (Arli-Sokmen et al., 2005). In 2002-2003, TSWV and CMV were detected 12.9% and 6.9% of the tested tomato crops, respectively, in the same region of Turkey (Arli-Sokmen & Sevik, 2006). CMV was detected in tomato plants in the locations of the north-west Mediterranean region of Turkey by DAS-ELISA, and the infection rate varied from 12.5% to 90.32% (Yardımcı & Eryiğit, 2006). CMV infection in tomato and pepper crops was detected at the rates of 87% and 69%, respectively, using DAS-ELISA and Real-Time PCR in the locations of Marmara Region of Turkey (Uzunoğulları & Gümüş, 2015). In 2015, of the pepper samples tested, 35.81% were found to be infected with TSWV and 7.34% with CMV in the Mediterranean region of Turkey as a result of DAS-ELISA and RT-PCR tests (Güneş & Gümüş, 2019). Although different studies have reported these infectious agents in Turkey, a small-scale study has been carried out in İzmir province (Gümüş, 1998).



This is the study conducted in details so far showing that tomato and pepper samples were infected with notably rate with TSWV and CMV in this region. In spite of the fact that the present findings were consistent with those observed in earlier studies, and the prevalence of viruses was higher in pepper samples (89.62%) than tomato (43.01%). The rates of TSWV and CMV infection may vary depending years in tomato production areas as determined by many researchers using especially biological indexing, DAS-ELISA and RT-PCR. Virus intensity could be variable among geographical locations. In the study carried out in Bulgaria, no Orthotospovirus species other than TSWV were found in tomato crops (Hristova et al., 2001). In 2000-2001, all collected tomato and pepper samples were found to be positive for TSWV in Italy (Roggero et al., 2002). TSWV isolates were identified from tomato and pepper plants grown in provinces in South Korea (Lee et al., 2011). It was determined that TSWV was distributed to different tomato production regions of Kenya with an incidence of 21.81% (Macharia et al., 2015). A considerable amount of literature was published on resistance breaking-TSWV isolates in tomato and pepper cultivation areas in Turkey and Spain (Deligoz et al., 2014; Debreczeni et al., 2015; Fidan & Sari, 2019; Almási et al., 2020). In 2014-2016, CMV was found to be as the major virus among surveyed pepper growing regions in Thailand by ELISA method (Phatsaman et al., 2021). In Rwanda, hot pepper genotypes were evaluated for resistance to CMV under greenhouse conditions by ELISA and RT-PCR, and all commercial genotypes were found to be susceptible (Waweru et al., 2020). CMV infection rate was reported as 64.7% in evaluated chili pepper varieties in Colombia by using molecular techniques (Rivera-Toro et al., 2020). More recently, chili pepper is reported to be affected by CMV with 47.91% infection rate in India (Vinodhini et al., 2021). The present study confirms previous findings and demonstrate that tomato plants have CMV infection rate as similar to pepper plants. Phylogenetic analysis indicated that tomato and pepper isolates of CMV in this study have a close relationship with CMV isolates belonging to subgroup IB (Figure 5). This research may serve as a base for future studies.

It is important to note that the co-infection was detected in tomato and pepper areas surveyed. The mixed infection of TSWV with CMV have been reported previously (Arli-Sokmen & Sevik, 2006). The mixed infection in the host plant allows for virus interactions, resulting in genetic variation. Mixed viral infections can induce more severe symptoms than a single viral infection, or symptoms can be masked by other viruses. Pepper plants involving mixed infection in this study showed severe mosaic and vein banding. The interaction of viruses belonging different genus on a single host during combined infections is needed to be studied.

## **CONCLUSION**

TSWV and CMV were found to cause disease in economically important Solanaceous crops grown in the Aegean region, according to this study. The viruses were found to be more prevalent in pepper production areas than tomato production areas in this location. Despite of being aware of the symptoms of viral infections that affect plants, there was low awareness of the virus epidemiology, specifically their alternative hosts. Therefore, farmers' efforts to control thrips and aphids, as well as eradication of weeds, especially nearby the fields, were limited throughout the vegetation period. This area includes a variety of crops along with weeds, which are alternative hosts for both viruses and their vectors. Overall, weeds could be associated to the long-term presence of viral infections in the area. Therefore, it is important to apply efficient weed management methods for virus control.

## **ACKNOWLEDGEMENTS**

Ege University Scientific Research Projects Coordination (BAP), Turkey, provided financial support for this study (Project Number: FGA-2019-20475).

## REFERENCES

- Adkins, S., 2000. Tomato spotted wilt virus-positive steps towards negative success. *Molecular Plant Pathology*, 1 (3): 151-157. <https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2000.00022.x>
- Almási, A., K. Nemes & K. Salánki, 2020. Increasing diversity of resistance breaking pepper strains of Tomato spotted wilt virus in the Mediterranean region. *Phytopathologia Mediterranea*, 59 (2): 385-391. <https://doi.org/10.14601/Phyto-11346>
- Arli-Sokmen, M. & M.A. Sevik, 2006. Viruses infecting field-grown tomatoes in Samsun province, Turkey. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 39 (4): 283-288. <https://doi.org/10.1080/03235400500222057>
- Arli-Sokmen, M., H. Mennan, M.A. Sevik & O. Ecevit, 2005. Occurrence of viruses in field-grown pepper crops and some of their reservoir weed hosts in Samsun, Turkey. *Phytoparasitica*, 33 (4): 347-358. <https://doi.org/10.1007/BF02981301>
- Batuman, O., T.A. Turini, P.V. Oliveira, M.R. Rojas, M. Macedo, H.C. Mellinger, S. Adkins & R.L. Gilbertson, 2017. First report of a resistance-breaking strain of Tomato spotted wilt virus infecting tomatoes with the Sw-5 tospovirus-resistance gene in California. *Plant Disease*, 101 (4): 637-637. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-16-1371-PDN>
- Beşteçeli, M., N. Güneş & M. Gümüş, 2021. Antalya ili Demre ilçesi biber yetiştiriciliğinde Tomato spotted wilt virus (TSWV) ve Cucumber mosaic virus (CMV) etmenlerinin yaygınlığının belirlenmesi, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58 (3): 399-405. <http://doi.org/10.20289/zfdergi.799432>
- Canto, T., D.A. Prior, K.H. Hellwald, K.J. Oparka & P. Palukaitis, 1997. Characterization of Cucumber mosaic virus. *Virology*, 237 (2): 237-248. <https://doi.org/10.1006/viro.1997.8804>
- Chapman, E.J., P. Hilson & T.L. German, 2003. Association of L protein and in vitro Tomato spotted wilt virus RNA-Dependent RNA polymerase activity. *Intervirology*, 46 (3): 177-181. <https://doi.org/10.1159/000071459>
- Debreczeni, D.E., C. López, J. Aramburu, J.A. Darós, S. Soler, L. Galipienso, R.B. Falk & L. Rubio, 2015. Complete sequence of three different biotypes of Tomato spotted wilt virus (wild type, tomato Sw-5 resistance breaking and pepper Tsw resistance-breaking) from Spain. *Archives of Virology*, 160 (8): 2117-2123. <https://doi.org/10.1007/s00705-015-2453-8>
- Deligoz, I., Arli Sokmen M. & S. Sari, 2014. First report of resistance breaking strain of Tomato spotted wilt virus (Tospovirus; Bunyaviridae) on resistant sweetpepper cultivars in Turkey. *New Disease Reports* 30: 26. DOI: 10.5197/j.2044-0588.2014.030.026
- Faggioli, F., L. Ferretti, G. Albanese, R. Sciarroni, G. Pasquini, V. Lumia & M. Barba, 2005. Distribution of olive tree viruses in Italy as revealed by one-step RT-PCR. *Journal of Plant Pathology*, 49-55.
- FAO, 2020. World tomato and pepper production list. (Web site: <https://www.fao.org/faostat/en/#home>) (Access date: January 2022.)
- Fidan, H. & N. Sari, 2019. Molecular characterization of resistance-breaking Tomato spotted wilt virus (TSWV) isolate medium segment in tomato. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17 (2): 5321-5339. [https://doi.org/10.15666/aeer/1702\\_53215339](https://doi.org/10.15666/aeer/1702_53215339)
- Foissac, X., L. Svanella-Dumas, M.J. Dulucq, T. Candresse & P. Gentit, 2001. Polyvalent detection in fruit tree tricho, capillo and foveaviruses by nested RT-PCR using degenerated and inosine containing primers (PDO RT-PCR). *Acta Horticulturae*, 550: 37-43. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.550.2>
- Gal-On, A., T. Canto & P. Palukaitis, 2000. Characterisation of genetically modified Cucumber mosaic virus expressing histidine-tagged 1a and 2a proteins. *Archives of Virology*, 145 (1): 37-50. <https://doi.org/10.1007/s007050050003>
- Goto, K., T. Kobori, Y. Kosaka, T. Natsuaki & C. Masuta, 2007. Characterization of silencing suppressor 2b Cucumber mosaic virus based on examination of its small RNA-binding abilities. *Plant Cell Physiology*, 48: 1050-1060. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcm074>
- Gümüş, M., 1998. The Studies on The Detection of The Viruses and Their Incidence in Peppers in İzmir Province and the Determination of the Reactions of Certain Pepper Cultivars to these Viruses. Ege University, Graduate School of Natural and Applied Science, (Unpublished) PhD Thesis, İzmir, Turkey, 118 pp (in Turkish with Abstract in English).

- Güneş, N. & M. Gümüş, 2019. Detection and Characterization of Tomato spotted wilt virus and Cucumber mosaic virus on pepper growing areas in Antalya. *Journal of Agricultural Sciences*, 25 (3): 259-271. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.499144>
- Hristova, D., O. Karadjova, M. Yankulova, C. Heinze & G. Adam, 2001. A survey of tospoviruses in Bulgaria. *Journal of Phytopathology*, 149 (11-12): 745-749. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0434.2001.00694.x>
- Jiang, L., Y. Huang, L. Sun, B. Wang, M. Zhu, J. Li, C. Huang, Y. Liu, F. Li, Y. Liu, J. Dong, Z. Zhang & X. Tao, 2017. Occurrence and diversity of Tomato spotted wilt virus isolates breaking the Tsw resistance gene of *Capsicum chinense* in Yunnan, southwest China. *Plant Pathology*, 66 (6): 980-989. <https://doi.org/10.1111/ppa.12645>
- Karavina, C., S. Ximba, J.D. Ibaba & A. Gubba, 2016. First report of a mixed infection of Potato virus Y and Tomato spotted wilt virus on pepper (*Capsicum annuum*) in Zimbabwe. *Plant Disease*, 100 (7): 1513-151. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-16-0185-PDN>
- Kumar, S., G. Stecher, M. Li, C. Knyaz & K. Tamura, 2018. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution*, 35: 1547-1549. <https://doi.org/10.1093/molbev/msy096>
- Lee, J.S., W.K. Cho, M.K. Kim, H.R. Kwak, H.S. Choi & K.H. Kim, 2011. Complete genome sequences of three Tomato spotted wilt virus isolates from tomato and pepper plants in Korea and their phylogenetic relationship to other TSWV isolates. *Archives of Virology*, 156 (4): 725-728. <https://doi.org/10.1007/s00705-011-0935-x>
- Li, J., Z. Feng, J. Wu, Y. Huang, G. Lu, M. Zhu, B. Wang, X. Mao & X. Tao, 2015. Structure and function analysis of nucleocapsid protein of Tomato spotted wilt virus interacting with RNA using homology modeling. *Journal of Biological Chemistry*, 290 (7): 3950-3961. <https://doi.org/10.1074/jbc.M114.604678>
- Li, W., D.J. Lewandowski, M.E. Hilf & S. Adkins, 2009. Identification of domains of the Tomato spotted wilt virus NSm protein involved in tubule formation, movement and symptomatology. *Virology*, 390: 110-121. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2009.04.027>
- Lin, H.X., L. Rubio, A. Smythe, M. Jimenez & B.W. Falk, 2003. Genetic diversity and biological variation among California isolates of Cucumber mosaic virus. *Journal of General Virology*, 84 (1): 249-258. <https://doi.org/10.1099/vir.0.18673-0>
- Loebenstein, G. & H. Lecoq, 2012. "Major Tomato Viruses in the Mediterranean Basin, 31-67". In: *Advances in Virus Research Viruses and Virus Diseases of the Vegetables in the Mediterranean Basin* (Eds. G. Loebenstein & H. Lecoq). Academic Press-Elsevier. Amsterdam, The Netherlands, 595 pp.
- Macharia, I., D. Backhouse, E.M. Ateka, S.B. Wu, J. Harvey, M. Njahira & R.A. Skilton, 2015. Distribution and genetic diversity of Tomato spotted wilt virus following an incursion into Kenya. *Annals of Applied Biology*, 166 (3): 520-529. <https://doi.org/10.1111/aab.12201>
- Morca, A.F., A. Çelik, S. Coşkan, A.I. Santosa & B. Akbaş, 2022. Population analysis on Tomato spotted wilt virus isolates inducing various symptoms on tomato, pepper, and *Chenopodium album* in Turkey. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 101786. <https://doi.org/10.1016/j.pmp.2022.101786>
- Nagata, T., A.K. Inoue-Nagata, J. van Lent, R. Goldbach & D. Peters, 2002. Factors determining vector competence and specificity for transmission of Tomato spotted wilt virus. *Journal of General Virology*, 83: 663-667. <https://doi.org/10.1099/0022-1317-83-3-663>
- Nour, S.M., M. Maleki & T. Ghotbi, 2013. Biological and serological detection of TSWV on three commercial cultivars *Chrysanthemum morifolium* in Markazi province of Iran. *Annals of Biological Research*, 4 (4): 112-119.
- Parrella, G., P. Gognalons, K. Gebre-Selassie, C. Vovlas & G. Marchoux, 2003. An update of the host range of Tomato spotted wilt virus. *Journal of Plant Pathology*, 227-264.
- Phatsaman, T., S. Wasee & R. Hongprayoon, 2021. Incidence and distribution of pepper-infecting viruses in Thailand. *Journal of the International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences*, 27 (2): 1-13.
- Pinto, Z.V., J.A.M. Rezende, V.A. Yuki & S.M.D.S. Piedade, 2008. Ability of *Aphis gossypii* and *Myzus persicae* to transmit Cucumber mosaic virus in single and mixed infection with two potyviruses to zucchini squash. *Summa Phytopathologica*, 34 (2): 183-185.
- Rivera-Toro, D.M., J.C. Vaca-Vaca & K. López-López, 2020. Detection and molecular characterization of the Cucumber mosaic virus in chili pepper (*Capsicum* spp. L.) crops. *Agronomía Colombiana*, 38 (2): 218-225. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v38n2.82975>

- Roggero, P., V. Masenga & L. Tavella, 2002. Field isolates of Tomato spotted wilt virus overcoming resistance in pepper and their spread to other hosts in Italy. *Plant Disease*, 86 (9): 950-954. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2002.86.9.950>
- Roossinck, M.J., 2002. Evolutionary history of Cucumber mosaic virus deduced by phylogenetic analyses. *Journal of Virology*, 76 (7): 3382-3387. <https://doi.org/10.1128/JVI.76.7.3382-3387.2002>
- Scholthof, K.B.G., S. Adkins, H. Czosnek, P. Palukaitis, E. Jacquot, T. Hohn, B. Hohn, K. Saunders, T. Candresse, P. Ahlquist, C. Hemenway & G.D. Foster, 2011. Top 10 plant viruses in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 12 (9): 938-954. <https://doi.org/10.1111/J.1364-3703.2011.00752.X>
- Sin, S.H., B.C. McNulty, G.G. Kennedy & J.W. Moyer, 2005. Viral genetic determinants for thrips transmission of Tomato spotted wilt virus. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102 (14): 5168-5173. <https://doi.org/10.1073/pnas.0407354102>
- Takeda, A., K. Sugiyam, H. Nagano, M. Mori, M. Kaido, K. Mise, S. Tsuda & T. Okuno, 2002. Identification of a novel RNA silencing suppressor, NSs protein of Tomato spotted wilt virus. *FEBS Letters*, 532: 75-79. [https://doi.org/10.1016/S0014-5793\(02\)03632-3](https://doi.org/10.1016/S0014-5793(02)03632-3)
- Tamura, K. & M. Nei, 1993. Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees. *Molecular Biology and Evolution*, 10: 512-526. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.molbev.a040023>
- Thompson, J.R., E. Buratti, M. de Wispelaere & M. Tepfer, 2008. Structural and functional characterization of the 5' region of subgenomic RNA5 of Cucumber mosaic virus. *Journal of General Virology*, 89 (7): 1729-1738. <https://doi.org/10.1099/vir.0.2008/001057-0>
- TUİK, 2022. Turkey tomato and pepper production list. (Web site: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>.) (Access date: January 2022.)
- Uzunoğulları, N. & M. Gümüş, 2015. Detection of Cucumber mosaic virus (Cucumber mosaic virus, CMV) causing natural infection on some cultured plants in Marmara Region. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 16 (1): 9-15 (in Turkish with an abstract in English).
- Vinodhini, J., L. Rajendran, R. Abirami & G. Karthikeyan, 2021. Co-existence of chlorosis inducing strain of Cucumber mosaic virus with tospoviruses on hot pepper (*Capsicum annuum*) in India. *Scientific Reports*, 11 (1): 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88282-9>
- Waweru, B.W., D.C. Kilalo, J.W. Kimenju, P. Rukundo & D.W. Miano, 2020. Evaluation of hot pepper (*Capsicum* spp.) genotypes for resistance to viruses and aphids in Rwanda. *Advances in Horticultural Science*, 34 (4): 397-412. <https://doi.org/10.13128/ahsc8094>
- Yardımcı, N. & H. Eryiğit, 2006. Identification of Cucumber mosaic virus in tomato (*Lycopersicon esculentum*) growing areas in the north-west Mediterranean region of Turkey. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 34 (2): 173-175. <https://doi.org/10.1080/01140671.2006.9514403>





## Research Article (Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (1): 81-89  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1115371>

İlayda GÜNER<sup>1</sup>

Hakan GEREN<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye

\* Sorumlu yazar (Corresponding author):  
[hakan.geren@ege.edu.tr](mailto:hakan.geren@ege.edu.tr)

# Dev kralotu (*Pennisetum hybridum*)'nun sap çelikleri ile çoğaltım olanakları üzerine araştırmalar\*

Investigations on the propagation possibilities with stem cuttings of giant kinggrass (*Pennisetum hybridum*)

\* Bu makale birinci yazarın yüksek lisans tezinden özetlenmiştir.

Received (Alınış): 11.05.2022

Accepted (Kabul Tarihi): 14.06.2022

## ÖZ

**Amaç:** Bu çalışma, dev kralotu (*Pennisetum hybridum*) bitkisi sap çeliklerinin köklenme kabiliyetini incelemek amacıyla yürütülmüştür.

**Materyal ve Yöntem:** Bitkinin aktif büyüme döneminde alınan çelikler farklı sürelerde (3, 6, 12, 24, 36, 48, 72 ve 96 saat) ve ortamlarda (kapalı ambalaj içinde kuru ve sulu) muhafaza edilmişlerdir. Çelikler farklı IBA yoğunluklarına (0, 2K, 4K ve 6K ppm) 5 saniye daldırılmış ve nemli toprağa dikilmiştir. Çalışmada köklenme oranı, sürgün sayısı ve uzunluğu ile kök kuru ağırlığı gibi özellikler incelenmiştir.

**Araştırma Bulguları:** Veriler; bekleme süresi, ortam ve IBA yoğunluklarının köklenme oranı dışında ölçülen tüm özellikler üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermiştir. Bekleme süresi uzadıkça ve kuru ortamda çelik başına sürgün sayısı, uzunluğu ve kök kuru ağırlığı azalmıştır.

**Sonuç:** 2K ppm IBA uygulaması, dev kralotu sap çeliklerinin köklenmesi için en iyi muamele olarak saptanmıştır.

## ABSTRACT

**Objective:** The objective of this study was to examine the rooting capability of stem cuttings of giant king grass (*Pennisetum hybridum*).

**Material and Methods:** Stem cuttings taken in active growing stage of the crop were kept in different periods (3, 6, 12, 24, 36, 48, 72 and 96 hours) and in media (dry and wet in closed packaging). Cuttings were immersed in different concentrations of IBA (0, 2K, 4K and 6K ppm) for 5 seconds and then planted into the soil. Some properties such as rooting rate, number of shoot and root dry weight were tested in the experiment.

**Results:** The data obtained indicated that there were significant effects of waiting period, media and IBA concentrations on all measured characteristics except rooting rate. The prolonged waiting time and in dry media reduced the shoot length, number of shoot and root dry weight per cuttings.

**Conclusion:** Application of 2K ppm IBA was determined as the best treatment for rooting the stem cuttings of giant king grass.

**Anahtar sözcükler:** IBA, köklenme oranı, *Pennisetum hybridum*, sap çelikleri, süre

**Keywords:** IBA, rooting rate, *Pennisetum hybridum*, stem cuttings, time

## GİRİŞ

Hayvansal üretimde genel maliyetler içinde yem masrafları %50-70'lik bir paya sahiptir. Bu nedenle yem masraflarının düşürülmesi genel maliyetleri ve mera baskısını azaltacak (Hazar Kalonya, 2022), dolayısıyla işletme kârlılığını yükseltecektir. Yem maliyetlerinin düşürülmesinde yapılacak hamlelerden birisi kaliteli kaba yem üretiminde çok yıllık, yüksek verimli ve nispeten az bakım gerektiren bitki seçimidir. Bu bitkilerin başında dev kralotu gelmektedir. Tropik kökenli ve çok yıllık bir buğdaygil yem bitkisi olan dev kralotu, mısır (*Zea mays*) bitkisi gibi kolaylıkla silolanabilen, uygun bakım koşullarında bir üretim mevsimi boyunca mısırdan daha yüksek ot verimi sağlayabilen (tesis yılından sonra), mekanizasyona uygun bir bitkidir. Dev kralotu bitkisinin çok yıllık olması, her yıl tohum ve tohuma bağlı tarımsal işlem (toprak hazırlığı, ekim işçiliği, boğaz doldurma, vb.) gerektirmemesi en önemli üstünlüklerinden biridir.

Ne var ki, söz konusu bitkinin kısır olması, yani tohum vermemesi, onun farklı yöntemlerle çoğaltılması ve tarımına başlanması gerçeğiyle yüz-yüze getirmektedir. Tohumu olmayan dev kralotu bitkisinin vejetatif organlarıyla (özellikle rizomları ve ökçeli çelikleriyle) kolaylıkla çoğaltılabildiği pek çok araştırmacı tarafından vurgulanmıştır (Geren & Kavut, 2015; Geren & Yaman, 2016). Rizomlara ulaşmak için anaç bitkinin bulunduğu yerin kazılması, rizomların sökülmesi ve toprağından arındırılması gibi işlemler oldukça yoğun emek, işgücü ve zaman gerektirmekte olup, anaç bitkinin hayatını da tehlikeye sokabilmektedir. Benzer durum ökçeli çelik elde etmek için de geçerlidir. Bu nedenle en pratik yol, anaç bitkinin toprak üstü saplarından çelik almak ve bunları köklendirmektir (Ellialtıoğlu, 2019). Zira bu işlem esnasında, ne anaç bitki zarar görmekte, ne de aşırı bir işgücü veya zamana gereksinim bulunmaktadır.

Dev kralotu bitkisinin köksüz sap çelikleriyle yeni tesis edilen plantasyonlarda, anaç bitkiden alınan çeliklerin 4-5 saat sonunda dikildiği belirtilirken (Geren & Kavut, 2015), çeliklerin daha uzun bir süre bekletilerek dikilmesi konusunda pek fazla çalışmanın bulunmadığı dikkati çekmiştir. Bu noktadan hareketle; örneğin, A noktasındaki bir dev kralotu tarlasından alınacak sap çeliklerinin, karayoluyla 3 günlük uzaklıktaki B noktasına nakledilmek istendiği düşünülürken; A noktasından çeliklerin alınıp, hazırlanması, koli, çuval gibi taşıyıcı unsurların içine yerleştirilmesi, kargoya verilmesi, nakliye süreci, B noktasına varması, oradan da ilgili tarlaya transferi gibi zamana karşı yarış başlamaktadır. Bu yarışın da en hesaplı yolla gerçekleşmesi beklenmektedir. Bu gibi bir durumla karşı karşıya kalındığında, çeliklerin hayatta kalıp-kalamayacakları, ne kadarının hayatta kalıp köklenebileceği büyük bir soru işaretidir.

Yukarıda farklı yönlerden açıklanmaya çalışılan problemin çözümü için bu çalışma kapsamında, dev kralotu anaç bitkisinden alınan köksüz sap çeliklerinin çoğaltma olanakları incelenmiştir. Bu araştırma, aktif büyüme döneminde dev kralotu bitkisinden alınan köksüz sap çeliklerinde, değişik bekletme süresi ve ortamı ile farklı IBA dozu uygulamasının köklenme ve bazı özellikleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Bornova deneme alanında yürütülmüş olup, dev kralotu plantasyonundan alınan köksüz sap çelikleri bitkisel materyal olarak kullanılmıştır. Araştırmada üç faktör ele alınmıştır. Bunlardan birincisi 8 farklı bekleme süresi (3, 6, 12, 24, 36, 48, 72 ve 96 saat), ikincisi 4 farklı IBA (Indol-3-bütirik asit,  $C_{12}H_{13}NO_2$ ) dozu (0 [kontrol], 2000, 4000 ve 6000 ppm) ve üçüncüsü 2 değişik saklama ortamı (kapalı ambalaj içinde kuru ve sulu)'dir. Çalışma, dört tekerrürlü saksı denemesi şeklinde yürütülmüştür.

Çalışmaya 18 litre hacimli plastik saksılara 2 mm'lik elekten geçirilmiş mil bünyeli toprak doldurularak başlanmıştır. Ardından, çelik alım olgunluğuna ulaşan dev kralotu sapları, toprak seviyesinden 10 cm anız yüksekliği bırakılarak biçilmiştir. Biçilen saplardan 2 boğum içerecek şekilde üretim çelikleri hazırlanmıştır (sapların üst kısımları kullanılmamıştır). Çelikle ek bir yaralama (zedeleme) yapılmamış ve herhangi bir yüzey sterilizasyonu işlemi uygulanmamıştır. Hazırlanan çeliklerin yarısı demet haline getirilerek, çift kat naylon torba (klasik çöp torbası) içinde (kuru), diğer yarısı da içine çiçek süngeri konmuş (suyla doyurulmuş)

plastik kovalara dip kısımları süngere batırılmış şekilde konmuş ve kapağı kapatılmıştır. Bu kovanın kapağı üzerine oluşabilecek kızışmanın önüne geçebilmek için havalandırma delikleri açılmıştır. Fakat kuru ortamı simgeleyen çift kat torbalar delinmemiştir. Her iki saklama ortamına konmuş çelikler, ilgili dikim zamanı gelinceye kadar hangar binasının gölge ortamında muhafaza edilmiştir.

İlgili bekleme süresinin sonunda ambalajlar açılarak çelikler alınmış ve tekrar kapatılmıştır. Alınan çeliklerin suda bekletilmiş olanları, üst kısımları zararsız boya ile işaretlenmiş, yukarıda belirtilen farklı dozlardaki IBA hormon çözeltisine, dip kısımları 5 saniye daldırıldıktan sonra tarla kapasitesine getirilmiş nemli saksı toprağına dikilmiştir. Suda (işaretli) ve kuruda (susuz) bekletilen çelikler aynı saksıya dikilmiştir. Hazırlanan ve kullanılan IBA çözeltileri, bir sonraki dikim saati gelinceye kadar buzluk (taşıma esnasında) ve buzdolabında (4°C) (sonraki dikim zamanına kadar bekleme süresi) bekletilmiştir.

Dikim işlemleri tamamlandıktan sonra klasik bakım işlemleri (sulama, yabancı ot mücadelesi) sürdürülmüş ve çeliklerin köklenmesi beklenmiştir. Çelik alım tarihinden (24 Temmuz) 30 gün sonra, çeliklerdeki sürgünlerin 2 cm ve daha fazla uzaması köklenmiş (%100) olarak kabul edilmiş ve cetvel yardımıyla sürgün boyları ölçülmüştür. Çelik alım tarihinden 45 gün sonra ise plastik saksılar kesilerek çeliklerin kökleri üzerindeki topraklar su ile uzaklaştırılmış, kökleri sayılmış ve kök uzunlukları cetvel yardımıyla ölçülmüştür. Çeliklerden kesilen kökler, laboratuvar ortamında 1 hafta süreyle kurutulmuş (hava kuru), işlem sonunda kuru kök ağırlıkları kaydedilmiştir.

Araştırmadan elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuştur (Yurtsever, 1984). Köklenme oranı değerlerine varyansı durağanlaştırmak için Arcsin dönüşümü uygulanmıştır. 3 faktörlü tesadüf parselleri deneme desenine göre yapılan istatistiki analizler sonucu muameleler arasındaki farklar LSD testi (0,01) kullanılarak belirlenmiştir.

## ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

### Köklenme oranı

Köklenme oranı verilerinin sunulduğu Çizelge 1 incelendiğinde, yapılan istatistiki analizi sonuçları, çalışmada ele alınan faktör (süre, IBA, ortam) veya interaksiyonların hiç birisinin önem taşımadığını ortaya koymuş, köklenme oranı genel ortalaması %95.3 olarak bulunmuştur.

**Çizelge 1.** Farklı bekleme süresi, ortamı ve IBA uygulamasının dev kralotu sap çeliklerinin köklenme oranına (%) etkisi

**Table 1.** Effect of waiting period, media and IBA application on rooting rate (%) of stem cuttings of giant king grass

Ortam	IBA (ppm)	Süre (saat)								Ort
		3	6	12	24	36	48	72	96	
Kuru (dry)	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	75.0	100.0	<b>96.9</b>
	2000	100.0	75.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	<b>96.9</b>
	4000	100.0	75.0	75.0	75.0	100.0	100.0	100.0	100.0	<b>90.6</b>
	6000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	75.0	100.0	100.0	<b>96.9</b>
	Ort	<b>100.0</b>	<b>87.5</b>	<b>93.8</b>	<b>93.8</b>	<b>100.0</b>	<b>93.8</b>	<b>93.8</b>	<b>100.0</b>	<b>95.3</b>
Sulu (wet)	0	100.0	100.0	100.0	75.0	100.0	100.0	75.0	100.0	<b>93.8</b>
	2000	100.0	100.0	75.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	<b>96.9</b>
	4000	75.0	100.0	75.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	<b>93.8</b>
	6000	75.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	<b>96.9</b>
	Ort	<b>87.5</b>	<b>100.0</b>	<b>87.5</b>	<b>93.8</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>93.8</b>	<b>100.0</b>	<b>95.3</b>
Ortalama	0	100.0	100.0	100.0	87.5	100.0	100.0	75.0	100.0	<b>95.3</b>
	2000	100.0	87.5	87.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	<b>96.9</b>
	4000	87.5	87.5	75.0	87.5	100.0	100.0	100.0	100.0	<b>92.2</b>
	6000	87.5	100.0	100.0	100.0	100.0	87.5	100.0	100.0	<b>96.9</b>
	Ort	<b>93.8</b>	<b>93.8</b>	<b>90.6</b>	<b>93.8</b>	<b>100.0</b>	<b>96.9</b>	<b>93.8</b>	<b>100.0</b>	<b>95.3</b>
LSD (0.01)	S: öd	IBA: öd	O: öd	SxIBA: öd	SxO: öd	IBAxO: öd	SxIBAxO: öd			

S: süre (time) O: ortam (media) Ort: ortalama (mean) öd: önemli değil (not significant)



Köklenme oranı bulguları genel olarak değerlendirildiğinde, yeni bir dev kralotu plantasyonu oluşturulmak istendiğinde, anaç bitkiden alınan köksüz sap çeliklerinin, herhangi bir köklendirici hormon uygulaması yapılmaksızın, gölge bir ortamda 4 güne kadar bekletilebileceğini ve süre sonunda nemli toprağa dikilmesi gerektiğini ifade etmektedir. Bir başka ifadeyle, deneme koşullarında yetiştirilen dev kralotu anaç bitkisinden, Temmuz ayının üçüncü haftası, örneğin Pazartesi günü saat 08:00'de alınan sapların, 4 boğum içerecek şekilde çeliklere kesilmesi ve bunların gölge bir ortamda saklanarak (kuru veya sulu ortamda) Cuma günü saat 08:00'e kadar dikilebileceği anlamına gelmektedir. Bu bulgu, aktif büyüme döneminde bitkinin dip kısımlarına depoladığı besin madde miktarının, geçen süreye rağmen yeniden filizlenmesi için yeterli olduğu kanaatini doğurmaktadır.

Pek çok araştırmacı (Larsen, 1997; Ellialtıoğlu, 2019; Hartmann et al., 2002) yaş, yarı odun veya odun sap çeliklerinin köklenme yeteneği üzerinde, çelik alım zamanındaki anaç bitkinin saplarındaki besin madde miktarı, dikim esnasındaki toprak ve hava sıcaklığı ile toprak nem durumunun da büyük önem taşıdığını belirtmişlerdir. Ayrıca dev kralotu sapı üzerindeki boğumlarda çıplak gözle bile açıkça görülen kök primordiyumları sayesinde köklenme şansı oldukça yüksek olduğu pek araştırmacı tarafından da ifade edilmiştir (Geren & Kavut, 2015; Geren & Yaman, 2016). Buna ek olarak Geren vd. (2016), dev kralotu bitkisi sap boğumları üzerinde kök primordiyumu görünmeden (özellikle sapın üst bölümlerinden) alınan çeliklerin köklenmediği, aktif büyüme dönemindeki sapın alt kısımlarının adeta mumsu bir tabaka ile kaplandığı zaman alınan çeliklerdeki köklenme oranının çok yüksek olduğu dile getirilmiştir. Aynı araştırmacılar, bu dönemdeki dev kralotu çeliklerinin köklendirilmesinde hormon kullanımının gerekli olmadığı, nemli ve doğrudan güneş ışığı almayan bir ortamda bekletilmesinin yeterli olduğunu belirtmiştir. Araştırmamızda, çeliklerin yukarıda belirtilen ideal çelik alım zamanında örneklenmesi ve bakım işlemlerinin tam olarak yapılması sayesinde hormon dozu uygulamaları arasında fark belirlenmemiş, çok yüksek oranda köklenme sağlanmıştır.

Çalışmamızda çeliklerin dört günlük depolama süresinin köklenme oranı üzerinde olumsuz bir etkisi bulunmamasına karşılık, bazı araştırmacılar, köksüz yaş çeliklerin depolama süresi uzadıkça köklenme kabiliyetlerinin de azaldığını saptamışlardır. Örneğin Zencirkiran (2010), depolama süresi uzadıkça (0, 1, 2, 3, 4 ay), karanfil (*Dianthus caryophyllus*) çeliklerinin köklenme oranlarının azaldığını bildirmiştir. Buna ek olarak İki et al. (2016), Aralık ayı başından Nisan ayı başına kadar 10°C ve 14°C'de saklanan fil otu (*Pennisetum purpureum*) köksüz sap çeliklerinin, süre uzadıkça çıkış oranının önemli ölçüde azaldığını saptamışlardır. Bulgularımızın, yukarıdaki araştırmacıların sonuçlarıyla farklı olmasının nedenini kullanılan bitkisel materyal farklılıklarına, saklama koşulu (sıcaklık, nem, vb.) ve sürelerinin değişik olmasına dayandırılabilir. Çalışmamızdan elde edilen ilginç bulgulardan birisi de, çeliklerden çıkan köklerin herhangi bir kallus oluşmadan büyümeye başlamasıdır. Zira yarı odun veya odunsu çeliklerin tabanında oluşturulan yaralamaya tepki olarak bir kallus dokusu oluşmakta ve kallus ile kök aynı zamanda ortaya çıkmaktadır (Keskin, 2016). Çalışmamız, dev kralotu sap çeliklerinin köklenmesi için kallus dokusu oluşumunun zorunlu olmadığını göstermiştir. Fil otu (*Pennisetum purpureum*) bitkisinden alınan 2-3 boğumlu çelikleri, buzdolabı ortamında 4, 8, 12, 16 ve 20 gün sakladıktan sonra diken Valentina et al. (2018), çeliklerin hiçbirinin köklenmediğini saptamışlardır.

### **Sürgün uzunluğu**

Sürgün uzunluğu verilerine uygulanan varyans analizi sonuçları, bu özellik üzerine sadece bekleme süresi ( $p \leq 0.01$ ) ile hormon dozu (IBA) faktörlerinin önemli ( $p \leq 0.01$ ) etkisi olduğunu göstermiştir (Çizelge 2). Bekleme süresi genel ortalamaları arasında en uzun sürgün boyu 56.5 cm ile 3 saat bekleyen çeliklerde saptanırken, onu istatistiki olarak aynı grupta yer alan 6 (52.2 cm), 12 (51.9 cm) ve 24 (47.5 cm) saat uygulaması takip etmiştir. En kısa sürgün boyu ise 31.5 cm ile 96 saat bekleyen çeliklerde ölçülürken, onu istatistiki olarak aynı (son) grupta yer alan 72 ve 48 saat uygulamaları izlemiştir. Hormon dozu genel ortalamaları arasında en uzun sürgün boyu 53.5 cm ile 2000 ppm IBA dozunda kaydedilirken,

onu istatistiki olarak aynı grupta yer alan 4000 ppm IBA (48.2 cm) uygulaması takip etmiştir. Rakamsal olarak en kısa sürgün 34.8 cm ile kontrol (0 ppm IBA) uygulamasında kaydedilmiştir.

Sürgün uzunluğuna ait bulgularımız genel olarak değerlendirildiğinde, çeliklerin dikim için bekleme süresi uzadığında sürgün uzunluklarının azaldığı söylenebilmektedir. Ayrıca tüm ölçümler toplu bir şekilde yapıldığından, bitkinin büyüme hızı göz önüne alındığında, 3 ve 96 saat arasında neredeyse 4 gün fark bulunması sonucunda sürgün boylarının kısalması doğal olarak karşılanmaktadır. Benzer sonuçlar Valentina et al. (2018) tarafından yürütülen bir çalışmada da dile getirilmiş olup; 4, 8, 12, 16 ve 20 gün depolanan fil otu (*Pennisetum purpureum*) çeliklerinin dördüncü günden dikiminden sonra filizlenmenin azaldığı vurgulanmıştır.

Çalışmamızda, tüm IBA uygulamalarının kontrole göre sürgün boylarının yükselmesine neden olduğu belirlenmiştir. Zira pek çok araştırmacı (Özer & Kalyoncu, 2007; Kalyoncu vd., 2008, 2016), köksüz sap çeliklerinde hormon uygulamalarının köklenme süresini kısalttığı, daha çok sayıda kök oluşumuna neden olarak sürgün boylarını arttırdığının altını çizmişlerdir.

**Çizelge 2.** Farklı bekleme süresi, ortam ve IBA uygulamasının dev kralotu sap çeliklerinin sürgün uzunluğuna (cm) etkisi

**Table 2.** Effect of waiting period, media and IBA application on shoot length (cm) of stem cuttings of giant king grass

Ortam	IBA (ppm)	Süre (saat)								Ort
		3	6	12	24	36	48	72	96	
Kuru	0	40.0	47.0	38.8	31.5	34.8	31.5	23.5	18.0	<b>33.1</b>
	2000	65.8	56.0	57.5	58.0	47.3	49.0	39.0	45.8	<b>52.3</b>
	4000	64.8	53.0	57.0	54.3	45.8	43.3	32.8	29.5	<b>47.5</b>
	6000	46.5	51.5	53.3	42.5	41.8	33.3	26.5	25.3	<b>40.1</b>
	Ort	<b>54.3</b>	<b>51.9</b>	<b>51.6</b>	<b>46.6</b>	<b>42.4</b>	<b>39.3</b>	<b>30.4</b>	<b>29.6</b>	<b>43.3</b>
Sulu	0	41.0	43.8	39.8	51.0	32.5	33.5	28.3	22.0	<b>36.5</b>
	2000	68.0	64.8	65.3	47.8	51.3	53.5	48.8	39.0	<b>54.8</b>
	4000	65.3	51.3	56.5	47.5	50.3	42.5	40.3	37.0	<b>48.8</b>
	6000	61.0	50.0	47.0	47.3	45.3	36.8	29.5	35.5	<b>44.0</b>
	Ort	<b>58.8</b>	<b>52.4</b>	<b>52.1</b>	<b>48.4</b>	<b>44.8</b>	<b>41.6</b>	<b>36.7</b>	<b>33.4</b>	<b>46.0</b>
Ortalama	0	40.5	45.4	39.3	41.3	33.6	32.5	25.9	20.0	<b>34.8</b>
	2000	66.9	60.4	61.4	52.9	49.3	51.3	43.9	42.4	<b>53.5</b>
	4000	65.0	52.1	56.8	50.9	48.0	42.9	36.5	33.3	<b>48.2</b>
	6000	53.8	50.8	50.1	44.9	43.5	35.0	28.0	30.4	<b>42.0</b>
	Ort	<b>56.5</b>	<b>52.2</b>	<b>51.9</b>	<b>47.5</b>	<b>43.6</b>	<b>40.4</b>	<b>33.6</b>	<b>31.5</b>	<b>44.6</b>
LSD (0.01)	S: 10.4	IBA: 7.4	O: öd	SxIBA: öd	SxO: öd	IBAxO: öd	SxIBAxO: öd			

S: süre (time) O: ortam (media) Ort: ortalama (mean) öd: önemli değil (not significant)

Araştırmamızda, dikim zamanına kadar çeliklerin bekletildiği ortamının türü (kuru veya sulu), sürgün boyu üzerine istatistiki anlamda önemli etkisi bulunmamıştır. Hâlbuki çeliklerdeki nem kaybının, köklenme ve buna bağlı özellikler üzerinde önemli bir etkisi bulunduğu pek çok araştırmacı tarafından belirtilmiştir (Larsen, 1997; Hartmann et al., 2002; Friedman & Rot, 2005; Ellialtıoğlu, 2019). Araştırmamızda Temmuz sonu gibi oldukça sıcak bir dönemi temsil eden zamanda kesilen ve sadece torba içinde kuru bir şekilde, gölge bir alanda ve dört gün depolanan çeliklerin dikimi sonucu kaydedilen sürgün boylarının, sulu ortamdakilerden 3-4 cm daha kısa olması (istatistiki olarak fark önemli değil), bitkinin dayanıklılığının bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir (Geren & Yaman, 2016). Nitekim bazı araştırmacılar, köksüz çeliklerin bitkinin genetik yapılarına bağlı olarak değişik performans gösterebileceğini vurgulamışlardır. Örneğin, Friedman & Rot (2005), ticari karton koli ve polistiren kutularda sevkıyatı yapılan *Plectranthus*, *Heliotropium*, *Lantana* ve *Euphorbia* bitkilerine ait köksüz çeliklerde, olumsuz nakliye koşullarıyla (22-24°C) sevkıyattan sonra, *Lantana* ve *Plectranthus* çeliklerinin, tüm kaplarda benzer kaliteyi koruduğunu ifade etmişlerdir. Polistiren kutularda taşınan *Heliotropium* ve *Euphorbia* çelik kalitesinin, karton kolilere göre daha düşük olduğunu vurgulayan

araştırmacılar, polistiren kaplara buz paketleri konulması durumunda zararlı etkilerin önüne geçilebildiğini de belirtmişlerdir. Bu sonuçlardan da anlaşılacağı üzere, çeliklerin dayanıklılıkları farklı olabilmekte olup, bulgularımızı teyit etmektedir.

### Sürgün sayısı

Sürgün sayısı verilerine uygulanan varyans analizi sonuçları, bu özellik üzerine sadece IBA dozu ve bekleme ortamı faktörlerinin önemli ( $P \leq 0.01$ ) etkisi olduğunu göstermiştir (Çizelge 3). Hormon (IBA) dozu genel ortalamaları arasında en yüksek sürgün sayısı 4.4 adet ile 2000 ppm IBA dozunda saptanırken, onu istatistiki olarak aynı grupta yer alan 4000 ppm (3.8 adet) izlemiş olup, rakamsal olarak en düşük sürgün sayısı da 2.7 adet ile kontrol (0 ppm IBA) uygulamasında kaydedilmiştir. Bekleme ortamı genel ortalamaları arasında ise en yüksek sürgün sayısı 3.9 adet ile sulu ortamda, en düşük sürgün sayısı da 3.1 adet ile kuru ortamda bekletilen çeliklerde saptanmıştır.

Sürgün sayısına ilişkin bulgularımız genel olarak değerlendirildiğinde, bekleme süresinin sürgün sayısı üzerine önemli bir etkisinin olmadığı, çeliklerin kuru ortamda bekletilerek dikilmesiyle çelik başına daha az (~1 adet) sürgün oluşumuna neden olduğu, buna ek olarak IBA uygulamalarının sürgün sayısını kontrol uygulamasına göre yükselttiği ortaya çıkmıştır. Ancak kontrol uygulamasından sonra doğrudan zirve yapan 2000 ppm IBA uygulamasından sonra artan IBA (sırasıyla 4K ve 6K) dozlarında sürgün sayısının azalması "aşırı doz" olarak değerlendirilmiş olup, 0-2000 ppm IBA ara dozlarının (500, 1000, 1500 ppm, vb.) incelenmesinin gerektiğine işaret etmektedir.

**Çizelge 3.** Farklı bekleme süresi, ortam ve IBA uygulamasının dev kralotu sap çeliklerinin sürgün sayısına (adet/çelik) etkisi

**Table 3.** Effect of waiting period, media and IBA application on number of shoot of stem cuttings of giant king grass

Ortam	IBA (ppm)	Süre (saat)								Ort
		3	6	12	24	36	48	72	96	
Kuru	0	1.3	2.5	2.5	2.3	2.5	2.3	2.3	2.5	<b>2.3</b>
	2000	4.5	4.5	4.3	4.0	4.3	3.8	4.0	3.3	<b>4.1</b>
	4000	4.0	3.5	3.8	3.0	3.0	3.5	3.0	3.0	<b>3.3</b>
	6000	3.8	2.8	2.8	3.0	2.8	2.3	2.5	3.0	<b>2.8</b>
	Ort	<b>3.4</b>	<b>3.3</b>	<b>3.3</b>	<b>3.1</b>	<b>3.1</b>	<b>2.9</b>	<b>2.9</b>	<b>2.9</b>	<b>3.1</b>
Sulu	0	3.5	3.5	3.8	2.5	3.0	2.8	2.8	2.8	<b>3.1</b>
	2000	5.0	5.3	5.3	4.8	4.3	4.3	4.5	4.0	<b>4.7</b>
	4000	4.8	4.8	4.8	4.0	4.3	4.3	3.8	3.5	<b>4.3</b>
	6000	4.8	3.8	3.8	3.5	3.0	3.3	3.3	2.8	<b>3.5</b>
	Ort	<b>4.5</b>	<b>4.3</b>	<b>4.4</b>	<b>3.7</b>	<b>3.6</b>	<b>3.6</b>	<b>3.6</b>	<b>3.3</b>	<b>3.9</b>
Ortalama	0	2.4	3.0	3.1	2.4	2.8	2.5	2.5	2.6	<b>2.7</b>
	2000	4.8	4.9	4.8	4.4	4.3	4.0	4.3	3.6	<b>4.4</b>
	4000	4.4	4.1	4.3	3.5	3.6	3.9	3.4	3.3	<b>3.8</b>
	6000	4.3	3.3	3.3	3.3	2.9	2.8	2.9	2.9	<b>3.2</b>
	Ort	<b>3.9</b>	<b>3.8</b>	<b>3.8</b>	<b>3.4</b>	<b>3.4</b>	<b>3.3</b>	<b>3.3</b>	<b>3.1</b>	<b>3.5</b>
LSD (0.01)	S: öd	IBA: 0.7	O: 0.5	SxIBA: öd	SxO: öd	IBAxO: öd	SxIBAxO: öd			

S: süre (time) O: ortam (media) Ort: ortalama (mean) öd: önemli değil (not significant)

Çelik köklendirme işlemlerinde yüksek IBA dozlarının her zaman ve her bitki için daha iyi olmadığı pek çok araştırmacı tarafından dile getirilmiştir. Örneğin Yıldız vd. (2009) karadut (*Morus nigra*) bitkisinden alınan odun, yarı odun ve yeşil çeliklere 4K, 6K ve 7.5K ppm IBA uygulamaları karşısında 7.5K ppm IBA uygulanan odun çeliklerinin hiç birisinin köklenmediğini ve sürgün vermediğini bildirmişlerdir. Buna karşılık aynı dozun, yarı odun ve yeşil çeliklere uygulanmasında en yüksek köklenme ve sürgün sayısına ulaşıldığı saptanmıştır. Araştırmacıların bu sonuçları, bulgularımızla paralellik göstermesine karşılık, dev kralotu çeliklerine 4K ppm IBA uygulamasının yüksek sürgün sayısı üretmesine neden olduğunu ifade eden Geren & Kavut (2015)'in sonuçlarıyla çelişmektedir.

Çalışmamızda ele alınan sürgün sayısı, esasen bitkinin büyümesine göre paralel bir şekilde artış gösteren özelliştir. Özellikle dev kralotu bitkisinin yüksek oranda sürgün oluşturma kapasitesi nedeniyle, köklendikten sonra iş tamamen bitkiye ve ortam koşullarına kalmaktadır. Nitekim Geren & Yaman (2016) saksıya dikilen bir dev kralotu çeliğinin 5 ay sonra ortalama 12 adet, Saberrezaei & Geren (2022) ise saksıdaki bir çeliğin 1 yıl sonra 16 adete ulaştığını belirtirken, tarla koşullarında dikim yılı sonunda metrekarede 40 adet olan sap sayısının, ikinci yılın sonunda 260 adete yükseldiği bildirilmiştir (Geren & Kavut, 2015).

### Kök kuru ağırlığı

Kök kuru ağırlığı verilerine yapılan analiz sonuçları, SxIBA ile SxO ikili interaksiyonların önemli ( $P \leq 0.01$ ) olduğu ortaya koymuştur (Çizelge 4). SxIBA ikili interaksiyonuna göre yapılan değerlendirmede, rakamsal olarak en yüksek kök kuru ağırlığı 8.0 g/çelik ile 6 saat ve 2000 ppm IBA uygulanan çeliklerde saptanmıştır. Rakamsal olarak en düşük kök kuru ağırlığı ise 2.6 g/çelik ile 24 saat bekletilen ve IBA uygulanmayan (0 ppm, kontrol) çeliklerde tespit edilmiştir. SxO ikili interaksiyonuna göre yapılan değerlendirmede ise, rakamsal olarak en yüksek kök kuru ağırlığı 7.5 g ile 3 saat sulu ortamda, yine rakamsal olarak en düşük kök ağırlığı ise 3.3 g ile 96 saat kuru ortamda bekletilmiş çeliklerde kaydedilmiştir.

Kök kuru ağırlığı bakımından bulgularımız genel olarak değerlendirildiğinde, çeliklerin bekletilme süresi uzadıkça kök ağırlığının düştüğü, IBA uygulamalarının kontrole göre (0 ppm) çeliklerdeki kök ağırlığını yükselttiği ve sulu ortamda bekletilen çeliklerin kuru ortamda bekletilenlere göre biraz daha fazla kök ağırlığına sahip olduğu saptanmıştır.

**Çizelge 4.** Farklı bekleme süresi, ortam ve IBA uygulamasının dev kralotu sap çeliklerinin kök kuru ağırlığına (g) etkisi

**Table 4.** Effect of waiting period, media and IBA application on root dry weight (g) of stem cuttings of giant king grass

Ortam	IBA (ppm)	Süre (saat)								Ort
		3	6	12	24	36	48	72	96	
Kuru	0	3.5	2.5	3.3	2.8	3.1	3.0	3.1	2.6	<b>3.0</b>
	2000	6.0	6.9	5.1	5.7	5.2	5.5	3.9	3.9	<b>5.2</b>
	4000	5.9	5.6	4.8	4.6	4.5	3.7	3.5	3.6	<b>4.5</b>
	6000	5.7	3.1	3.7	3.8	3.4	3.2	3.4	3.3	<b>3.7</b>
	Ort	<b>5.3</b>	<b>4.5</b>	<b>4.2</b>	<b>4.2</b>	<b>4.0</b>	<b>3.8</b>	<b>3.5</b>	<b>3.3</b>	<b>4.1</b>
Sulu	0	5.0	3.6	4.6	2.4	3.4	3.3	3.2	3.3	<b>3.6</b>
	2000	8.7	9.2	7.6	6.7	5.2	6.0	5.3	4.6	<b>6.6</b>
	4000	8.6	8.8	7.3	6.4	4.6	4.0	4.7	4.6	<b>6.1</b>
	6000	7.7	6.7	6.4	5.9	4.0	3.4	3.5	3.5	<b>5.1</b>
	Ort	<b>7.5</b>	<b>7.1</b>	<b>6.5</b>	<b>5.3</b>	<b>4.3</b>	<b>4.2</b>	<b>4.2</b>	<b>4.0</b>	<b>5.4</b>
Ortalama	0	4.2	3.1	4.0	2.6	3.2	3.1	3.1	3.0	<b>3.3</b>
	2000	7.3	8.0	6.4	6.2	5.2	5.8	4.6	4.2	<b>5.9</b>
	4000	7.3	7.2	6.0	5.5	4.5	3.9	4.1	4.1	<b>5.3</b>
	6000	6.7	4.9	5.1	4.8	3.7	3.3	3.5	3.4	<b>4.4</b>
	Ort	<b>6.4</b>	<b>5.8</b>	<b>5.3</b>	<b>4.8</b>	<b>4.2</b>	<b>4.0</b>	<b>3.8</b>	<b>3.6</b>	<b>4.7</b>
LSD (0.01)	S: 0.7	IBA: 0.5	O: 0.4	SxIBA: 1.5	SxO: 1.1	IBAxO: öd	SxIBAxO: öd			

S: süre (time) O: ortam (media) Ort: ortalama (mean) öd: önemli değil (not significant)

Toprakla buluşan çelikler, bir sorun yoksa (yani gözler (tomurcuk) sağlam, toprak sıcaklığı ve nem uygunsa) hemen köklenmeye başladıklarından kök sayıları ve uzunlukları artmakta, bu da doğal olarak toplam kök ağırlıklarının artmasına neden olmaktadır. Dikimin gecikmesi veya çeliklerin köklenmeyi olumlu yönde etkileyen nemli ortamda bulunmaması ve köklenmeyi teşvik edici kimyasallara maruz kalmaması çelik başına daha az sayıda ve kısa kök oluşumuna neden olduğu birçok araştırmacı tarafından vurgulanmıştır (Krain, 2016; Lesmes-Vesga et al., 2021). Yukarıda açıklanan durum çalışmamızda test edilen bitki ve ona uygulanan muameleler için geçerli olmuştur. Ne var ki, yapılan literatür taramalarında söz konusu bitkimizle ilgili benzer çalışmalara rastlanılmaması, bulgularımızı tartışmayı zora sokmaktadır.

Geren & Yaman (2016) saksıya dikilen bir dev kralotu çeliğinin 5 ay sonra ortalama 228 g/bitki, Saberzadei & Geren (2022) ise saksıdaki bir çeliğin iki yıl sonra 789 g kök kuru ağırlığı verdiğini bildirmişlerdir. Bu sonuçlar, bulgularımız ile uyum göstermemektedir. Zira çalışmamızda kök kuru ağırlığı, dikimden 45 gün sonra ölçülmüştür. Ancak değişik tarımsal işlemlerin ve örnekleme süresinin dev kralotu kök ağırlığı üzerinde farklı tepkilere neden olduğunun bir göstergesidir. Örneğin, dev kralotu bitkisine farklı konsantrasyonlarda (0, 25, 50 ve 100 m Mol) tuz (NaCl) uygulayan Geren & Durul (2014), 0 m Mol'de 14 g olan kök kuru ağırlığının, 100 mMol'de 4 grama düştüğünü ifade etmişlerdir. Saksıda yetiştirilen dev kralotuna farklı su dozu (tarla kapasitesinin %100'ü, %80'i, %60'ı ve %40'ı) uygulayan Geren et al. (2014) ise, su dozunun azalmasıyla kök ağırlığı 25 g'dan 12 grama düştüğünü saptamışlardır.

## SONUÇ

Farklı bekleme süresi (3, 6, 12, 24, 36, 48, 72 ve 96 saat) ve ortamı (kapalı ambalaj içinde kuru ve sulu) ile IBA uygulamasının (0, 2K, 4K ve 6K ppm) dev kralotu köksüz sap çeliklerinin köklenme oranı ve bazı özelliklere etkisini incelemek amacıyla yürütülen denemede şu sonuçlara ulaşılmıştır: Köklenme oranı üzerine incelenen faktörlerin (süre, ortam, IBA) hiç birisinin önemli olmadığı saptanmıştır. Çeliklerin bekleme süresi uzadıkça sürgün sayısı düşmüş, boyları kısalmıştır. Çeliklerin kuru ortam yerine suda bekletilmesi çelik başına sürgün sayısını arttırmıştır. Çeliklerin bekleme süresi uzadıkça kök kuru ağırlıkları azalmıştır. Sulu ortamda bekletilen çelikler, kuru ortama göre daha az miktarda kök oluşturmuşlardır. 2K (2000) ppm IBA uygulaması çelik başına sürgün sayısı, sürgün uzunluğu ve kök kuru ağırlığını arttırmıştır.

Bu sonuçlara göre, dev kralotu anaç bitki sapı dip kısımlarının mumsu bir tabaka ile kaplanarak hafif grimsi-yeşil renge dönüştüğü ve boğumun hemen altında kök izlerinin görünmeye başladığı zamanda alınan sap çeliklerinin %100'e varan oranda köklendiği saptanmıştır. Çeliklerin mümkün olan en kısa sürede toprakla buluşmasının gerekli olduğu sonucu saptanan çalışmamızda, çeliklerin nakliyesi esnasında nem kaybını önlemek amacıyla suda bekletilmesi ve 2K ppm IBA uygulanmasının sürgün sayısı ve kök ağırlığı üzerinde olumlu etkisi de belirlenmiştir. Ayrıca çalışmamızda kullanılmayan IBA ara dozlarının (0.5K, 1K, 1.5K, 2K, 2.5K ppm, vb.) test edilmesinin gerektiğini ortaya çıkarmıştır.

## KAYNAKLAR

- Ellialtıoğlu, Ş., 2019. "Bahçe Bitkilerinde Çoğaltma Teknikleri, 108-143". In: Bahçe Tarımı-I, Ünite 6. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2372, Açık Öğretim Fakültesi Yayını No: 1369, 247 s.
- Friedman, H. & I. Rot, 2005. Transportation of unrooted cuttings, Evaluation of external containers. *Advances in Horticultural Science*, 19 (1): 58-61.
- Geren, H. & G. Durul, 2014. Farklı tuz (NaCl) konsantrasyonlarının dev kralotu (*Pennisetum hybridum*)'nda biyokütle verimi ve bazı verim özelliklerine etkileri üzerine bir ön araştırma, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51 (1): 85-91.
- Geren, H. & M. Yaman, 2016. "Effect of different N and P levels on the forage yield and some yield characteristics of *Pennisetum hybridum*, 448-450". The proceedings of EGF 2016, 26<sup>th</sup> General Meeting, Vol:21, Trondheim-Norway, 898 pp.
- Geren, H. & Y.T. Kavut, 2015. Effect of different plant densities on the yield and some silage quality characteristics of giant king grass (*Pennisetum hybridum*) under Mediterranean climatic conditions, *Turkish Journal of Field Crops*, 20 (1): 85-91.
- Geren, H., A. Simić, Y.T. Kavut & R. Avcioglu, 2014. "Effect of deficit irrigation on the biomass yield and related characteristics of giant king grass (*Pennisetum hybridum*), 277-280". The proceedings of 25<sup>th</sup> International Scientific-Experts Congress on Agriculture and Food Industry (25-27 September 2014, Çeşme-Turkey), 395 pp.
- Geren, H., Y.T. Kavut & H.B. Ünlü, 2016. "Türkiye için yeni bir enerji bitkisi: Dev Kralotu (*Pennisetum hybridum*), 135-143". 2.Ulusal Biyoyakıtlar Sempozyumu Bildiri Kitabı (27-30 Eylül 2016, Samsun), 355 s.
- Hartmann, H.T., D.E. Kester, F.T. Davies & R.L. Geneve, 2002. *Plant Propagation: Principles and Practice*. Prentice Hall, 7<sup>th</sup> Ed., 770p.

- Hazar Kalonya, D., 2022. İklim değişikliği azaltım ve uyum süreçlerinde mera alanlarının önemi. Çevre, Şehir ve İklim Dergisi, 1 (1): 128-157.
- Iki, Y. Y. Ishii, S. Fukagawa & S. Idota, 2016. Effect of indoor and underground storage on efficient vegetative propagation of dwarf Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach). American Journal of Plant Sciences, 7: 1173-1179.
- Kalyoncu, İ.H., N. Ersoy & F. Alpaslan, 2016. Ada Çayı (*Salvia officinalis* L.) yeşil çelikle çoğaltılması üzerine farklı nem ve hormon doz uygulamalarının etkileri. Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi, 3 (2): 171-176.
- Kalyoncu, İ.H., N. Ersoy & H. Kurt, 2008. Kiraz (*Prunus avium* L.) yeşil uç çeliklerinin köklenmesi üzerine farklı IBA dozları ve nem seviyelerinin etkileri. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22 (46): 68-72.
- Keskin, K., 2016. Çeşitli Uygulamaların Bazı Meyve Türlerinde Adventif Kök Oluşumu ve Köklenme Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, 99 s.
- Krain, J., 2016. Plant Propagation from Cuttings, a Guide to Using Plant Rooting Hormones by Foliar and Basal Methods. Third Edition, Hortus USA Corp. ISSN 2331-0456, 88 p.
- Larsen, F.E., 1997. Propagating Deciduous and Evergreen Shrubs, Trees, and Vines with Stem Cuttings. A Pacific Northwest Cooperative Extension Publication, USA, 14 pp.
- Lesmes-Vesga, R.A., J.X. Chaparro, A. Sarkhosh, M.A. Ritenour, L.M. Cano & L. Rossi, 2021. Effect of propagation systems and indole-3-butyric acid potassium salt (K-IBA) concentrations on the propagation of peach rootstocks by stem cuttings. Plants, 10: 1151.
- Özer, E. & İ.H. Kalyoncu, 2007. Gilaburu (*Viburnum opulus* L.)'nun yeşil çelikle çoğaltma imkânlarının araştırılması. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 21 (43): 46-52.
- Saberrezaei, M. & H. Geren, 2022. Farklı biçim yüksekliği ve azot seviyelerinin dev kralotu (*Pennisetum hybridum*)'nda yem verimi ve kalitesine olan etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 59 (1): 107-118.
- Valentina P.D., N.D. Hanafi, T.H. Wahyuni & A. Sadeli, 2018. Preservation technique of dwarf elephant grass cuttings (*Pennisetum purpureum* cv Mott.). Indonesian Journal of Agricultural Research, 1 (3): 211-217.
- Yıldız, K., Ç. Çekiç, M. Güneş, M. Özgen, Y. Özkan, Y. Akça & R. Gerçekçiođlu, 2009. Farklı dönemlerde alınan kara dut (*Morus nigra* L.) çelik tiplerinde köklenme başarısının belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 26 (1): 1-5.
- Yurtsever, N., 1984. Deneysel İstatistik Metotlar, Toprak ve Gübre Araş. Enstitüsü Yayınları No: 121, Ankara, 623 s.
- Zencirkiran, M., 2010. Cold storage of rooted and non-rooted carnation cuttings. African Journal of Biotechnology, 9 (24): 3603-3606.



## Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (1):91-101  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1053742>

Cemre Havva KURT<sup>1</sup> 

Murat TUNÇTÜRK<sup>2\*</sup> 

Rüveyde TUNÇTÜRK<sup>3</sup> 

<sup>1</sup> Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 65000, Tuşba, Van, Türkiye

<sup>2</sup> Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 65000, Tuşba, Van, Türkiye

<sup>3</sup> Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 65000, Tuşba, Van, Türkiye

\*Sorumlu yazar (Corresponding author):

[murattuncurk@yyu.edu.tr](mailto:murattuncurk@yyu.edu.tr)

**Anahtar sözcükler:** Fizyolojik ve biyokimyasal özellikler, *Glycine max* L., salisilik asit, tuz stresi

**Keywords:** Physiological and biochemical properties, *Glycine max* L., salicylic acid, salt stress

# Tuzluluk stresi koşullarında yetiştirilen soya (*Glycine max* L.) bitkisinde bazı fizyolojik ve biyokimyasal değişimler üzerine salisilik asit uygulamalarının etkileri \*

The effects of salicylic acid on some physiological and biochemical changes in soybean (*Glycine max* L.) plant under salinity stress conditions

\* Bu makale birinci yazarın yüksek lisans tez çalışmasının sonuçlarından düzenlenmiştir.

Received (Alınış): 05.01.2022

Accepted (Kabul Tarihi): 24.10.2022

## ÖZ

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı, tuzluluk stresi altında yetiştirilen soya fasulyesinde salisilik asidin morfolojik ve biyokimyasal değişimlerini gözlemlemektir.

**Materyal ve Yöntem:** Çalışma 2019 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü iklim odasında gerçekleştirilmiştir. Araştırmada, "İlksöy" soya çeşidi kullanılmış, dört farklı salisilik asit dozu (0, 0.5, 1, 1.5 mM) ve 3 farklı NaCl tuz dozu (0, 150 ve 300 mM) uygulanmıştır. Çalışmada soyada kök - gövde uzunluğu, kök - gövde yaş ağırlığı, kök - gövde kuru ağırlığı, yaprak alanı, klorofil oranı, yaprak dokularında iyon sızıntısı (YDİS), lipid peroksidasyon düzeyi (MDA), yaprak dokularında bağlı su içeriği (YDBSİ) ve membran dayanıklılık indeksi (YDMDİ) gibi bitki ile ilgili özellikler belirlenmiştir.

**Araştırma Bulguları ve Sonuç:** Tuz dozları arttıkça gövde yaş ağırlığının azaldığı, en düşük değer, 1.26 g ile 300 mM tuz konsantrasyonundan elde edildiği gözlemlenmiştir. En yüksek MDA miktarı (0.75 nmol/g TA) ve en düşük klorofil içeriği (39.46 SPAD) 300 mM NaCl dozu uygulandığında elde edilmiştir. Yapılan çalışmada, tuz stresi uygulamaları ile gövde uzunluğu, kök, gövde yaş ve kuru ağırlıklarını, YDBSİ, YDMDİ, yaprak alanını, ve klorofil oranı azalırken, MDA ve YDİS değerleri artmıştır. Ayrıca en uzun kökler kontrol ile kıyaslandığında 150 mM tuz uygulamalarından tespit edilmiştir.

## ABSTRACT

**Objective:** The objective of this study was to observe the morphological and biochemical changes of salicylic acid in soybean grown under salinity stress.

**Material and Methods:** The study was carried out in climate room of Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops in 2019. The "İlksöy" soybean variety was used in the study. Four different salicylic acid doses (0, 0.5, 1 and 1.5 mM) and 3 different NaCl salt doses (0, 150 and 300 mM) were applied. Plant related properties such as root - stem length, root - stem fresh weight, root - stem dry weight, leaf area, chlorophyll content, ion leakage in leaf tissues (ILLT), lipid peroxidation level (MDA), relative water content (RWC) and membrane resistance in leaf tissues (MRLT) were determined.

**Results and Conclusions:** It was observed that as the salt doses increased, the stem fresh weight of the soybean plants decreased, and the lowest value was obtained from 1.26 g and 300 mM salt concentration. The highest MDA content (0.75 nmolg<sup>-1</sup> FW) and the lowest chlorophyll content (39.46 SPAD) were obtained when the 300 mM NaCl dose was applied. From the study conducted, the stem length, root, stem fresh and dry weights, RWC, MRLT, leaf area and chlorophyll ratio decreased with salt stress applications while the MDA and ILLT values increased. In addition, the longest roots were detected in 150 mM salt applications as compared to the control.



## GİRİŞ

Bitkiler, geçmişten günümüze kadar insanlar tarafından farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Geçmişte insanlar bitkileri; hastalıkların tedavisinde, beslenme, barınma, savunma ve ısınma amacıyla kullanmıştır. Günümüzde ise bu daha bilinçli bir şekilde yapılmakta ve gıda, kozmetik, ilaç, endüstri ve ziraat gibi pek çok alanda bitkiler kullanılmaktadır (Göktaş & Gıdık, 2019). İnsan sağlığı göz önünde bulundurularak, yeni beslenme alışkanlıkları içerisinde birçok ürün yer almıştır. Protein oranı oldukça yüksek bir yağ bitkisi olan soyabunlardan biridir (Hartwig & Kihl, 1979).

Gen merkezi Kuzey Çin olan soya (*Glycine max* (L.) Merrill) baklagiller familyasına ait tek yıllık bir bitkidir. %18-26 yağ ve %40 protein içeren soya, insan ve hayvan beslenmesi açısından çok önemli bir yere sahiptir (İlker vd., 2010). Ayrıca, dünya yağlı tohum üretiminin %50'sinden fazlası soya bitkisinden karşılanmaktadır (Arıoğlu, 1994). Soya, kolesterol ve doymuş yağlar içermemesi nedeniyle, protein içeriği yüksek kalitede olup, çok yönlü kullanım alanı olan bitkisel gıda maddesidir. Soya yağı, B ve E vitaminleri ile demir, çinko, magnezyum açısından oldukça zengindir. Son 20 yılda uygulanan 2. ürün projesi ile Akdeniz ve Ege Bölgesi'nin sulanabilir alanlarında yetiştirilmeye başlanmış olan soya tarımı günümüzde ağırlıklı olarak Çukurova Bölgesi'nde yapılmaktadır. Soya üretiminin %80-85'i Adana ve Osmaniye illerinde yapılmakta olup. Son yıllarda soya üretimi 50-60 bin tona gerilemiştir. Özellikle üreticilerimizin bu değerli ürünü 2. ürün olarak değerlendirmeleri ve yaygınlaşmasını sağlamaları önem arz etmektedir (Nazlıcan, 2017).

Toprakların verimliliğini önemli ölçüde azaltan tuzluluk problemi, özellikle yağışı yetersiz olan kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde sık karşılaşılan bir sorundur. İliman iklim bölgelerindeki tuzlar nemin etkisiyle çözünerek alt katmanlara doğru hareket etmekte ve yer altı sularına karışarak okyanuslara taşınmaktadır. Kurak iklimin yaşandığı bölgelerde ise bu durum tam tersidir, dolayısıyla yıkanma ile denize ya da okyanuslara taşınma durumu yok denilecek kadar azdır. Dünyada bulunan toprakların %46'sı kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde yer almaktadır. Sulu tarım yapılan bu iklim bölgelerinde arazilerin %50'ye yakınında farklı seviyelerde tuzluluk problemi vardır. Bunun yanı sıra kuraklık buharlaşmayı da beraberinde getirdiğinden buharlaşmanın etkisiyle toprak yüzeyinde biriken tuzlar yoğun miktarda topraklarda tuz birikimine neden olmaktadır.

Toprakta tuzluluk problemi kurak ve yarı kurak bölgelerde drenaj yetersizliği, yağışlarla tuzların taşınması gibi doğal nedenlerle, sulama suyunun tuzlu olması ve bilinçsiz gübreleme gibi insan faktörlü uygulamalar sonucunda oluşmaktadır (Sönmez & Sönmez, 2007).

Dünyada toprakların yaklaşık %33'ü tuzlu topraklar olarak bilinmektedir ve bu oran her geçen yıl artmaktadır. Dünyada 10 milyon hektar arazi her yıl tuzluluk probleminden dolayı kullanılamaz duruma gelerek sorunun boyutunun ne kadar büyük olduğunu göstermektedir (Kwiatowski,1998). Ekonomik değere sahip bitkilerin çoğu toprak tuzluluğuna karşı hassasiyet göstermekte olup, duyarlı bitkilerin tuz stresine karşı hassasiyetini gidermek ve tolerans mekanizmalarını arttırmak amacıyla besin değeri yüksek ve sadece tuza değil diğer tüm abiyotik stres çeşitlerine karşı da geniş tolerans aralığına sahip bitkilerin geliştirilmesi gerektiği mecburi bir hal almıştır.

Salisilik asit (SA), genellikle bir hidroksil grubu ya da onun fonksiyonel türevini taşıyan, aromatik bir halkaya sahip bitki fenoliklerinin bir grubudur. Fenolik karakterli içsel bir büyüme düzenleyici olan SA, bitki bünyesinde fizyolojik olayların düzenlenmesinde görev almaktadır (Mikolajczyk et al., 2000). SA'nın kuraklık, tuzluluk ağır metaller ve sıcaklık gibi olumsuz şartlarda bitki bünyesinde strese karşı verdiği tepkilerin düzenlenmesinde önemli bir rol üstlendiği belirtilmiştir (Hayat vd., 2010). Bitkilerde hastalık direncini arttıran salisilik asit, birçok stres durumuna karşı hormonal bir sinyal molekülüdür (Shirasu et al.,1997). Salisilik asit; ucuz, ayrıştırılabilir ve son derece güçlü bir bitki büyüme hormonu olduğundan, normal ve stresli koşullar altında ürün verimini arttırmada kullanılmaktadır (Cochrane et al., 2004; Catinot et al., 2008; Kim & Hwang, 2011; Sadeghi vd., 2013). Yapılan çalışmalarda SA'nın hormonal etkilerinin

büyümeyi düşük dozlarda uyarmak ve yüksek dozlarda ise büyümeyi engellemek için hareket ettiği ileri sürülmektedir (Bagautdinova et al., 2022). Ayrıca SA'nın, bitkinin hücre bölünmesinde çok önemli roller oynadığı tespit edilmiştir (Li et al., 2022). Bu bulgular, SA'nın oldukça ağır stres koşullarında, bitki tolerans seviyesini arttırabileceğini göstermektedir.

Bu çalışma ile, tuz stresi koşullarında yetiştirilen soyanın bazı fiziksel ve biyokimyasal özellikleri üzerinde, farklı salisilik asit dozlarının etkisi incelenmiş ve salisilik asitin tuz stresi nedeniyle meydana gelen zararlanmaların hangi seviyede baskılandığı ya da toleransı artırıp artırmadığı saptanmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Deneme, 2019 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'ne ait tam kontrollü iklim odasında yürütülmüştür. Araştırmada tohumluk materyali olarak Trakya Araştırma Enstitüsü'nden temin edilen İlksoy soya (*Glycine max* L.) çeşidi kullanılmıştır. Deneme, Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre 4 tekerrürlü olarak faktöriyel düzende yürütülmüştür. Araştırmada, dört farklı salisilik asit konsantrasyonu (0, 0.5, 1.0 ve 1.5 mM) ve üç farklı tuz dozu (0, 150 ve 300 mM NaCl) kullanılmıştır. Toplam 48 adet plastik saksı kullanılarak kurulan denemede bitki bünyesinde oluşturulan tuz stresinin salisilik asit uygulamaları sonucu ne derecede önlenebileceğini gözlemlemek amacıyla toprağa salisilik asit dozları sulama suyu ile birlikte verilmiştir.

Araştırmada, soya tohumları öncelikle plastik çimlendirme kaplarına ekilerek ve 2-3 adet gerçek yaprağa sahip oldukları fide dönemine geldiklerinde her saksıya viyollerden alınan birer adet fide 1/3 perlit ve 2/3 toprak karışımı ile doldurulan 500 cc'lik plastik saksılara dikilmiştir. Kullanılan saksı harcı 500 gram olacak şekilde saksılara doldurulmuştur. Dikimden sonra saksılar 16/8 saatlik aydınlık/karanlık fotoperiyotta, 25°C sıcaklık, %65 neme sahip iklim odasına yerleştirilmiştir. Bitkiler ekimden itibaren gün aşırı olmak kaydı ile saf su ile sulanmıştır. Bitkilere salisilik asit uygulaması ekimden 12 gün sonra başlamıştır. Saksılardaki bitkilere 16. günden itibaren tuz uygulamalarına başlanmıştır. Sulama suyu olarak farklı tuz dozlarında hazırlanan solüsyon toprağa uygulanmıştır. Tuz konsantrasyonu uygulamalarıyla birlikte salisilik asit vermeye devam edilmiştir. Bitkilere 19. günde sadece tuz uygulanıp salisilik asit uygulaması sonlandırılmıştır. yaklaşık 1 hafta sonra (27.gün) bitkilerde fizyolojik sorunlar gözlemlenmiş ve analizler için (33. gün) hasat yapılarak deneme sonlandırılmıştır. Tuz stresine maruz kalmış soya bitkisine uygulanan salisilik asit uygulamalarının bitkide fizyolojik ve biyokimsal özellikler üzerine olumlu etkide bulunduğu tespit edilmiştir.

Kök ve gövde uzunluğu, kumpas ile santimetre (cm) cinsinden ölçülmüştür. Kök ve gövde yaş ağırlığı, hassas terazide tartılmış, daha sonra 70°C'de 48 saat süresince etüvde bekletilerek kök ve gövde kuru ağırlıkları hesaplanmıştır. Her saksıda bulunan tek bitkiler hasat edilmeden önce, tüm incelenecek parametreler için 4 tekerrürlü olacak şekilde örnekleme yapılmış ve daha sonra morfolojik gözlemler alınmak üzere bitkiler hasat edilmiştir.

Yaprak Dokularında Bağıl Su İçeriği (%): Bitkilerin oransal su içeriklerini belirlemek için hasattan hemen sonra her bir yapraktan 4 adet disk şeklinde kesit alınıp yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Yaprak diskleri, 2 saat boyunca, 25 °C'de ultra saf suda bekletilerek, turgor ağırlıkları saptanmıştır. Ardından örnekler, 110 °C'de 24 saat boyunca kurutularak ağırlıkları kaydedilmiş ve bağıl (oransal) su içeriği, Arora et al.(2002)'ne göre hesaplanmıştır.

Lipid Peroksidasyon Seviyelerinin Belirlenmesi (nmol/gTA): Bitkilerde lipid peroksidasyonu malondialdehit (MDA) içeriği olarak ifade edilmektedir. Amacına uygun olarak alınan 0.5 g yaprak örnekleri 10 ml %0.1'lik trikloro asetik asit (TCA) ile homojenize edildikten sonra homojenat 15000 g'de 5 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen örneğin süpernatant kısmından 1 ml alınıp, üzerine 4 ml %20'lik TCA içerisinde çözülmüş %0.5'lik tiobarbiturik asit (TBA) eklenmiştir. Karışım 95°C su banyosunda, 30 dakika bekletildikten sonra hızla buz banyosunda soğutulup 10000 g'de 10 dakika santrifüj yapıldıktan

sonra süpernatant kısmının 532 ve 600 nm dalga boyunda absorbanısı belirlenmiş ve malondialdehit (MDA) içeriği tespit edilmiştir (Sairam & Saxena, 2000).

Yaprak Dokularında Membran Dayanıklılık İndeksi (%) ve Yaprak Dokularında İyon Sızıntısının Belirlenmesi (%): Hasattan önce alınan yaş yaprak örnekleri (0.1 g) önce çeşme suyu ile daha sonra saf su ile yıkanıp bitki örnekleri 10 ml saf su içerisinde 40°C'de 30 dakika bekletilerek çözeltinin EC'si ölçülmüştür. Sonra sıcak su banyosunda 100°C'de 10 dakika bekletilen örnekte EC tekrar ölçülerek ve yaprak dokularında iyon sızıntısı veya membran geçirgenliği belirlenmiştir (Sairam, 1994).

Yaprak Alanı: Yaprak şekilleri çizilerek alan ölçer aleti (planimetre) kullanılarak cm<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır.

Klorofil İçeriği: Yapraktaki klorofil miktarını dolaylı olarak ölçen, taşınabilir klorofil metre cihazı (Minolta SPAD-502, Osaka, Japan ) ile belirlenmiştir.

Elde edilen verilerin hesaplanması COSTAT (6.3 versiyonu) bilgisayar analiz programı kullanılarak yapılmış olup önemli çıkan uygulamalar Duncan Çoklu Karşılaştırma Yöntemi'ne göre karşılaştırılmıştır.

## ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Tuz stresi koşullarında yetiştirilen soya fidelerinde salisilik asit uygulamalarının bazı büyüme parametreleri ile fizyolojik ve biyokimyasal değişimleri gözlemlenmiş elde edilen sonuçlar Çizelge 1 ve Çizelge 2'de sunulmuştur.

**Çizelge 1.** Tuzluluk stresi koşullarında yetiştirilen soyanın bazı morfolojik gelişim parametreleri üzerine salisilik asit dozlarının etkisi

**Table 1.** The effects of salicylic acid applications on some morphological growth parameters of soybean grown under salinity stress conditions

Tuz Uyg.	SA Uyg.	Kök uzunluğu (cm)	Gövde uzunluğu (cm)	Kök yaş ağırlığı (g)	Gövde yaş ağırlık (g)	Kök kuru ağırlık (g)	Gövde kuru ağırlık (g)
<b>T0</b>	SA1	18.40d	45.75bc	1.54de	1.83abc	0.17c	0.37c
	SA2	25.62bc	47.87bc	2.54b	2.17ab	0.25b	0.43b
	SA3	26.25bc	62.00a	3.18a	0.79e	0.33a	0.61a
	SA4	28.25b	61.87a	2.72b	2.67a	0.26b	0.60a
<b>T0 Ortalama</b>		24.63B	54.37A	2.49A	1.86A	0.25A	0.50A
<b>T1</b>	SA1	25.55bc	25.55g	1.14e	1.41c	0.13cd	0.25e
	SA2	32.85a	44.87c	2.15c	1.74bc	0.22bc	0.31d
	SA3	25.25bc	46.17bc	2.14c	2.12ab	0.23bc	0.40bc
	SA4	28.00b	46.45bc	1.58d	1.92ab	0.16c	0.37c
<b>T1 Ortalama</b>		27.91A	40.76B	1.75B	1.79A	0.19B	0.33B
<b>T2</b>	SA1	17.77e	31.07f	0.48g	0.79de	0.09d	0.23ef
	SA2	34.75a	35.62e	1.19e	1.26cd	0.13cd	0.17f
	SA3	18.35d	38.57d	0.84f	1.47c	0.11cd	0.37c
	SA4	24.10c	49.85b	1.32e	1.54c	0.13cd	0.30d
<b>T2 Ortalama</b>		23.74B	38.78B	0.96C	1.26B	0.11C	0.27C
<b>SA Ortalama</b>	SA1	20.58D	34.12D	1.06C	1.34D	0.13C	0.28B
	SA2	31.07A	43.79C	1.96AB	1.73B	0.20B	0.30B
	SA3	23.28C	48.91B	2.06A	1.46C	0.22A	0.46A
	SA4	26.78B	52.73A	1.87B	2.04A	0.18C	0.42A
VK (%)		10.097	6.362	11.288	14.207	12.391	10.096
Tuz Uyg.		**	**	**	**	**	**
SAUyg.		**	**	**	**	**	**
T x SA		**	**	**	**	**	**

T: Tuz, SA: Salisilik asit, SA1: 0 (Kontrol), SA2:0.5 mM, SA3: 1 mM, SA4: 1.5 mM, T0: 0 (Kontrol), T1: 150 mM, T2: 300 mM,

\*P<0.05 düzeyinde önemli, \*\* P<0.01 düzeyinde önemli,

Aynı büyük ve aynı küçük harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır.

Soya bitkisinin kök uzunluğu üzerine salisilik asit doz uygulamaları, tuz konsantrasyonları ve tuz salisilik asit interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Tuz konsantrasyonunun artması kök uzunluğunun azalmasına neden olmuştur (Çizelge 1). Tunçtürk vd. (2011), tuz stresi koşullarında yetiştirilen kanolanın kök uzunluğunda, Bilkis et al. (2016), buğdayın kök gelişiminde bir azalmaya neden olduğunu vurgulamışlardır. Salisilik asit dozları açısından değerlendirme yapıldığında, en uzun köklerin 31.07 cm ile SA2 dozundan elde edildiği, en kısa köklerin ise 20.58 cm ile kontrol bitkilerinde ölçüldüğü ortaya çıkmıştır. Salisilik asit konsantrasyonları 0.5 mM tuz dozunda kök uzunluğu üzerinde en iyi etkiyi gösterirken, artan dozlar kök uzunluğunun artmasında etkili olmamıştır Ancak kontrol ile kıyaslandığında artışlar sağlanmıştır. Salisilik asitin buğday ve fasulyede kök uzunluğunu arttırdığı özellikle tuz stresine maruz bırakılmış bitkilerin köklerinde hücre bölünmesinin ilerlemesine ve verimlilik artışına neden olduğu ortaya konulmuştur (Shakirova et al., 2003; Türkyılmaz vd., 2005). Zahra et al.(2011) tarafından yapılan çalışmada da tuz stresi koşullarında salisilik asit konsantrasyonundaki artışa paralel olarak kök uzamasının engellendiği bildirilmiştir.

Farklı tuz ve salisilik asit dozlarının gövde uzunluğu üzerine etkisi önemli bulunmuştur. Farklı tuz konsantrasyonlarında en yüksek gövde uzunluğu ortalama değeri 54.37 cm ile tuz uygulanmayan kontrol grubundan sağlanırken, en düşük gövde uzunluğu değeri ise 38.78 cm ile 300 mM tuz uygulamasından elde edilmiştir. SA uygulamaları bakımından, en yüksek gövde uzunluğu 52.73 cm ile 1.5 mM SA uygulamalarından en düşük değer 34.12 cm ile kontrolden sağlanmıştır. Gövde uzunluğu değeri, en yüksek 62.00 cm ile kontrol ile 1.0 mM salisilik asit interaksyonundan elde edilmiştir. Çalışmada uygulanan artan tuz konsantrasyonları gövde uzunluğunu azaltıcı yönde etkilerken, SA uygulamalarının arttırıcı yönde etkisi tespit edilmiştir. Farklı bitkilerde yapılan çalışmalarda tuz stresinin kök gelişimini engellediği ve bu durumun bitkide gövde uzunluğu gelişimini azalttığı ortaya konulmuştur (Romero et al., 2001; Irshad et al., 2002). Kızılgücü (2021), buğdayda yaptığı çalışmada da artan tuz konsantrasyonlarının gövde uzunluğunda azalmaya neden olduğunu bildirmiştir.

Soyada kök yaş ağırlığı tuz x salisilik asit interaksyonundan önemli derecede etkilenmiştir. En yüksek değer 3.18 g ile kontrol ile 1.0 mM SA interaksyonundan elde edilmiştir. Artan salisilik asit konsantrasyonları ile bitki kök yaş ağırlığının olumlu etkilendiği ve bitki kök yaş ağırlığının arttığı tespit edilirken, artan tuz konsantrasyonlarının ise kök yaş ağırlığını azalttığı belirlenmiştir. Gutierrez Coronado et al.(1998) soya fasulyesinde, Shakirova et al. (2003) buğdayda, Güneş vd. (2007) mısırdaki yaptıkları çalışmalarda, salisilik asidin bir büyüme düzenleyicisi olarak rol aldığını belirtmişlerdir. Tunçtürk vd. (2008) tuz stresine maruz bırakılan soya çeşitlerinde stresin bitki gelişimini olumsuz yönde etkilediğini, bu etkinin çeşitlerin tolerans seviyesine bağlı olarak değiştiğini bildirmişlerdir. Fasulyede uygulanan salisilik asidin bitkinin kök yaş ağırlıkları üzerinde uygulanan doza bağlı olarak olumlu etkisinin olduğu bildirilmiştir (Türkyılmaz vd., 2005). Tunçtürk vd. (2008) tuz stresine maruz bırakılan soya çeşitlerinde stresin bitki gelişimini olumsuz yönde etkilediğini bu etkinin çeşitlerin tolerans seviyesine bağlı olarak değiştiğini bildirmişlerdir. Altıncı vd. (2020) tarafından yapılan araştırmada ise salisilik asit uygulamalarının narince üzüm çeşidinde kök yaş ağırlığını arttırdığı belirlenmiştir.

Soyada tuz dozu arttıkça gövde yaş ağırlığının azaldığı, en düşük değer, 1.26 g ile 300 mM tuz konsantrasyonundan elde edildiği gözlenmiştir. Salisilik asit dozu arttıkça, yaş ağırlık artmıştır. Tuz x salisilik asit interaksyonunda en yüksek gövde yaş ağırlığı 2.67 g ile kontrol koşullarında 1.5 mM SA uygulamasından elde edilmiştir.

Türkyılmaz vd. (2005) fasulye bitkisinde salisilik asidin kontrole göre bitki yaş ve kuru ağırlığını, Gutierrez Coronado et al. (1998) soyada kök ve sürgün ağırlığını arttırdığını tespit etmişlerdir. Delavari et al. (2010) tarafından yapılan çalışmada 0,01 mM salisilik asit uygulamalarının, fesleğenin gövde uzunluğunu arttırdığını tespit etmişlerdir. Tepe (2011) kontrol uygulamalarına kıyasla SA uygulamalarının fide yaş ağırlığını arttırdığını, Bahrani & Pourreza (2012) farklı salisilik asit uygulamalarının tuzluluk stresinde fide yaş ağırlığı üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, 1.5 mg L<sup>-1</sup> SA uygulamaları ile tuzun kontrol parsellerinde, en yüksek fide yaş ağırlığını elde ettiklerini bildirmişlerdir. Kiran vd. (2015), tuz stresi altında yetiştirdikleri bazı patlıcan anaçlarında gözle görülür zararlanmaların meydana geldiğini ve skala değerleri arttıkça bitki gövde yaş ağırlığında azalmaların meydana geldiğini saptamışlardır.

Kök kuru ağırlığı 300 mM tuz konsantrasyonunda en düşük değeri verdiği gözlenmiştir. Salisilik asit Kontrol koşullarına 1.0 mM salisilik asit dozu uygulaması en yüksek kök kuru ağırlığının elde edilmesini sağlamıştır. Türkyılmaz vd. (2005) tarafından fasulyede yapılan çalışmada 50, 100 ve 200 ppm salisilik asit uygulamalarında kök kuru ağırlıklarında istatistiki olarak anlamlı bir fark gözlenmediği belirlenmiştir. Karlıdağ vd. (2009), çilekte en yüksek kök kuru ağırlığı değerininin 1 mM SA uygulamalarından elde ettiklerini bildirmişlerdir. Dura vd. (2016), yaptıkları araştırmada biber bitkisine uyguladıkları salisilik asit konsantrasyonlarının kontrol bitkilerine oranla bitki kök kuru ağırlığında önemli artışlara neden olduğunu bildirmişlerdir. Yılmaz (2021) tarafından buğdayda yapılan çalışmada salisilik asit uygulamasının kök kuru ağırlığını arttırdığını tespit etmişlerdir. Farklı dozda salisilik asit uygulamaları içerisinde, en yüksek gövde kuru ağırlığı 1.0 mM salisilik asit konsantrasyonu uygulanan parsellerden elde edilirken, en düşük gövde kuru ağırlığı ortalama değeri kontrol saksılarında gözlenmiştir. Salisilik asit dozları 1 mM'ye kadar gövde kuru ağırlığı üzerinde artış sağlarken, uygulama dozunun artması, gövde kuru ağırlığının azalmasına neden olmuştur Khan et al. (2003), soya ve mısırdaki salisilik asitin bitki kuru ağırlığını artırarak verimde artışlara neden olduğunu bildirmişlerdir. Lian et al. (2000), soyada 5 mM SA uygulamalarının gövde kuru ağırlığını azalttığını tespit etmişlerdir.

Tuz konsantrasyonları arttıkça soya bitkisinde bağıl su içeriği değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Salisilik asit uygulamaları bakımından en yüksek bağıl su içeriği %65.41 ile 1.5 mM salisilik asit konsantrasyonundan elde edilirken, en düşük değer %51.04 ile salisilik asit uygulanmayan kontrol parsellerinde gözlenmiştir. Salisilik asit uygulamalarının bitkide yaprak dokularında bağıl su içeriği değerlerini arttırdığı Çizelge 2'de izlenebilmektedir. Salisilik asit uygulamalarının hardal otunda net fotosentez oranını, bitki bünyesindeki CO<sub>2</sub> miktarını, su kullanım etkinliğini, transpirasyon ve stomal iletkenlik oranını arttırdığı bildirilmiştir (Fariduddin, 2003). Yakıt & Tuna (2006), tuz stresi altında yetiştirdiği mısır bitkisinde bağıl su içeriğinin tuz uygulamalarıyla birlikte azaldığını rapor etmişlerdir. Elde edilen sonuçların literatürler ile paralellik gösterdiği belirlenmiştir. Bağıl su içeriği yönünden en yüksek değer %77.04 ile tuz ve salisilik asidin kontrol uygulamalarından elde edilmiştir

**Çizelge 2.** Tuzluluk stresi koşullarında yetiştirilen soyada meydana gelen biyokimyasal değişimler üzerine salisilik asit uygulamalarının etkisi

**Table 2.** The effect of salicylic acid applications on biochemical changes in soybean grown under salinity stress conditions

Tuz Uyg.	SA Uyg.	Yaprak dokularında bağıl su içeriği (%)	MDA (nmol/gTA)	Yaprak dokularında iyon sızıntısı (%)	Yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi (%)	Yaprak alanı (cm <sup>2</sup> )	Klorofil oranı (SPAD)
T <sub>0</sub>	SA <sub>1</sub>	77.04a	0.47 de	5.00 d	83.76 ab	5.88 bc	42.10ab
	SA <sub>2</sub>	63.08ab	0.52 de	4.77 d	79.73 b	6.55 bc	42.45 ab
	SA <sub>3</sub>	74.97a	0.58 cde	3.87 d	84.20 b	4.89 d	36.63 c
	SA <sub>4</sub>	74.28 a	0.43 e	4.89 d	81.51 b	9.32 a	44.63 a
<b>T<sub>0</sub> Ortalama</b>		<b>72.34 A</b>	<b>0.50 C</b>	<b>4.63 C</b>	<b>82.30 A</b>	<b>6.66 A</b>	<b>41.45 A</b>
T <sub>1</sub>	SA <sub>1</sub>	55.31 ab	0.72 abc	12.00 cd	77.47 c	5.45 c	33.75 c
	SA <sub>2</sub>	67.08 a	0.64 bd	9.43 cd	84.76 a	7.98 b	44.25 a
	SA <sub>3</sub>	64.79 a	0.65 bcd	14.59 cd	83.31 ab	5.98 b	40.05 b
	SA <sub>4</sub>	59.82 ab	0.66 b-d	25.58 b	72.50cd	6.72 bc	40.83 b
<b>T<sub>1</sub> Ortalama</b>		<b>61.74 B</b>	<b>0.67 B</b>	<b>15.39 B</b>	<b>79.51 B</b>	<b>6.53 B</b>	<b>39.72 B</b>
T <sub>2</sub>	SA <sub>1</sub>	20.78 c	0.82 a	20.56 bc	82.40 ab	4.89 d	36.63 c
	SA <sub>2</sub>	44.67 b	0.71 bc	26.77 b	70.56 d	6.08 c	40.90 b
	SA <sub>3</sub>	47.85 ab	0.74 ab	32.90 a	75.00c	5.16 c	36.15 c
	SA <sub>4</sub>	62.12 ab	0.74 ab	15.11 cd	72.76 cd	5.74 c	40.18 b
<b>T<sub>2</sub> Ortalama</b>		<b>43.85 C</b>	<b>0.75 A</b>	<b>23.83 A</b>	<b>75.18 C</b>	<b>5.46 C</b>	<b>38.46 B</b>
SA Ortalama	SA <sub>1</sub>	51.04 C	0.67 A	12.52 B	81.21 A	5.41 C	37.49 B
	SA <sub>2</sub>	58.28 B	0.62 B	13.65 B	78.35 AB	6.87 B	42.53 A
	SA <sub>3</sub>	62.54 A	0.66 A	17.12A	80.83 A	5.35 C	37.60 B
	SA <sub>4</sub>	65.41 A	0.61 B	15.19 B	75.59 B	7.26 A	41.87 A
<b>VK (%)</b>		<b>6.777</b>	<b>2.921</b>	<b>15.103</b>	<b>4.364</b>	<b>14.124</b>	<b>5.727</b>
<b>Tuz Uyg.</b>		**	**	**	**	**	**
<b>SAUyg.</b>		**	**	**	**	**	**
<b>T x SA</b>		**	**	**	**	**	**

T: Tuz, SA: Salisilik asit, SA<sub>1</sub>: 0 (Kontrol), SA<sub>2</sub>:0.5 mM, SA<sub>3</sub>: 1 mM, SA<sub>4</sub>: 1.5 mM, T<sub>0</sub>: 0 (Kontrol), T<sub>1</sub>: 150 mM,

T<sub>2</sub>: 300 mM,\*P<0.05 düzeyinde önemli, \*\* P<0.01 düzeyinde önemli.

Uygulanan tuz dozu arttıkça, MDA oranında artış gözlenmiş en yüksek değer, 0.75 nmol/g TA ile 300 mM tuz uygulamalarından elde edilmiştir. En düşük MDA miktarı (0.50 nmol/gTA) ise kontrol saksılarında gözlenmiştir. Salisilik asit uygulamalarında en yüksek MDA değeri, 0.67 nmol/g TA ile kontrolden elde edilmiş, 1.0 Mm SA uygulamaları ile aralarında istatistiksel bir farklılığın bulunmadığı tespit edilmiştir. Abiyotik stres koşullarında üretilen oksijen radikalleri, bitki membranlarında lipid peroksidasyonunda zarara neden olmaktadır. Tuz stresine maruz bırakılan domates türlerinde tuz stresinin etkisiyle bitki yapraklarının MDA miktarında artış gözlemlendiği belirtilmiştir (Kendal & Mc Kersie, 1989; Kuşvuran vd., 2008). Baran & Doğan (2014), tuz stresine maruz bıraktıkları soya fasulyesinde, tuzun etkisiyle lipid peroksidasyon seviyelerinin arttığını, salisilik asidin etkisiyle MDA miktarının azaldığını, salisilik asidin bitki bünyesinde strese karşı tolerans düzeyini arttırdığını bildirmişlerdir. tuz stresine maruz kalan bitkilerde lipid peroksidasyon seviyelerinde artış olduğuna dair yürütülen birçok çalışma, çalışmamıza benzer bulgular göstermiştir (Diouisio-Sese & Tobita, 1998; Sreenivasulu et al., 1999; Yasar vd., 2008). Bak (2009) ve Akçalı (2014) tarafından yapılan çalışmalardaMDA miktarının salisilik asit uygulamalarıyla azaldığını bildirmişlerdir. Çalışmada en yüksek MDA değeri 0.82 nmol/g TA ile 300 Mm tuz konsantrasyonu ile SA uygulanmayan saksılardan elde edilmiştir.

Soya fasulyesi fidelerine uygulanan farklı tuz dozları bakımından en yüksek iyon sızıntısı değeri %23.83 ile 300 mM tuz uygulamalarından, en düşük değer ise %4.63 olarak kontrolden sağlanmıştır. Elde edilen bulgulara göre tuz stresine maruz kalan bitkilerde iyon sızıntısının arttığı saptanmıştır. Salisik asit uygulamaları sonucunda ise en yüksek iyon sızıntısının %17.12 olarak 1.0 Mm SA uygulamalarından, en düşük ise %12.52 ile kontrolden elde edildiği belirlenmiştir. Tuz stresi altında yetiştirilen çeltik ve soya bitkilerinde tuz stresinin etkisiyle, bitkide iyon sızıntısının önemli oranda artış gösterdiği bildirilmiştir (Lutts et al., 1996; Essa, 2002). Yürütülen çalışmadan elde edilen veriler, sözkonusu literatür ile benzerlik göstermektedir. Tuz x Salisilik asit interaksyonu bakımından en yüksek değer, %32.90 ile 300 mM tuz ve 1.0 mM SA uygulamalarından elde edilmiştir. Yıldırım vd. (2008) salatalık, Karlıdağ vd. (2009) çilek üzerinde yürüttükleri çalışmada tuz stresi koşullarında uygulanan 0,50 ve 1,00 mM SA'in bitkilerde iyon sızıntısını azalttığını bildirirken, Korkmaz vd. (2020), SA uygulamalarının tuz stresi altında yetişen kolza bitkilerinin iyon sızıntısı üzerine herhangi bir etkisi olmadığını tespit etmişlerdir. Yürütülen çalışmadan elde edilen veriler sözkonusu literatür ile benzerlik göstermektedir. T x SA interaksyonu bakımından en yüksek değer %32.90 ile 300 mM tuz ve 1.0 mM SA uygulamalarından tespit edilmiştir.

Farklı tuz konsantrasyon uygulamaları sonucu elde edilen bulgulara göre, yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksine ait en yüksek değer %82.30 ile kontrolden, en düşük değer ise %75.18 ile 300 mM tuz konsantrasyonu uygulamalarından belirlenmiştir. Artan tuz konsantrasyonunun soyanın yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksini düşürdüğü gözlemlenmiştir. Salisilik asit uygulamalarında en yüksek değer 81.21 ile kontrol grubunda ortaya çıkmış, fakat 1.5 mM SA uygulamaları hariç diğer dozlar arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. Dolayısıyla en düşük değer %75.59 ile 1.5 mM SA uygulamalarından saptanmıştır. Domates bitkisinde salisilik asit uygulamalarıyla, stresin bitki üzerinde oluşturduğu zararın azaldığı, salisilik asidin membran bütünlüğünü koruyarak NaCl alınımına engel olduğu ortaya konulmuştur (Ahmed et al., 2009). Tuz x Salisilik asit interaksyonunda en yüksek değer %84.76 ile 150 mM tuz dozu ile 0.5 mM SA dozundan elde edilmiştir. Farklı tuz konsantrasyonları uygulamaları sonucu, en yüksek yaprak alanı 6.66 cm<sup>2</sup> ile tuz uygulanmayan parsellerden sağlanırken, en düşük yaprak alanı değeri 5.46 cm<sup>2</sup> ile en yüksek tuz uygulamasından elde edilmiştir. SA uygulamalarında en yüksek değer 7.26 cm<sup>2</sup> ile en yüksek dozdaki SA uygulamalarından, en düşük değer ise 5.35 cm<sup>2</sup> ile 1.0 mM SA uygulamalarından tespit edilmiştir. Tuz stresi uygulanan bitkilerde, genellikle bitkinin kök, gövde ve sürgün gibi aksamalarında, yaprak alanında azalmalar ve klorofil oranıyla birlikte bitkilerde verimde düşüşlerin meydana geldiği rapor edilmiştir (Greenway & Munns, 1980). Canakçı & Munzuroğlu (2006) tuz stresi koşullarında mısır bitkisinde yürüttükleri çalışmada, salisilik asit uygulamalarının yaprak alanı üzerine azaltıcı etkisinin olduğunu tespit etmişlerdir. Yaşar vd. (2007)'nin yürüttükleri bir çalışmada tuz stresine hassas fasulye genotiplerinin artan

tuz konsantrasyonları ve strese kalma süresine bağlı olarak bitki yeşil aksamalarında azalmaların olduğunu bildirmişlerdir. 1.0 mM salisilik asit uygulamasının, yazlık kabakta yaprak alanını kontrol grubuna kıyasla önemli düzeyde arttırdığı ortaya konulmuştur (Özdüven, 2016). Kök (2012) ise tuz stresi altında salisilik asit uygulamalarının bitki çeşitlerine bağlı olarak yaprak alanı üzerine etkilerinin farklı olduğunu tespit etmiştir. Korkmaz vd. (2020), salisilik asit uygulamalarının kolzada yaprak alanı üzerine negatif etkisinin olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada en yüksek yaprak alanı değeri 9.32 cm<sup>2</sup> ile kontrol ile 1.5 mM salisilik asit uygulamalarından elde edilmiştir.

Farklı tuz dozları bakımından en yüksek klorofil oranı ortalama değeri 41.45 ile kontrol grubu bitkilerinden alınırken, en düşük değer 38.46 ile 300 mM tuz konsantrasyonundan elde edilmiştir. Çalışmada artan tuz dozları ile toplam klorofil oranının düştüğü gözlenmiştir. En yüksek SPAD değeri 42.53 ile 0.5 mM salisilik asit dozundan elde edilmiştir. İslam vd. (2007) artan dozlarda uyguladıkları tuz stresi şartlarında, soyada klorofil oranının azaldığını bildirmişlerdir. Gautam & Sing (2009) yürüttükleri bir başka çalışmada ise, tuz stresinin neden olduğu klorofil miktarındaki azalmanın salisilik asit uygulamaları ile ortadan kaldırıldığı, salisilik asit uygulamalarının bitkide klorofil miktarını arttırdığını saptamışlardır (Srivastava & Dwivedi, 2000). Araştırmacı bulguları ile çalışma bulgularımız uyum içerisindedir. SPAD değeri 44.63 ile tuz uygulanmayan kontrol saksıları ile 1.5 mM salisilik asit uygulamalarından elde edilmiştir.

## SONUÇ

Araştırma sonucunda; artan tuz konsantrasyonları ile incelenen karakterlerden gövde uzunluğu, kök, gövde yaş ve kuru ağırlıkları, yaprak dokularında bağlı su içeriği, yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi, yaprak alanı, ve klorofil oranı gibi değerler azalış gösterirken, lipit peroksidasyon düzeyi (MDA) ve yaprak dokularında iyon sızıntısı gibi değerlerde artışların olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, en yüksek (62.00 cm) gövde uzunluğu değeri, tuz uygulamalarının yapılmadığı (kontrol), 1.0 mM salisilik asit uygulamalarından elde edilmiştir. Tuz x salisilik asit interaksiyonunda en yüksek gövde yaş ağırlığı 2.67 g ile kontrol x 1.5 mM SA uygulamalarından elde edilmiştir. Uygulanan tuz konsantrasyonları içerisinde bitkinin en çok zarar gördüğü konsantrasyon seviyesi 300 mM olmuştur. Tuz stresine maruz kalmış soya bitkisine uygulanan salisilik asit uygulamalarının bitkide fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerine olumlu etkide bulunduğu tespit edilmiştir. Salisilik asit uygulamalarının, incelenen tüm karakterler üzerinde olumlu etkilerinin olduğu ve artan konsantrasyon seviyelerine bağlı olarak bu etkinin de pek çok parametrede arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, salisilik asit uygulamalarının bitkide tuz stresinden kaynaklanan zararlanmaları minimize ederek, bitkinin yaşam faaliyetlerini sürdürebilmesi açısından olumlu etkide bulunduğu saptanmıştır. Buna bağlı olarak özellikle, ülkemiz topraklarında tuz stresinin tarımsal üretimde ciddi sorunlara neden olması ve mevcut sorunun etkisini azaltmaya yönelik salisilik asit uygulamalarının pratiğe aktarılması konusunda çalışmaların yaygınlaştırılması ve ekonomik analizler yapılarak değerlendirilmesi önem arz etmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Cemre Havva KURT isimli öğrencinin, yüksek lisans tez çalışmasının özeti niteliğindedir.

## KAYNAKLAR

- Ahmed, B., H. Abidi, F. Manaa, A.M. Hajer & Z. Ezzeddine, 2009. "Salicylic acid induced changes on some physiological parameters in tomato grown under salinity, 1-8". The Proceedings of International Plant Nutrition Colloquium XVI UC Davis (12 Nisan 2009, Tunus), 111 pp.
- Altıncı, N.T, R. Cangı & D. Üstün, 2020. Narince üzüm çeşidinde salisilik asit uygulamalarının yüksek sıcaklık stresine karşı etkilerinin belirlenmesi. Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 8 (5): 1227-1231. Doi: 10.24925/turjaf.v8i5.1227-1231.

- Arioğlu, H., 1994. Yağ Bitkileri (Soya ve Yerfıstığı). Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No:35, 354 s.
- Arora, A., R. Sairam & G. Srivastava, 2002. Oxidative stress and antioxidative system in plants. *Current Science*, 82 (10): 1227-1238.
- Bagautdinova, Z.Z., N. Omelyanchuk, A.V. Tyapkin, V.V. Kovrizhnykh, V.V. Lavrekha & E.V. Zemlyanskaya, 2022. Salicylic acid in root growth and development. *International Journal of Molecular Sciences*, 23 (4): 2228.
- Bahrani, A. & J. Pourreza, 2012. Gibberellic acid and salicylic acid effects on seed germination and seedlings growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt stress condition. *World Applied Science Journal*, 18 (5): 633-641.
- Bak, Z.D., 2009. Tuz Stresine Maruz Bırakılan İki Kabak Çeşidinde (*Cucurbita pepo* L.) Salisilik Asit Uygulamasıyla Gelişen Fizyolojik ve Biyokimyasal Değişimler. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 89 s.
- Baran, A. & M. Doğan, 2014. Tuz stresi uygulanan soyada (*Glycine max* L.) salisilik asidin fizyolojik etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 18 (1): 78-84.
- Bilkis, A., M.R. Islam, M.H.R. Hafiz & M.A. Hasan, 2016. Effect of NaCl induced salinity on some physiological and agronomic traits of wheat. *Pakistan Journal of Botany*, 48 (2): 455-460.
- Canakci, S. & O. Munzuroglu, 2006. Effects of acetylsalicylic acid on growth and transpiration rate of corn (*Zea mays* L.) seedlings. *Science and Engineering Journal of Firat University*, 4: 479-484.
- Catinot, J., A. Buchala, E. Abou-Mansour & J.P. Métraux, 2008. Salicylic acid production in response to biotic and abiotic stress depends on isochorismate in *Nicotiana benthamiana*. *FEBS Letters*, 582: 473-478. <https://doi.org/10.1016/j.febslet.2007.12.039>.
- Cochrane, F.C., L.B. Davin & N.G. Lewis, 2004. The Arabidopsis phenylalanine ammonia lyase gene family: kinetic characterization of the four PAL isoforms. *Phytochemistry*, 65: 1557-1564. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2004.05.006>.
- Delavari, M., S. Enteshari & K. Manoochehri Kalantari, 2014. Effects of response of *ocimum basilicum* to the interactive effect of salicylic acid and salinity stress. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 4 (2): 983-990.
- Dionisio-S, M.L. & S. Tobita, 1998. Antioxidant responses of rice seedlings to salinity stress. *Plant Science*, 135 (1): 1-9. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(98\)00025-9](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(98)00025-9).
- Dura, O., İ. Sönmez & K.C. Yıldırım, 2016. Biberde (*Capsicum annuum* L.) salisilik asit uygulamalarının kök-ur nematodu (*Meloidogyne incognita*)'na ve bazı büyüme parametreleri üzerine etkileri. *Bahçe*, 45 (1): 31-39.
- Essa, T.A., 2002. Effect of salinity stress on growth and nutrient composition of three soybean (*Glycine max* L. merill) cultivars. *Journal Agronomy Crop Science*, 188 (2): 65-140. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037X.2002.00537.x>.
- Fariduddin, Q., S. Hayat & A. Ahmad, 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. *Photosynthetica*, 41 (2): 281-284.
- Gautam, S. & P.K. Singh, 2009. Salicylic acid-induced salinity tolerance in corn grown under NaCl stress. *Acta Physiologia Plantarum*, 31 (1): 1185-1190.
- Göktaş, Ö. & B. Gıdık, 2019. Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım alanları. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2 (1): 145-151.
- Greenway, H. & R. Munns, 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual Review Plant Physiology*, 31 (1): 149-190.
- Gutierrez-Coronado, M., C.L. Trejo & A. Larque-Saavedra, 1998. Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiology and Biochemistry*, 36 (8): 563-565. [https://doi.org/10.1016/S0981-9428\(98\)80003-X](https://doi.org/10.1016/S0981-9428(98)80003-X).
- Güneş, A., A. Inal, M. Alpaslan, F. Eraslan, E.G. Bağcı & N. Cicek, 2007. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. *Journal of Plant Physiology*, 164 (6): 728-736. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2005.12.009>.
- Hartwig, E.E. & R.A.S. Kihl, 1979. "Identification and Utilization of Delayed Flowering Character in Soybean for ShortDay Conditions", *Field Crops Research*, 2: 145-151.
- Hayat, Q., S. Hayat, M. Irfan & A. Ahmad, 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. *Environmental and Experimental Botany*, 68 (1): 14-25. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.08.005>.



- Irshad, M., S. Yamamoto, A.E. Enerji, T. Endo & T. Hona, 2002. Urea and manure effect on growth and mineral contents of maize under saline conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 25 (1): 189-200. <https://doi.org/10.1081/PLN-100108790>.
- Islam, S., A.I. Malik, A.K.M.R. Islam & T.D. Colmer, 2007. Salt tolerance in a *Hordeum marinum*- *Triticum aestivum* amphiploid and its parents. *Journal of Experimental Botany*, 58 (5): 1219-1229. <https://doi.org/10.1093/jxb/erl293>.
- İlker, E., Ö. Tatar & A. Gökçöl, 2010. Konvansiyonel ve organik tarım koşullarında bazı soya çeşitlerinin performansları. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47 (1): 87-96.
- Karlıdağ, H., E. Yıldırım & M. Turan, 2009. Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. *Scientia Agricola*, 66: 180-187.
- Kendal, E.J. & B.D. Mckersie, 1989. Free radical and freezing injury to cell membranes of winter wheat. *Physiologia Plantarum*, 76 (1): 86-94. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1989.tb05457.x>.
- Khan, W., P. Balakrishnan & D.L. Smith, 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal of Plant Physiology*, 160 (5): 485-492. <https://doi.org/10.1078/0176-1617-00865>.
- Kıran, S., Ş. Kuşvuran, F. Özkay, Ö. Özgün, K. Sönmez, H. Özbek, Ş. Şeküre & Ş.Ş. Ellialtıoğlu, 2015. Bazı patlıcan anaçlarının tuzluluk stresi koşullarındaki gelişmelerinin karşılaştırılması. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 8 (1): 20-30.
- Kim, D.S. & B.K. Hwang, 2011. The pepper receptor-like cytoplasmic protein kinase CaPIK1 is involved in plant signaling of defense and cell-death responses. *Plant Journal*, 66: 642-655. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313x.2011.04525.x>.
- Kızılgeci, F., N.E.P. Mokhtari & A. Hossain, 2020. Growth and physiological traits of five bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes are influenced by different levels of salinity and drought stress. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29 (9A): 8592-8599.
- Korkmaz, K., M. Akgün, A. Kırılı, M.M. Özcan, Ö. Dede & Ş.M. Kara, 2020. Effects of gibberellic acid and salicylic acid applications on some physical and chemical properties of rapeseed (*Brassica napus* L.) grown under salt stress. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8 (4): 873-881.
- Kök, D., 2012. Farklı salisilik asit dozlarının asma anaçlarının tuzluluğa dayanımı üzerine etkileri, *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 9 (2): 32-40.
- Kuşvuran, Ş., F. Yaşar, K. Abak & Ş. Ellialtıoğlu, 2008. Tuz stresi altında yetiştirilen tuza tolerant ve duyarlı *Cucumis* sp.'nin bazı genotiplerinde lipid peroksidasyonu, klorofil ve iyon miktarlarında meydana gelen değişimler. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 18 (1): 13-20.
- Kwiatowski, J., 1998. Salinity classification, mapping and management in Alberta. (Web sayfası: <http://www.agric.gov.ab.ca/sustain/soil/salinity/>) (Erişim Tarihi: 12.28.2019).
- Li, A., X. Sun & L. Liu, 2022. Aciton of salicylic acid on plant growth. *Frontiers Plant Science*, 13: 878076. Doi: 10.3389/fpls.2222.878076.
- Lian, B., X. Zhou, M. Miransari & D.L. Smith, 2000. Effects of salicylic acid on the development and root nodulation of soybean seedlings. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 185 (3): 187-192. doi:10.1046/j.1439-037x.2000.00419.x.
- Lutts, S., J.M. Kinet & J. Bouharmont, 1996. NaCl-Induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany*, 78 (3): 389-398. <https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0134>.
- Mikolajczyk, M., O.S. Awotunde, G. Muszynska, D.F. Klessig & G. Dobrowolska, 2000. Osmotic stress induces rapid activation of a salicylic acid-induced protein kinase and a homolog of protein kinase ASK1 in tobacco cells. *Plant Cell*, 12 (1): 165-178. <https://doi.org/10.1105/tpc.12.1.165>.
- Nazlıcan, A.N., 2017. Soya fasulyesi yetiştiriciliği. (Web sayfası: [https://arastirma.tarimorman.gov.tr/cukurovataem/Belgeler/Yeti%C5%9Ftiricilik/soya-yetistirciligi\\_1.pdf](https://arastirma.tarimorman.gov.tr/cukurovataem/Belgeler/Yeti%C5%9Ftiricilik/soya-yetistirciligi_1.pdf)) (Erişim Tarihi: 12.20.2019).
- Özdüven, F.F., 2016. Salisilik Asit Uygulamalarının Farklı Sulama Seviyelerinde Yetiştirilen Yazlık Kabakta (*Cucurbita pepo* L.) Bitki Gelişimi ve Verime Etkileri. Namık Kemal Üniversitesi, (Basılmamış) Doktora Tezi, Tekirdağ, 203s.
- Romero A.R., T. Soria & J. Cuartero, 2001. Tomato plant- water uptake and plant water relationships under saline growth conditions. *Plant Science*, 160 (2): 265-272. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(00\)00388-5](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(00)00388-5).

- Sadeghi, M., S. Dehghan, R. Fischer, U. Wenzel, A. Vilcinskas, H.R. Kavousi & M. Rahnamaeian, 2013. Isolation and characterization of isochorismate synthase and cinnamate 4-hydroxylase during salinity stress, wounding, and salicylic acid treatment in *Carthamus tinctorius*. *Plant Signals of Behaviour*, 8: e27335. <https://doi.org/10.4161/psb.27335>.
- Sairam, R.K. & D.C. Saxena, 2000. Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes possible mechanism of water stress tolerance. *Plant Science* 43 (1): 245-251. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.2000.00358.x>.
- Sairam, R.K., 1994. Effect of moisture-stress on physiological actives of two contrasting wheat genotypes. *Indian Journal of Experimental Biology*, 32 (1): 594-597.
- Shakirova, F.M., A.R. Sakhabutdinova, M.V. Bezrukova, R.A. Fatkhutdinova & D.R. Fatkhutdinova, 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science*, 164 (3): 317-322. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00415-6](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00415-6).
- Shirasu, K., A. Nakajima, K. Rajshekar, R.A. Dixon & C. Lamb, 1997. Salicylic acid potentiates an agonist-dependent gain control that amplifies pathogen signal in the activation of defence mechanism. *Plant Cell*, 9: 261-270.
- Sönmez, İ. & S. Sönmez, 2007. Tuzluluk ve gübreleme arasındaki ilişkiler. *Tarımın Sesi Dergisi*, 16: 13-16.
- Sreenivasulu, N., S. Ramanjulu, K. Ramachandra-Kini, H.S. Prakash, H. Shekar-Shetty, H.S. Savithri & C. Sudhakar, 1999. Total peroxidase activity and peroxidase isoforms as modified by salt stress in two cultivars of fox-tail millet with differential salt tolerance. *Plant Science*, 141 (1): 1-9. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(98\)00204-0](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(98)00204-0).
- Srivastava, M.K. & U.N. Dwivedi, 2000. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. *Plant Science*, 158 (1): 87-96. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(00\)00304-6](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(00)00304-6).
- Tepe, B., 2011. Tuzlu koşullarda yetiştirilen arpa fidelerinin bazı morfolojik ve anatomic parametresine salisilik asitin etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 48 s.
- Tunçtürk, M., R. Tunçtürk & F. Yaşar, 2008. Changes in micronutrients, dry weight and plant growth of soybean (*Glycine max* L. Merrill) cultivars under salt stress. *African Journal of Biotechnology*, 7 (11): 1650-1654. [10.5897/AJB08.248](https://doi.org/10.5897/AJB08.248).
- Tunçtürk, M., R. Tunçtürk, B. Yıldırım & V. Çiftçi, 2011. Effect of salinity stress on plant fresh weight and nutrient composition of some Canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *African Journal of Biotechnology* 10 (10): 1827-1832. DOI: 10.5897/AJB10.1618.
- Türkyılmaz, B., L. Aktaş & A. Güven, 2005. Salicylic acid induced some biochemical and physiological changes in *Phaseolus vulgaris* L. *Science and Engineering Journal of Fırat University*, 17 (2): 319-326.
- Yakit, S. & A.L. Tuna 2006. Tuz stresi altındaki mısır bitkisinde (*Zea mays* L.) stres parametreleri üzerine Ca, Mg ve K'nın etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (1): 59-67.
- Yaşar, F., Ş. Ellialtıoğlu, Ö. Gürbüz Kılıç & Ö. Üzal, 2007. Fasulye genotiplerinin (*Phaseolus vulgaris* L.) artan tuz konsantrasyonu ve farklı zamanlardaki gelişim performansları. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12 (1): 54-58.
- Yaşar, F., Ş. Ellialtıoğlu, T. Özpınar & Ö. Uzal, 2008. Tuz stresinin karpuzda (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) antioksidatif enzim (sod, cat, apx ve gr) aktivitesi üzerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi*, 18 (1): 61-65.
- Yılmaz, M., 2021. Ekmeklik Buğdaya Salisilik Asit Uygulamasının Çimlenme Döneminde Kuraklık ve Tuzluluk Stresine Etkisinin Belirlenmesi. *Mardin Artuklu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi) Mardin*, 91 s.
- Yıldırım, E., M. Turan & I. Guvenc, 2008. Effect of foliar salicylic acid applications on growth, chlorophyll, and mineral content of cucumber grown under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 31 (3): 593-612.
- Zahra, S., B. Amin, V.S.M. Ali, Y. Ali & Mehdi, Y., 2011. The salicylic acid effect on the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sugar, protein and proline contents under salinity stress (NaCl). *Journal of Biophysics and Structural Biology*, 2 (3): 35-41.





## Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (1):103-109  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1162309>

Berkay SAKIZ<sup>1</sup>

Yakup Onur KOCA<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Aydın Adnan Menderes Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü,  
Aydın, Türkiye

\*Sorumlu yazar (Corresponding author):  
[yokoca@adu.edu.tr](mailto:yokoca@adu.edu.tr)

## Farklı fosfor dozlarının tritikalede verim ve kalite üzerindeki etkileri\*

The effects of different doses of phosphorus on yield and quality of triticale

\* Bu makale birinci Yazarın yüksek lisans tezinden özetlenmiştir. Bu makale ADÜBAP tarafından ZRF-21012 Numaralı proje olarak desteklenmiştir.

Received (Alınış): 16.08.2022

Accepted (Kabul Tarihi): 13.12.2022

### ÖZ

**Amaç:** Farklı fosfor dozlarında Ege Yıldızı tritikale çeşidinin tane verimi, bitki boyu, başak uzunluğu, bin tane, başakta tane sayısı gibi verim bileşenleri belirlenmiştir. Buna ek olarak protein oranı, yağ oranı, nişasta oranı, lif ve kül oranı gibi kalite parametrelerinin değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

**Materyal ve Yöntem:** Araştırma, 2021 yılında Aydın'da yürütülmüştür. Ege Yıldızı tritikale çeşidine 6 farklı (0, 4, 8, 12, 16, 20 kg da<sup>-1</sup>) fosfor dozu uygulanmıştır. Verim, bazı verim öğeleri, bazı kalite parametreleri değerleri ölçülmüştür.

**Araştırma Bulgular:** Tane verimi 443,3- 586,7 kg da<sup>-1</sup> aralığında, bin tane ağırlığı 46,3 -53,1 gram arasında, bitki boyu 143,2- 151,2 cm arasında, başakta tane sayısı 58,2 - 63,6 adet aralığında, başak uzunluğu 12,6 - 14,4 cm, metrekaresindeki başak sayısı 316-404 adet arasında ölçülmüştür. Tanede kül oranı %0,04-0,48 aralığında, yağ %2,31- %2,82 aralığında, lif %2,93- %3,63 aralığında, protein %13,15- %15,05 aralığında, nişasta %63,56- %69,44 aralığında ölçülmüştür.

**Sonuç:** 12 kg da<sup>-1</sup> potasyumun tane verimi bakımından Ege Yıldızı tritikale çeşidinde en yüksek verimi verdiği, buna ek olarak 16 kg da<sup>-1</sup> potasyumun kül, lif, yağ ve protein oranı gibi bazı kalite parametrelerini de yükselttiği görülmüştür. Gübre uygulama maliyeti ve tanenin değerlendirilme amacına göre dekara 12 kg veya 16 kg potasyum önerilebilir.

**Anahtar sözcükler:** Fosfor, tane kalitesi  
tane verimi, tritikale

**Keywords:** Phosphorus, grain quality,  
grain yield, triticale

### ABSTRACT

**Objective:** Yield components such as grain yield, plant height, spike length, thousand grain weight, number of grains per spike were measured of Ege Yıldızı triticale at different phosphorus doses. In addition, it was aimed to determine the changes in quality parameters such as protein, fat, starch, fiber and ash ratios.

**Material and Method:** The research was carried out at Aydın in 2021. Six different phosphorus doses (0, 40, 80, 120, 160, 200 kg ha<sup>-1</sup>) were applied to Ege Yıldızı variety. Yield, yield components, quality parameters values were measured.

**Results:** Grain yield (4433,3 - 5866,6 kg ha<sup>-1</sup>), thousand grain weight (46,3 - 53,1 g), plant height (143,2 - 151,2 cm), number of grains per spike (58,2 - 63,6), length of spike (12,6 - 14,4 cm), number of spike per square meter (316 - 404), ash content (%0,04 - %0,48), fat (%2,31 - %2,82), fiber (%2,93 - %3,63), protein (%13,15 - %15,05), starch (%63,56 - %69,44) were measured.

**Conclusion:** The highest grain yield values were measured in 120 kg ha<sup>-1</sup> phosphorus parcels in Ege Yıldızı variety. 160 kg ha<sup>-1</sup> phosphorus also increased ash, fat and fiber rate. So, 120 or 160 kg ha<sup>-1</sup> of phosphorus fertilizer application can be recommended according to fertilizer application cost and usage purpose of grain.

## GİRİŞ

Dünya nüfusun hızla artmasına bağlı olarak gıda ürünleri tüketimi ve gıda maddelerine olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Değişen nüfusun gıda ihtiyacını karşılamak için tarımsal ve hayvansal üretimin artırılması kaçınılmaz hale gelmiştir. Ancak gerek hızlı sanayileşme gerekse çarpık kentleşme sonucu kirlenen ve kullanım alanları gittikçe azalan tarım toprakları yanlış uygulamalar ve doğal tahribatlar (aşırı sulama, aşırı gübreleme, erozyon ve toprak kayması vb.) karşısında hızla azalmaktadır (Kaptan et al., 2017). Azalan kullanım alanlarında gözlenen yağış düzensizliklerine bağlı kurak periyotlar bitkilerin büyüme ve gelişme dönemlerini ve özellikle tane doldurma periyotlarını olumsuz etkilemektedir (Ayrancı vd., 2017). Dünyada meydana gelen bu olumsuz gelişmeler sonucunda tarımsal üretimi arttırmak için bölge ekolojisine uygun yeni tür ve çeşitlerin geliştirilmesi ve bununla beraber tarıma elverişli olmayan arazilerin en uygun şekilde değerlendirilmesi ile tarımsal üretim artırılabilir.

Yüksek verim ve kaliteli ürün elde etmek için başlıca, bölge ekolojilerine uygun, verimi yüksek, hastalık ve zararlılara karşı dayanıklı bitki cins ya da türlerin bulunması ve geliştirilmesi gerekmektedir. İlk türler arası melez kültür bitkisi olan tritikale de buğdayın yüksek verimi, protein oranının yüksekliği, maya ve kabarma özellikleri sayesinde kaliteli ekmek olabilme özelliği ile çavdarın soğuğa ve kurağa dayanıklılık özelliklerini tek bir bitkide toplamakla beraber marjinal ve fakir tarım arazilerinde dekardan alınan verimi arttırmak amacıyla insan eliyle oluşturulan amfidiploid bir serin iklim tahılıdır (Varughese et al., 1996). Genetik ve bitki ıslahı çalışmalarının, özellikle biyoloji bilimindeki gelişmelerinden faydalanarak ve etkin bir biçimde kullanılması sonucunda elde edilen tritikale (Müntzing, 1979), çavdarın olumsuz çevre koşullarına olan direnci, toprak ve iklim yönünden seçici olamaması ayrıca hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılığını, buğdayın verim ve kalite potansiyelini bir araya getirmek amacıyla gerçekleştirilen, yoğun ıslah çalışmalarının sonucu bir üründür (Kara, 2010). Geliştirilen yeni çeşitlerin yanında bunlar ile birlikte ekilen diğer çeşitlerin maksimum potansiyellerinin de ortaya çıkarabilmek için en uygun kültürel uygulamaları da yapmak gerekmektedir. Bu agronomik uygulamalardan birisi de toprağa fosforlu gübre uygulamasıdır.

Fosfor, bitkiler tarafından azottan sonra en çok kullanılan besin elementidir. Optimum büyüme ve gelişme için mutlak gerekli, makro besin elementlerinden bir tanesidir. Ayrıca fosfor, bitkilerde meydana gelen birçok fizyolojik ve biyokimyasal olaylarda bulunmakla birlikte bitki kuru ağırlığının yaklaşık olarak %0,2'sini oluşturmaktadır (Theodoros & Plaxton, 1993). Fosforun bitki gelişimi ve metabolizma açısından başlıca etkilerine bakılacak olursa; bitkilerde protein, enzimler, koenzimler, nükleik asitler ve fosfolipitlerin önemli yapısal bileşenini oluşturmakta hem fotosentez hem de solumda gerekli olan NAD, NADH, ADP ve ATP gibi fosfor içeren enerji bakımından zengin bileşiklerin sentezinde mutlak gerekli element olmakla birlikte çiçeklenme, tohum bağlama, erken olgunlaşma ve kök oluşumunu teşvik edici etkileri sıralanabilir (Mengel & Kirkby, 2001).

Fosfor toprak ile temas ettiğinde kısa bir zaman içerisinde reaksiyona girerek daha az çözünür ve daha az yarayışlı bileşikler haline dönüşür (Wasonga et al., 2008; Rahim et al., 2010). Ayrıca ortamdaki kalsiyum, magnezyum alüminyum ve demir gibi elementlerle birleşen fosfat iyonları çökelti oluşturmakta ve yarayışsız hale gelmektedir (Öztürk, 2001). Genel olarak Türkiye toprakları, fosfor fiksasyonunu artırıcı özelliktedir (Özbek vd., 1993). Bu çalışma, artan fosfor dozlarının tritikale bitkisinin tane verimine etkilerinin incelenmesini hedeflemektedir.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma 2020-2021 tritikale yetiştirme döneminde Aydın'da yürütülmüştür. Tohum ekimi 26.11.2020 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada materyal olarak Ege Yıldızı çeşidi (bölge ekolojisine uyumlu) kullanılmıştır. Bitki boyu 120-140 cm arasında, tane verimi 350-750 kg da<sup>-1</sup> ve tanenin yemlik kalitesi ile ekmek karışım kalitesi iyidir. Farklı fosfor dozları için Diamonyum Fosfat (DAP) gübresi kullanılmıştır. DAP gübresi (%18 azot ve %46 fosfor) koyu gri veya kirli beyaz renkte granüle haldedir.

Denemenin yürütüldüğü tarlanın toprak analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1'de verilen analiz sonuçları değerlendirildiğinde deneme arazisinin; kumlu tınlı bünyeye sahip, alkali karakterli (pH 8,0) ve organik madde miktarı (%2,0) bakımından düşük olduğu söylenebilir. Ayrıca potasyum miktarının düşük, fosfor miktarının ise yüksek olduğu sonuçları elde edilmiştir.

**Çizelge 1.** Deneme alanı toprak analiz sonuçları

**Table 1.** Soil analysis results of experimental area

Toprak tekstürü (%)			pH	Organik Madde (%)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)
Kum	Mil	Kil					
72	16,7	11,3	8,4	1,2	21	176	2978

Çalışmanın yapıldığı, 2021 de Aydın 'ın ortalama sıcaklık ve yağış değerleri ile uzun yıllara ait ortalamalar Çizelge 2'de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Araştırma yerinin 2020-2021 yılı ve uzun yıllara ait ortalama sıcaklık ve yağış değerleri

**Table 2.** Average temperature and precipitation values of the research site for 2020-2021 and long years

Aylar	Toplam Yağış (mm)		Ortalama Sıcaklık °C	
	2020-2021	Uzun Yıllar Ortalaması	2020-2021	Uzun Yıllar Ortalaması
KASIM	1,9	74,4	12,6	12,9
ARALIK	110	135,1	11,1	9,4
OCAK	118,2	121	9,4	8,2
ŞUBAT	37,5	95,5	10,2	8,9
MART	66,1	71,1	10,1	11,7
NİSAN	28,3	45,5	15,6	15,7
MAYIS	3,2	33,5	21,3	20,9
HAZİRAN	1,8	14	24,2	25,9

Çizelge 2'deki verilere göre 2021 yılı kışlık üretim dönemindeki sıcaklık değerleri ile uzun yıllar ortalamasındaki sıcaklık değerleri arasında önemli farklılıklar olmadığı ancak Aralık, Ocak ve Şubat aylarındaki sıcaklık değerlerinin uzun yıllar ortalamasına ait sıcaklık değerlerinin üzerinde gerçekleşmiştir. Genel olarak uzun yıllar ortalamasının altında seyir eden toplam yağış miktarı özellikle de tohum ekiminin gerçekleştirildiği dönemde oldukça düşük kalmıştır.

Çalışmada kontrol dahil olmak üzere 6 farklı dozda (dekara 0 kg, 4 kg, 8 kg, 12 kg, 16 kg ve 20 kg) fosfor gübrelemesi uygulanmıştır (3 tekerrürlü olarak). Ekim öncesi taban gübresi olarak üre (%46N) ve potasyum sülfat (%50 K<sub>2</sub>O) kullanılarak dekara saf 8kg azot ve 10 kg potasyum verilmiştir.

Ekim işlemi 26.11.2020 tarihinde M<sup>2</sup>'ye 500 bitki gelecek şekilde 1.2m\*6m büyüklüğündeki parsellere (22 kg da<sup>-1</sup>) gerçekleşmiştir. Farklı fosfor dozlarının uygulaması 17.12.2020 tarihinde yapılmıştır. Üst gübreleme işlemi 18.02.2021 tarihinde üre (%46 N) gübresi ile (8 kg saf N) yapılmıştır.

Parseller 31.05.2021 tarihinde kenar tesirleri bırakılarak her parselden 2 m<sup>2</sup>'lik alan hasat edilmiştir. Denemede tane verimi (kg da<sup>-1</sup>), bin tane ağırlığı (g), bitki boyu (cm), başakta tane sayısı (adet), başak uzunluğu (cm) ve metre karedeki başak sayısı (adet) gibi verim öğeleri ölçülmüştür. Bunlara ek olarak elde edilen tanelerden kül oranı, yağ oranı, lif oranı, nem oranı, protein oranı ve nişasta oranı değerleri NIRS-FT (Bruker MPA) aleti ile ölçülmüştür (Gislum et al., 2004). Veriler Tarist istatistik programında analiz edilmiş ve araştırmadan elde edilen veriler varyans analizi (ANOVA) yöntemine göre değerlendirilmiştir.

## ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Araştırma Aydın ilinde farklı fosfor dozlarının Ege Yıldızı tritikale çeşidi üzerine etkisinin belirlenebilmesi için yürüttüğümüz çalışma sonucunda elde edilen değerlere ait varyans analiz tablosu ve

kareler ortalaması değerleri Çizelge 3'te verilmiştir. Varyans analizi sonuçları değerlendirildiğinde ölçülen özelliklerin birçoğunda farklı fosfor dozlarındaki farkın önemli olduğu görülmektedir.

**Çizelge 3.** Varyans analizi sonuçları

**Table 3.** Variance analysis results

Varyasyon kaynağı	Tane Verimi	Bin Tane Ağırlığı	Bitki Boyu	Başakta Tane Sayısı	Başak Uzunluğu	Metrekaredeki Başak Sayısı	Tanede Kül	Tanede Yağ	Tanede Lif	Tanede Protein	Tanede Nişasta
Doz	9919,17 **	18,92 öd	30,2 öd	51,64 öd	1,24*	2719,29 öd	0,07 *	0,18*	0,19*	1,369öd	18,77 **
Hata	1670,83	17,86	22,5	26,48	0,24	2246,22	0,02	0,04	0,03	0,6	2,22
Genel	4394,85	17,06	29,35	32,92	0,53	2736,73	0,03	0,99	0,25	4,11	7,84

\*, \*\*, fark sırayla 00.5 ve 0.01 olasılık düzeyinde önemli, **öd**: fark önemli değil- Doz: Fosfor dozları

Çalışmadan elde edilen sonuçlar Çizelge 4 ve Çizelge 5'de verilmiştir. Ayrıca her çizelgenin içerisinde fark düzeyi önemli olan özelliğe ait hesaplanan en küçük önemli fark (EKÖF) değerleri de verilmiştir.

**Çizelge 4.** Fosfor dozlarının tritikalede tane verimi ve verim öğeleri üzerine etkisi

**Table 4.** The effect of Phosphorus doses on grain yield and yield components of triticale

Fosfor dozları (kgda <sup>-1</sup> )	0	4	8	12	16	20	Ort	EKOF
Tane Verimi (kg da <sup>-1</sup> )	443,3	460,0	536,7	586,7	493,3	445,0	494,2	74,4
Bin Tane Ağırlığı (gram)	46,3	46,4	48,7	53,1	49,6	48,4	48,8	-
Bitki Boyu (cm)	143,2	147,5	151,2	145,5	151,2	148,5	147,9	-
Başakta Tane Sayısı (adet)	58,2	59,4	64,8	67,6	68,3	64,5	63,8	-
Başak Uzunluğu (cm)	12,6	13,8	13,8	14,4	14,3	13,9	13,8	0,9
Metrekaredeki başak sayısı (adet)	350,7	316,0	376,0	345,3	404,0	352,0	357,3	-

Araştırmadan elde edilen ortalama sonuçlara göre; Ege Yıldızı tritikale çeşidinde en yüksek tane verimi 12 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozunda (586,7 kg da<sup>-1</sup>) olduğu gözlemlenirken en düşük tane verimi kontrol dozu olan (0 kg da<sup>-1</sup>) ile (443,3 kg da<sup>-1</sup>) elde edilmiştir. Veriler genel olarak değerlendirildiğinde 8 kg da<sup>-1</sup> fosfor gübre dozunda verimde önemli bir artış sağlarken 12 kg da<sup>-1</sup> fosfor gübre dozunda maksimum verim elde edilmiştir. Artan fosfor dozunun verimi bir noktaya kadar arttırdığı bildirilmiştir (Fageria & Balgar 1999). Buna karşın artan dozların ekonomik etkisinin de değerlendirilmesi gerektiği yönünde bazı çalışmalar bulunmaktadır (Helvacı, 2006; Kacar & Katkat 2009). Benzer bir çalışmada buğday bitkisine 5 farklı dozda fosfor uygulayarak tane veriminin arttığı ancak fosforun kullanım etkinliğinin azaldığı gözlemlenmiştir (Xin-Kai et al. 2012). Taşyürek vd. (2001), yaptıkları çalışmada azotlu ve fosforlu gübre uygulamalarının tritikalede en yüksek verim için dekara saf olarak 8 kg fosforlu gübre uygulanması gerektiğini belirlemişlerdir.

Çizelge 4'deki bin tane ağırlığı değerleri incelendiğinde, Ege Yıldızı tritikale çeşidinin bin dane ağırlığı ortalamaları başlangıç seviyesinden 12 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozuna kadar artış gösterdiği ve 12 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozunda 53,1 gram en yüksek, kontrol dozunda (0 kg da<sup>-1</sup>) ise 46,3 gram ile en düşük bin tane ağırlığı değeri ölçülmüştür.

**Çizelge 5.** Fosfor dozlarının tritikalede tane kalite parametreleri üzerine etkisi

**Table 5.** The effect of Phosphorus doses on grain quality parameters of triticale

Fosfor Dozları (kgda <sup>-1</sup> )	0	4	8	12	16	20	Ort	EKOF
Kül (%)	0,17	0,29	0,04	0,14	0,48	0,18	0,21	0,23
Yağ (%)	2,31	2,63	2,17	2,63	2,82	2,35	2,48	0,35
Lif (%)	2,93	3,28	3,23	2,98	3,63	3,19	3,2	0,34
Protein (%)	13,15	15,05	14,83	14,21	14,68	14,3	14,37	-
Nişasta (%)	68,31	63,56	69,44	64,31	64,7	68,15	66,41	2,71

Bitki boyu değerleri incelendiğinde, dozlar arasındaki farklılık önemsiz çıkmıştır. Genel olarak bitki boyu için, 20 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozuna kadar artış ve azalış şeklinde dalgalanma olmasına rağmen 8 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozuna kadar bitki boyunda sürekli artışın olduğu ve en yüksek bitki boyu değerinin ölçüldüğü görülmektedir. Çelebi (2006), Van ekolojik koşullarında mısır bitkisi üzerinde yapmış olduğu denemede, hasıl mısır üretimi için 8 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozunun en uygun gübre miktarı olduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde Harran ovasında yapılan bir başka çalışmada 8 kg da<sup>-1</sup> - 12 kg da<sup>-1</sup> arasında uygulanan saf fosforun yeterli olduğu bildirilmiştir (Öktem & Ülger 1998).

Başakta tane sayısı değerlerine bakıldığında, Ege Yıldızı tritikale çeşidinde ölçülen en yüksek başaktaki tane sayısı 68,31 adet ile 16 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozunda olduğu hesaplanmıştır. Buna karşılık kontrol (0 kg da<sup>-1</sup>) dozunda en düşük başaktaki tane sayısı 58,2 adet olarak elde edilmiştir. Araştırma verileri sonucunda artan fosforlu gübre dozları ile birlikte başaktaki tane sayısı değerlerine bakılacak olursa tane verimi ve bitki boyundaki verilere benzer bir şekilde 8 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozunda ivmeli bir artış söz konusu iken daha sonraki uygulanan fosfor dozlarında azalan ivmeli bir şekilde artış gerçekleşmiştir. Ancak 16 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozundan sonra ise azalma eğiliminin meydana geldiği görülmektedir.

Çizelge 4 incelendiğinde, en yüksek başak uzunluğu değerini 12 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozunda 14,4 cm olarak gözlemlenirken en düşük başak uzunluğu değerini ise 0 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozunda 12,6 cm olduğu görülmektedir. Başak uzunluğu direkt olarak verim ögesi sayılmasa da dolaylı olarak başak uzunluğunun artması neticesinde başaktaki tane miktarının artma ihtimali söz konusudur. Buna bilgiye bağlı olarak en uzun başak uzunluğunda (14,6 cm) maksimum tane verimi (586,7 kg da<sup>-1</sup>) elde edildiği görülmüştür. Başak uzunluğunda artışlar ve azalmalar meydana geldiği ancak en uzun başak uzunluğunun 12 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozunda olduğu ölçülmüştür.

Metre karedeki başak sayısına ait çizelge yorumlandığında, artan dozlarda uygulanan fosfor değişkenin istatistiksel bakımdan önemsiz olduğu ayrıca ortalamalar arasında farkların olduğunun ve bu farkların artış ve azalış olmak üzere dalgalanmalardan meydana geldiği tespit edilmiştir. Sonuçlara göre, 16 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozunda en yüksek metre karedeki başak sayısı (404 adet), 4 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozunda ise en düşük metre karedeki başak sayısı (316 adet) elde edilmiştir.

Çizelge 5'de tanede kül, yağ, lif, protein ve nişasta oranına ait kalite parametre değeri verilmiştir. Çizelge 5'deki kül oranı değerlerine bakıldığında, en yüksek kül oranına 16 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozunda %0,48 ile elde edilirken en az kül oranına ise kontrol dozundan (%0,17) ölçülmüştür. Tanedeki kül oranına ait değişimler, içerdiği mineral madde ile alalkalidir. Buna bağlı olarak kül oranındaki artışlar Mg, Ca, Mn, Cu, gibi günümüzde eksikliği hissedilen iz elementlerinin elde edilmesi açısından olumlu olarak nitelendirilebilir. Bu nedenle Ege Yıldızı tritikale çeşidinin 16 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozunda kül oranında pozitif farklılıklara sebep olduğu söylenebilir.

Tanede yağ oranı değerleri incelendiğinde, bölge iklim şartlarına uygun Ege Yıldızı tritikale çeşidinde karşılaştırıldığında 16 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozunda en yüksek yağ oranı seviyesi %2,82 olarak belirlenmiştir. En düşük yağ oranı değeri ise kontrol parsellerinde %2,31 olduğu tespit edilmiştir.

Tanede yağ oranı özelliğine benzer bir şekilde, tanede lif oranına ait değerleri incelendiğinde, en yüksek lif oranı 16 kg da<sup>-1</sup> fosfor dozunda (3,63) olduğu görülmektedir buna karşılık en düşük lif oranı ise başlangıç seviyesinde (%2,93) ölçülmüştür. Ereku vd. (2016), ekmeleklik buğdayda farklı çevre koşulları ve değişik bazı uygulamaların kalite parametrelerini etkilediğini ve özellikle buğdayda kuru madde miktarını ve tane verimini önemli ölçüde arttırdığını bildirmiştir.

Çizelge 5 incelendiğinde Ege Yıldızı tritikale çeşidinde fosfor dozları arasındaki etki; tanede protein oranı bakımından düşük olduğu ve dalgalanmaların görüldüğü bildirilmiştir. Ayrıca artan gübre dozları arasında ki dalgalanmaların yaklaşık olarak birbirine paralel olduğu tespit edilmiştir. Neredeyse tüm fosfor gübre dozlarında protein oranı yüksek seviyelerde olmasına rağmen en yüksek protein oranı değeri 4 kg da<sup>-1</sup> fosfor gübre dozunda %15,1 ölçülmüştür. En düşük değer ise diğer kalite parametrelerinde olduğu gibi kontrol dozunda %13,2 tespit edildi. Elde edilen sonuçlar Öncan Sümer & Erten (2022) ile paralellik içindedir.



Ege Yıldızı tritikale çeşidinde en yüksek nişasta oranı %69,4 ile 8kg da<sup>-1</sup> fosfor gübre dozundan, en düşük nişasta oranı ise 4 kg da<sup>-1</sup> fosfor gübre uygulaması sonucunda %63,6 olarak bulunmuştur.

Çalışmamızda ölçülen protein ve nişasta oranı değerleri birlikte yorumlandığında; Ege Yıldızı tritikale çeşidi en yüksek protein oranı değerini 4 kg da<sup>-1</sup> fosfor gübre dozunda verirken, en düşük nişasta oranı değerini de aynı seviyede gübre uygulamasında göstermiştir. Bulunan bu sonuç; tahıl tanelerinde protein oranı ile nişasta oranı arasında ters ilişki bulunduğunu bildiren çalışmalar ile (Sarı vd., 2012; Çotaoğlu & Koca, 2020) paralellik göstermektedir.

## ÖNERİLER

Akdeniz ikliminin hâkim olduğu Aydın ilinde Ege Yıldızı tritikale çeşidine farklı fosfor dozlarının etkileri aşağıda verilmiştir.

- Tane verimi sonuçları değerlendirildiğinde, Ege Yıldızı tritikale çeşidi için en uygun gübre dozu olan 12 kg da<sup>-1</sup> olarak belirlendi.
- Benzer şekilde söz konusu gübreleme ile maksimum bin dane ağırlığı, başakta tane sayısı ve başak uzunluğu değerlerine de ulaşılmıştır.
- Bitki boyu parametresi değerlendirildiğinde, Ege Yıldızı tritikale çeşidinde uygulanan 8 kg da<sup>-1</sup> fosfor gübre dozunda en yüksek bitki boyu değeri 151,2 cm olduğu tespit edilmiştir.
- En yüksek metre karedeki başak sayısı ve tanede kül, lif ve yağ oranları değerlerinin de 16 kg da<sup>-1</sup> fosfordan elde edileceği belirlendi.
- Değişen fosfor dozlarında protein ve nişasta oranları arasında da zıt yönlü bir hareket söz konusu olmuştur. Artan fosfor dozları protein oranını yavaş ve dalgalanmalı bir şekilde azaltırken nişasta oranını artırmıştır.

Tüm bu bilgiler ışığında, gübre uygulama maliyeti ve tanenin değerlendirilme amacına göre dekara 12 kg veya 16 kg fosfor önerilebilir. Çalışmanın ikinci yılının yapılması ya da farklı bölgelerde tekrar kurulması daha net sonuçlara sebep olacaktır.

## TEŞEKKÜR

Çalışma ilk isimli yazarın yüksek lisans tezinden esinlenilmiştir. Buna ek olarak, ADUBAP ZRF-21012 numaralı proje ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Ayrancı, R., B. Sade & S. Soylu, 2017. Ekmeklik buğday genotiplerinin verim ve fenolojik özelliklerinin tane doldurma dönemindeki kuraklık stresine tepkileri. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 26 (Özel sayı): 112-118.
- Çelebi, R., 2006. Farklı Azot ve Fosfor Dozlarının TTM-815 Melez Mısır Çeşidinin Hasıl Verimi ve Yem Değerine Etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Van, 37 s.
- Çotaoğlu, A. & Y.O. Koca, 2020. Farklı potasyum dozlarının yulaf çeşitlerinde verim, verim öğeleri ve bazı tane kalite özellikleri ile yağ asitleri dağılımı üzerine etkisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi; 57 (4): 537-544.
- Ereku, O., A. Yiğit, Y.O. Koca, F. Ellmer & K. Weiß, 2016. Bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinin kalite potansiyelleri ve beslenme fizyolojisi açısından önemi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 25 (Özel sayı 1): 31-36.
- Fageria, N.K. & V.C. Baligar, 1999. Phosphorus use efficiency in wheat genotypes. Journal of Plant Nutrition, 22 (2): 331-340.

- Gislum, R., E. Micklander & J.P. Nielsen, 2004. Quantification of nitrogen concentration in perennial ryegrass and red fescue using near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) and chemometrics. *Field Crops Research*, 88: 269-277.
- Helvacı, D., 2006. Farklı Dozlarda Fosfor Uygulamasının Triticale Genotiplerine Etkisinin Belirlenmesi. Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 45 s.
- Kacar, B. & A.V. Katkat, 2009, Gübreler ve Gübreleme Tekniği, Nobel Yayınları, No:1119, Ankara, 576 s.
- Kaptan, M.A., Y.O. Koca & Ö. Canavar, 2017. Effect of N-P-K fertilization on mineral content and fatty acid compounds of corn seed. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14 (2): 19-22.
- Kara, B., 2010. Influence of late-season nitrogen application on grain yield, nitrogen use efficiency and protein content of wheat under Isparta ecological conditions. *Turkish Journal of Field Crops*, 15 (1): 1-6.
- Mengel, K. & E.A. Kirkby, 2001. Principles of Plant Nutrition. 5th Edition, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 875 pp.
- Müntzing, A., 1979. Triticale: Results And Problems. Verlag Paul Parey, Berlin and Hamburg, 101 pp.
- Öktem, A. & A.C. Ülger, 1998. Harran ovası koşullarında 10 mısır (*Zea mays* L.) genotipinin fosfor kullanımının belirlenmesi. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 (4): 71-80.
- Öncan Sümer, F. & H. Erten, 2022. Farklı fosfor dozlarının baklada (*Vicia faba* L.) Verim ve verim komponentleri ile protein oranı üzerine etkisi. *ADÜ Ziraat Dergisi*, 19 (1): 103-109.
- Özbek, H., Z. Kaya, M. Gök & H. Kaptan, 1993. Toprak Bilimi. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ders Kitapları, Genel Yayın No: 73, 816 s.
- Öztürk, L., 2001. Fosfor Eksikliğine Dayanıklı Buğday Genotiplerinin Belirlenmesi ve Etkinlik Mekanizmalarının Morfolojik ve Fizyolojik Açından Karakterize Edilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Doktora Tezi, Adana, 144 s.
- Rahim, A., A.M. Ranjha & E.A. Waraich, 2010. Effect of phosphorus application and irrigation scheduling on wheat yield and phosphorus use efficiency. *Soil and Environment*, 29: 15-22.
- Sarı, N., A. İmamoğlu & Ö. Yıldız, 2012. Menemen ekolojik koşullarında bazı ümitvar yulaf hatlarının verim ve kalite özellikleri. *ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 22 (1): 18-32.
- Taşyürek, T., 2001. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müd. APK Dairesi Başkanlığı Toprak ve Su kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü Yayın No:117, Ankara, 615 s.
- Varughese, G., W.H. Pfeiffer & R.J. Pena, 1996. Triticale: a successful alternative crop (Part 1&2). *Cereal Foods World*, 41: 474-496.
- Wasonga, C.J., D.O. Sigunga & A.O. Musandu, 2008. Phosphorus requirements by maize varieties in different soil types of western Kenya. *African Crop Science Journal*, 16 (2): 161-173.
- Xin-Kai, Z., L. Chun-Yan, J. Zong-Qing, H. Lian-Lian, F. Chao-Nian, G. WenShan & P. Yong-Xin, 2012. Responses of phosphorus use efficiency, grain yield, and quality to phosphorus application amount of weak gluten wheat. *Journal of Integrative Agriculture*, 11 (7): 1103-1110.





## Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (1):111-123  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1180141>

Deniz SARICA<sup>1</sup>

Grace Dikun MICHAEL<sup>1</sup>

İlyas OMAR<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü,  
32200, Çünür, Isparta, Türkiye

\* Sorumlu yazar (Corresponding author):  
denizsarica@isparta.edu.tr

# Üniversite öğrencilerinin organik gıda tüketim davranışlarını etkileyen faktörlerin ekonometrik analizi: Isparta ili örneği

Econometric analysis of factors affecting organic food consumption behaviors of university students: a case study of Isparta

Received (Alınış): 26.09.2022

Accepted (Kabul Tarihi): 05.01.2023

## ÖZ

**Amaç:** Bu çalışmada, Süleyman Demirel Üniversitesi ve Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversite'nde okuyan öğrencilerinin organik gıda tüketimini etkileyen faktörleri belirlemek amaçlanmıştır.

**Materyal ve Yöntem:** Bu amaç doğrultusunda, anket yoluyla yüz yüze görüşülerek toplanan demografik ve bilişsel faktörlere ilişkin birincil verilerle Lojistik regresyon modeli tahmin edilmektedir. Bu faktörler cinsiyet, gelir seviyesi, bilgi düzeyi, çevresel kaygı, fiyat etkisi, sağlık bilinci ve ulaşılabilirliktir. Anket, Isparta ilinde Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi veya Süleyman Demirel Üniversitesi'nde okuyan 384 üniversite öğrencisi ile gerçekleştirilmiştir.

**Araştırma Bulguları:** Bu çalışmada, tüketicilerin %40.88'inin kadın, %59.11'inin ise erkek olduğu ve yaş ortalamalarının 22 olduğu saptanmıştır. Katılımcıların %85.68'inin organik gıda tükettiği belirlenmiştir. Ayrıca, organik gıda tüketimini etkileyen faktörler arasında cinsiyet faktörünün, bilgi düzeyinin ve organik gıdaya ulaşılabilirliğinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir.

**Sonuç:** Araştırma sonuçlarına göre, tüketicilerin organik gıdaları tüketmesinde yüksek bilgi düzeyinin ve cinsiyetin önemli olduğu görülmüştür.

## ABSTRACT

**Objective:** This study aimed to determine the factors influencing the organic food consumption of students studying at Süleyman Demirel University and Isparta University of Applied Sciences.

**Material and Methods:** For this aim, a logistic regression model was estimated using primary data on demographic and cognitive factors collected through face-to-face interviews via a questionnaire. Gender, income level, knowledge level, environmental concern, price effect, health awareness, and accessibility were among these factors. The survey included 384 university students from Isparta University of Applied Sciences and Süleyman Demirel University.

**Results:** According to the study, 40.88% of the consumers were female, and 59.11% were male, with an average age of 22. It was discovered that 85.68% of participants consumed organic food. In addition, it was determined that the gender, level of knowledge, and accessibility to organic food were statistically significant among the factors affecting organic food consumption.

**Conclusion:** According to the results of the research, it was concluded that gender and a high level of knowledge are important for the consumption of organic food by consumers.

**Anahtar sözcükler:** Bilgi düzeyi, çevresel kaygı, logistik regresyon, sağlık bilinci, tüketici tutumu, ulaşılabilirlik

**Keywords:** Knowledge level, environmental concern, logistic regression, health awareness, consumer attitude, accessibility

## GİRİŞ

Dünyada nüfus artışı ile ortaya çıkan ihtiyaçları karşılayabilmek amacıyla tarımsal üretimde karı ve verimliliği artırmak oldukça önem kazanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, tarımsal üretimde kimyasal gübre, hormon ve ilaç kullanımı giderek yaygınlaşmıştır. Ancak katkı maddelerinin aşırı kullanımı zaman içinde insan sağlığı ve çevre kirliliği bakımından tehlikeli bir hal almıştır. Bunun sonucunda, daha çevre dostu üretim yöntemleri arayışına girilmiş ve böylelikle organik tarım metodu ortaya çıkmıştır (Turan & Demircan, 2021).

Organik tarım kavramı ilk kez 1910 yılında İngiltere’de ortaya çıkmıştır, ancak ilk uluslararası yapılanma 1972 yılında Almanya’da Uluslararası Organik Tarım Hareketleri Federasyonu (IFOAM)’nun kurulması ile gerçekleşmiştir (Kadirhanogulları vd., 2022). Organik tarımın tanımı, Haziran 2008’de İtalya, Vignola’daki IFOAM Genel Kurulu tarafından onaylanan Türkçe çevirisine göre;

“Ekolojik tarım; toprak, ekosistem ve insan sağlığını devam ettiren, sağlıklı olmasını sağlayan bir üretim sistemidir. Sistem, olumsuz etkisi olan girdilerin kullanımı yerine ekolojik işleme süreçler, biyolojik çeşitlilik ve yerel koşullara uyum sağlamış döngülere dayanır. Ekolojik tarım, içinde bulunduğumuz çevreye fayda sağlamak, adil ilişkiyi ve tüm ilgili taraflar için iyi bir yaşam kalitesini yaygınlaştırmak adına gelenek, yeni buluşlar ve bilimi bir araya getirir.” şeklindedir (IFOAM, 2022a).

Özellikle 1980’li yıllardan sonra tüketicilerin artan talebiyle aile tarımı konumundan çıkıp ticari bir boyut kazanan organik tarım, başta Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa Birliği ülkeleri olmak üzere birçok ülkede uygulamaya başlanmıştır (Demiryürek, 2011). Dünya geneli için organik tarım ile ilgili güncel temel göstergeler Çizelge 1’de sunulmuştur. IFOAM (2022b)’a göre, 2020 yılında dünyada 190 ülkede, 74.9 milyon ha alanda organik tarım yapılmaktadır. Bu değer 1999 yılında yalnızca 11 milyon ha iken 2020 yılına gelindiğinde yaklaşık 7 kat artış göstermiştir. 2020 yılı itibarıyla, organik tarım alanlarının toplam tarım alanları içerisindeki payı yalnızca %1.6’dır. Organik tarım arazilerinin en çok bulunduğu ülkeler sırasıyla Avustralya (35.7 milyon ha), Arjantin (4.5 milyon ha) ve Uruguay (2.7 milyon ha)’dır. Dünya genelinde organik tarım üretici sayısı ise 3.4 milyondur. Organik tarım üreticilerinin büyük bir kısmını da sırasıyla Hindistan (1.6 milyon), Etiyopya (220 bin) ve Tanzanya (149 bin) oluşturmaktadır. Kişi başına tüketim ise dünya genelinde 15.8 Euro’dur. Dünya geneline bakıldığında oldukça küçük bir pay olan bu değer gelişmiş ülkelerde hayli yüksek olduğu görülmektedir. Kişi başına tüketimde ilk üçte yer alan ülkeler İsviçre (418 Euro), Danimarka (384 Euro), ve Lüksemburg (285 Euro)’ tur.

**Çizelge 1.** Organik tarım ile ilgili temel göstergeler

**Table 1.** Fundamental indicators related to organic agriculture

Göstergeler	Dünya	Önde gelen ülkeler
<b>Organik tarım sertifikasına sahip ülkeler</b>	2020: 190 ülke	
<b>Organik tarım arazisi</b>	2020: 74.9 milyon ha (1999: 11 milyon ha)	Avustralya (35.7 milyon ha) Arjantin (4.5 milyon ha) Uruguay (2.7 milyon ha)
<b>Organik tarım arazilerinin toplam tarım arazisi içindeki payı</b>	2020: %1.6	Lihtenştayn (%41.6) Avusturya (%26.5) Estonya (%22.4)
<b>Üreticiler</b>	2020: 3.4 milyon üretici (1999: 200 bin üretici)	Hindistan (1599010) Etiyopya (219566) Tanzanya (148607)
<b>Organik pazar büyüklüğü</b>	2020: 120.6 milyar Euro (2000: 15.1 milyar Euro)	Amerika Birleşik Devletleri (49.5 milyar Euro) Almanya (15 milyar Euro) Fransa (12.7 milyar Euro)
<b>Kişi başına tüketim</b>	2020: 15.8 Euro	İsviçre (418 Euro) Danimarka (384 Euro) Lüksemburg (285 Euro)
<b>Organik yönetmeliği olan ülke sayısı</b>	2020: 76 ülke	

Kaynak: IFOAM, 2022b.

Source: IFOAM, 2022b.

Türkiye’de ise organik tarım uygulamaları 1985 yılında ithalatçı ülkelerin talebi doğrultusunda az sayıda üretici tarafından organik İzmir üzümü (sultani) yetiştiriciliği ile başlamış, zamanla incir ve kayısı gibi farklı ürünlere yönelerek genişlemiş ve ticari bir boyut kazanmıştır (Karabaş & Gürler, 2012; Turan & Demircan, 2021). Günümüzde Türkiye’de yetiştirilen başlıca organik ürünler; tahıllar, kurutulmuş meyveler, taze veya işlenmiş sebze ve meyveler, baklagiller, fındık, baharatlar, aromatik bitkiler, çay ve bitkisel çaylar, yumurta, endüstri bitkileri ve çeşitli işlenmiş ürünlerdir. Ayrıca, işlenmiş ürünlerin bazıları, zeytinyağı, bal, süt, dondurulmuş sebze ve meyveler ile konsantre meyve sularıdır (Turan & Demircan, 2021).

**Çizelge 2.** Türkiye’de organik tarım bitkisel üretim verileri

**Table 2.** Organic agriculture plant production data in Türkiye

Yıllar	Üretim Yapılan Alan (ha)	İndeks (2002=100)	Üretim Miktarı (Ton)	İndeks (2002=100)	Çiftçi Sayısı	Ürün Sayısı
2002	89827	100	310125	100	12428	150
2007	174283	194	568128	183	16276	201
2012	702909	782	1750127	564	54635	204
2017	543033	604	2406606	776	75067	214
2018	626885	698	2371612	765	79563	213
2019	545870	608	2030465	655	74547	213
2020	233707	260	1123409	362	52590	235
2021	216863	241	1101236	355	48244	267

Kaynak: TOB, 2022.

Source: TOB, 2022.

Türkiye’de organik tarım bitkisel üretim verileri Çizelge 2’de gösterilmiştir. Tarım ve Orman Bakanlığı’ndan elde edilen veriler göre, 2002 yılında toplam üretim alanı 89827 ha iken 2021 yılında yaklaşık 2.5 kat artarak 216863 ha alana ulaşmıştır. Benzer bir şekilde bitkisel üretim miktarı 2002 yılında 310125 ton iken 2021 yılında 3.5 kat artarak 1101236 tona yükselmiştir. Türkiye’de organik tarım yapan çiftçi sayısı 2002-2021 dönemi içerisinde 12248’den 48244 çiftçiye yükselmiştir. Aynı dönemde organik üretici sayısı ise 1.8 kat artarak 150’den 267’ye yükselmiştir (TOB, 2022).

Bu araştırma, Süleyman Demirel Üniversitesi ve Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi’nde okuyan öğrencilerin organik gıda tüketimini etkileyen faktörleri belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda çalışmaya katılan öğrencilerin demografik özellikleri ile birlikte, bilgi düzeyi, çevresel kaygı, sağlık bilinci, gelir seviyesi, organik ürünlerin fiyatı ve organik gıdaya ulaşılabilirlik faktörlerinin öğrencilerin organik gıda tüketimini ne yönde etkilediği incelenmiştir. Bahsi geçen bu faktörlerin etkisini incelemek için lojistik regresyon analizi kullanılmıştır. Dolayısıyla bu çalışma, üreticiler, tüketiciler, araştırmacılar ve politika yapımcılar için bir referans sunmayı amaçlamaktadır.

## MATERYAL VE METOT

### Veri

Bu çalışma Isparta ilinde okuyan Isparta Uygulama Bilimler Üniversitesi ve Süleyman Demirel Üniversitesi öğrencilerinin organik ürün tüketimini etkileyen faktörleri tespit etmeyi amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda araştırmanın ana materyalini, örnekleme yöntemiyle seçilen 384 üniversite öğrencisi ile yüz yüze görüşerek yapılan anket çalışması sonucunda elde edilen veriler oluşturmaktadır. Ayrıca organik ürün tüketimi ve tüketici davranışları ile ilgili geçmişte yapılmış çeşitli yerli ve yabancı araştırma sonuçlarından, raporlardan, tezlerden ve ulusal ve uluslararası araştırma kuruluşlarından elde edilen mevcut istatistikî verilerden yararlanılmıştır.

Araştırma için hazırlanan anket soruları, daha önce benzer amaçlarla yapılmış çalışmalardan faydalanılarak araştırmanın amacına uygun bir şekilde düzenlenmiştir. Analize dâhil edilecek olan değişkenlerin seçiminde uluslararası literatürde yer alan benzer konuda yapılmış çeşitli kaynaklardan

yararlanılmıştır. Faydalanılan bu kaynaklar Çizelge 3’de ayrıntılı bir şekilde sunulmuştur. Belirlenen değişkenler şu şekildedir; cinsiyet (C), gelir seviyesi (GS), bilgi düzeyi (BD), çevresel kaygı (ÇK), fiyat etkisi (FE), sağlık bilinci (SB) ve ulaşılabilirlik (U)’tir. Anket uygulaması 2022 yılı Şubat, Mart ve Nisan aylarında gerçekleştirilmiştir.

Ankette katılımcılara bireysel özellikler dışında yöneltilen ifadeler Likert tipi bir ölçekle uygun etiketler kullanılarak ölçülmüştür. Likert tipi ölçek, sosyal bilimlerde tutumları ölçmek için en yaygın kullanılan araştırma yöntemidir. Katılımcılardan, açıklayıcı bir ifadeye ne kadar katıldıklarını belirtmeleri istenir. Beş puanlık bir sistemde her bir ölçek, katılma düzeyine göre etiketlenebilir: 1: kesinlikle katılıyorum, 2: katılıyorum, 3: kararsızım, 4: katılmıyorum, 5: kesinlikle katılmıyorum. Ölçek etiketleri, neyin ölçüldüğüne bağlı olarak farklı şekillerde ifade edilebilir (Yin et al., 2014).

**Çizelge 3.** Ankete dâhil edilen değişkenler ve bunların ölçüm ifadeleri

**Table 3.** Variables included in the questionnaire and their measurement expressions

Değişken	İfade Sayısı	İfade	İfade Kaynağı
Cinsiyet (C)	1	Cinsiyetiniz: Kadın, Erkek.	Hansen et al. (2018)
Gelir seviyesi (GS)	1	Aylık ortalama geliriniz ne kadardır? (Bir ay içerisinde hanenize giren toplam miktar)	Yazdanpanah & Forouzani (2015)
Bilgi düzeyi (BD)	3	Gıdanın organik veya organik olmadığını biliyorum. Organik ürünlerin üretim sürecini biliyorum. Organik gıdaları yemenin daha güvenli olduğunu biliyorum.	Singh & Verma (2017)
Çevresel kaygı (ÇK)	4	Doğanın dengesi çok hassastır ve kolayca bozulabilir. İnsanlar çevreyi ciddi şekilde kötüye kullanıyor. İnsanlar hayatta kalabilmek için doğa ile bir denge kuralıdır. İnsanların doğaya müdahaleleri genellikle feci sonuçlar doğurur.	Roberts & Bacon (1997)
Fiyat etkisi (FE)	2	Organik gıdalar pahalıdır. Organik gıdanın fiyatı faydalarına kıyasla uygundur. Sağlıklı olmak için yiyecekleri özenle seçerim. Kendimi sağlık bilincine sahip bir tüketici olarak görmüyorum.	Singh & Verma (2017)
Sağlık bilinci (SB)	6	Sık sık sağlıkla ilgili konular hakkında düşünürüm. Günlük olarak tükettiğim besinlerdeki besin türü ve miktarı konusunda endişeliyim. Organik gıda sağlığa iyi gelir. Gerekirse tüketimimi azaltmaya razıyım ve mümkün olduğunca sağlıklı yemeye hazırım.	Tarkiainen & Sundqvist (2005); Singh & Verma (2017)
Ulaşılabilirlik (U)	2	Organik ürünler piyasadan kolayca elde edilebilir. İnternette organik ürün satın alabilirim.	Singh & Verma (2017)

Anket uygulanacak örnek sayısının belirlenmesinde literatürdeki benzer çalışmalar incelenmiş ve aşağıda belirtilen “ana kitle oranlarına dayalı kümelendirilmemiş tek aşamalı basit tesadüfi olasılık örnekleme” yöntemi kullanılmıştır (Collins, 1986).

$$(1) \quad N = t^2 \frac{p \cdot q}{e^2}$$

Formülde;

N: Örnek hacmi

t: %95 önem düzeyine karşılık gelen tablo değeri (1.96)

p: Söz konusu olayın meydana gelme olasılığı (bu çalışmada üniversite öğrencilerinin organik gıda tüketim oranı bilinmediği için en yüksek örnek hacmine ulaşmak adına bu değer 0.50 olarak alınmıştır)

q: Söz konusu olayın meydana gelmeme olasılığı (q=1-p) (0.50)

e: Örneklemede kabul edilen hata payı (%5)

Bu bilgiler ışığında, Eşitlik 1. deki formülden yararlanılarak örnek sayısı 384 olarak hesaplanmıştır ve katılımcılar tesadüfen seçilmiştir.

### **Ekonometrik model kurulumu**

Literatür taraması doğrultusunda, aşağıdaki hipotezler kurulmuştur.

H1: Tüketicilerin cinsiyeti onların organik gıda tüketim eğilimlerini anlamlı bir şekilde etkilemektedir.

Literatür taraması sonucunda çeşitli çalışmalar cinsiyet farklılığının organik gıda tüketimini etkilediğini göstermektedir. Irianto (2015), Radman (2005), Padel & Foster (2005) ve Van Loo et al. (2011) çalışmalarında kadınların erkeklere kıyasla organik gıda tüketimine daha olumlu baktıklarını belirtmiştir. Çalışmaların çoğu kadınların erkeklere nazaran daha çok organik gıda tükettiklerini savunsa da, Tsakiridou et al. (2008) cinsiyet farklılığı ile organik gıda tüketimi arasında anlamlı bir ilişki olmadığını ifade etmiştir. Bu çalışmada cinsiyet faktörünün tüketicilerin organik gıda tüketim eğilimlerini anlamlı bir şekilde etkileyeceği düşünülmektedir.

H2: Tüketicilerin gelir seviyesi onların organik gıda tüketim eğilimlerini pozitif ve anlamlı etkilemektedir.

Daha önceki çalışmalardan (Kenanoğlu & Karahan, 2002; Nie & Zepeda, 2011; Durnortier et al., 2017; Nandi et al., 2017; Janssen, 2018) esinlenerek oluşturulan bu hipoteze göre, yüksek gelir seviyesine sahip olan bireylerin organik gıdayı daha fazla tüketmesi beklenmektedir. Surret (2016)'e göre, tüketicilerin ortalama gelirinin düşük olması organik gıdaları karşılayabilmesinin önüne geçmektedir. Bu durum organik gıda tüketimini doğrudan olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Bu çalışmada, H2 hipotezi tüketicilerin gelir seviyelerinin organik gıda tüketimlerini ne ölçüde etkileyebileceğini tahmin etmek için önerilmiştir.

H3: Tüketicilerin organik gıdaya yönelik bilgi düzeyleri onların organik gıda tüketim eğilimlerini pozitif ve anlamlı etkilemektedir.

Organik gıdaya yönelik bilgi düzeyinin tüketicilerin organik gıda tüketimini etkileyen bir unsur olduğu düşünülmektedir. Nguyen (2011) çalışmasında, organik gıdanın faydalarının ve özelliklerinin bilinmesi tüketicilerde organik gıdaya karşı bir güven oluşturduğunu ve sahip oldukları bilgilerin tüketicileri kalite kıyaslamasında daha iyi bir hale getirdiğini ifade etmektedir. Bu durumun tüketicilerin organik gıda tüketme kararlarını olumlu yönde etkilediği varsayılmaktadır. Literatürde çeşitli ampirik çalışmalar bilgi düzeyinin organik gıda tüketimine etkisini geniş çapta incelemiştir (Botonaki et al., 2006; Gonzalez, 2009; Smith & Paladino, 2010; Lillywhite et al., 2013; Xie, 2015; Bryta, 2018).

H4: Tüketicilerin çevresel kaygısı onların organik gıda tüketim eğilimlerini pozitif ve anlamlı etkilemektedir.

Çevresel kaygının organik gıda tüketimini olumlu yönde etkilediğine dair literatürde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Magnusson et al., 2001; Vindigni et al., 2002; de Magistris & Gracia, 2008; Teng & Wang, 2015; Shin et al., 2018). Çevre kaygısına sahip olan tüketicilerin organik gıdanın çevre dostu olması nedeniyle çevreye daha az zararı olduğu yönünde bir algıya sahiptir. Bu hipotezle çevre kaygısı daha yüksek olan tüketicilerin daha fazla organik gıda tüketme eğiliminde oldukları varsayılmaktadır.

H5: Organik gıda fiyatları tüketicilerin organik gıda tüketim eğilimlerini negatif ve anlamlı etkilemektedir.

Organik gıda fiyatlarının tüketicilerin tüketim tercihlerini etkileyen faktörlerden biri olabileceği varsayılmaktadır. Organik gıda için ödenen paranın artması sonucunda tüketicinin organik gıda tüketimini olumsuz yönde etkilemesi beklenmektedir. Bu konuda yapılan birçok çalışma (Lea & Worsley 2005; Zakowska-Biemans, 2011; Pomsanam et al., 2014; Bryta, 2016) yüksek fiyatın organik gıda tüketimi üzerindeki olumsuz etkisini doğrulamaktadır.

H6: Tüketicilerin sağlık bilinci onların organik gıda tüketim eğilimlerini pozitif ve anlamlı etkilemektedir.



Sağlık bilinci yüksek olan tüketiciler besleyici, yüksek kaliteli ve sağlıklı gıdaları tüketmeyi tercih etmektedirler. Bu durum bahsi geçen özellikleri taşıdığı ve doğal olarak yetiştirildiği düşüncesiyle tüketicileri organik gıdaya yönlendirmektedir (Davies et al., 1995). Fotopoulos & Krystallis (2002), Shaharudin et al. (2010), Pomsanam et al. (2014), Shin et al. (2018), Pham et al. (2018) ve Hansen et al. (2018) gibi birçok çalışma sağlık bilincinin tüketicilerin organik gıda tüketimi üzerindeki etkisini ölçmektedir. Bu hipotezde tüketicilerin sağlık bilinci arttıkça organik gıda tüketme eğilimlerinin artacağı varsayılmaktadır.

H7: Organik gıdaya ulaşılabilirlik tüketicilerin organik gıda tüketim eğilimlerini pozitif ve anlamlı etkilemektedir.

Son olarak literatürdeki bazı ampirik çalışmalar (Dettmann & Dimitri, 2009; Zakowska-Biemans, 2011; Henryks et al., 2014; Vega-Zamora et al., 2014; Pomsanam et al., 2014) organik gıdaya ulaşılabilirliğin organik gıda tüketimi ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu ilişkinin pozitif yönlü olması beklenmektedir. Organik gıda tüketiminin gerçekleşebilmesi için organik gıdaların ulaşılabilir olması gerekmektedir. H7 hipotezi ile organik gıdaya ulaşılabilirliğin kolaylaşmasına bağlı olarak organik gıda tüketiminin de artacağı öngörülmektedir.

### Metot

Çalışmada Isparta ilinde eğitim gören üniversite öğrencilerinin organik gıda tüketimini etkileyen faktörleri analiz etmek için Lojistik regresyon modeli kullanılmıştır.

Model, özellikle iki kategorili bağımlı değişken için tasarlanmış doğrusal olmayan bir regresyon modelidir. Lojistik olasılık fonksiyonuna dayalı Logit ekonometrik model aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Gujarati, 1995):

$$(2) \quad Prob(Y_i = 1) = P_i = F(Z_i) = F(\alpha + \beta X_i) = \frac{1}{(1 + e^{-Z_i})} = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \beta X_i)}}$$

$$(3) \quad Prob(Y_i = 0) = 1 - P_i = \frac{1}{1 + e^{(\alpha + \beta X_i)}}$$

burada F kümülatif olasılık fonksiyonudur, e üstel sabittir,  $\alpha$  sabit katsayıdır,  $\beta$  her açıklayıcı değişken için tahmin edilecek parametredir ve  $X_i$  ise i'ninci bağımsız değişkeni ifade eder.

(2) ve (3) sayılı denklemlerinden,

$$(4) \quad \frac{Prob(Y_i=1)}{Prob(Y_i=0)} = \frac{P_i}{1-P_i} = e^{Z_i}$$

Denklem (4)'ün her iki tarafının doğal logaritması alınarak aşağıdaki denklem elde edilir.

$$(5) \quad L_i = \ln \left[ \frac{P_i}{(1-P_i)} \right] = Z_i = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon_i$$

Modelde bağımlı değişkeni, belirli bir seçeneği tercih etmenin, etmemeye olan oranının doğal logaritmik değeri olarak ifade edilmiştir. Öğrenciler organik gıda tüketiyorsa  $y = 1$ , aksi takdirde  $y = 0$  olduğu varsayılmıştır. Bağımsız değişkenler ise iktisat teorisi ve literatür taramasından elde edilen bilgiler ışığında belirlenmiştir. Böylece cinsiyet (C), gelir seviyesi (GS), bilgi düzeyi (BD), çevresel kaygı (ÇK), fiyat etkisi (FE), sağlık bilinci (SB) ve ulaşılabilirlik (U) bağımsız değişkenler olmasına karar verilmiştir.

$$(6) \quad OGT = \alpha + \beta_1 C + \beta_2 GS + \beta_3 BD + \beta_4 \text{ÇK} + \beta_5 FE + \beta_6 SB + \beta_7 U + \varepsilon_i$$

Logit regresyon modeli, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki doğrusallık varsayımına dayanmaması ve homoskedastisiteyi varsaymaması nedeniyle avantajlı bir regresyon modelidir. Araştırmada, yaklaşımın bu avantajlarından dolayı Logit regresyon tahmini kullanılmıştır. Ayrıca model, araştırmada tanımlanan veriler kullanılarak SPSS (2019) 26.0 programı aracılığıyla geliştirilmiş ve ampirik olarak test edilmiştir.

## ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

### Tanımlayıcı istatistikler

Araştırma kapsamında Isparta ilinde okuyan 384 üniversite öğrencisi ile yüz yüze yapılan görüşmelerden, modelde kullanılan değişkenler ile ilgili bilgiler dışında, görüşülen tüketicilerin sosyo-demografik özellikleri, organik ürün algısı ve tutumlarına dair bilgiler de elde edilmiştir.

Elde edilen bilgiler doğrultusunda araştırmaya katılan tüketicilerin %40.88'inin kadın, %59.12'sinin ise erkek olduğu ve yaş ortalamalarının 22 olduğu saptanmıştır (Çizelge 4'e bakınız). Avcı & Yıldız (2019)'ın yaptığı benzer bir çalışmada Gümüşhane ilinde ankete katılan bireylerin %42.60'ının kadın, %57.40'ının erkek olduğu tespit edilmiştir. Öğrencilerin eğitim aldıkları seviyeler incelendiğinde %15.89'unun ön lisans, %79.69'unun lisans, %3.60'ının yüksek lisans ve %0.78'inin doktora seviyesinde olduğu belirlenmiştir. Görüşme yapılan öğrencilerin yalnızca %6'sının evli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan görüşmelerde öğrencilerin %9.89'u hem çalışıp hem okuduklarını ifade etmişlerdir. Ankete katılan öğrencilerin gelir düzeylerine bakıldığında ise büyük çoğunluğunun (%37.50) 500-1000 TL aylık gelir grubunda, %31.25'inin 1001-2000 TL grubunda, %17.97'sinin 4000 TL ≤ grubunda, %7.55'inin 2001-3000 TL ve %5.73'ünün 3001-4000 TL grubunda yer aldığı belirlenmiştir. Bu durum katılımcıların yarısından fazlasının oldukça düşük bir gelir seviyesine sahip olduğunu göstermektedir.

Katılımcılara organik gıda tüketip tüketmedikleri sorulduğunda %85.68'i organik gıda tükettiklerini, %14.32'si ise tüketmediklerini belirtmişlerdir. Benzer bir şekilde, Çam & Karakaya (2018) Siirt ilinde yürüttükleri araştırmada tüketicilerin %84.30'unun organik ürün tükettiğini belirlemişlerdir. Çalışmada organik gıdaları tercih etme nedenleri sorulduğunda %81.30'u sağlıklı olması, %35.40'ı güvenilir olması, %27.30'u lezzetli olması, %24.52'si taze olması, %20.80'i çevre dostu olması, %12.20'si pestisit içermemesi ve %5.50'si yeni bir şey denemek istemesi olarak belirtilmiştir. İnan vd. (2021) çalışmalarında tüketicilerin organik gıdaları tercih etme nedenleri arasında, ürünlerin sağlıklı olması sebebiyle tercih edilmesi ilk sırada yer almaktadır. Bu durum araştırmamızın bulgularıyla örtüşmektedir. Son olarak, gıda satın alırken organik ürün sertifikası olup olmadığına dikkat eden öğrencilerin oranı %40.10 olarak belirlenmiştir. Geri kalan %59.90'ı ise organik ürün sertifikasına dikkat etmediklerini ifade etmiştir.

**Çizelge 4.** Örneklem kitlesinin tanımlayıcı istatistikleri

**Table 4.** Descriptive statistics of the sample population

Değişken	Grup	f	%
Cinsiyet	Kadın	157	40.88
	Erkek	227	59.12
Medeni Durum	Evli	23	6.00
	Bekâr	361	94.00
Yaş	17-20 Yaş	115	29.95
	21-24 Yaş	214	55.73
	25 Yaş ≤	55	14.32
Eğitim	Ön lisans	61	15.89
	Lisans	306	79.69
	Yüksek Lisans	14	3.64
	Doktora	3	0.78
Gelir Seviyesi	500-1000 TL	144	37.50
	1001-2000 TL	120	31.25
	2001-3000 TL	29	7.55
	3001-4000 TL	22	5.73
	4000 TL <	69	17.97
Çalışma Durumu	Evet	38	9.89
	Hayır	346	90.11
Organik gıda tüketiyor musunuz?	Evet	329	85.68
	Hayır	55	14.32

## Model tahmini

Daha önce bahsedildiği gibi, Isparta ilinde ikamet eden öğrencilerin organik gıda tüketimini etkileyen faktörleri analiz etmek için lojistik regresyon modeli kullanılmıştır. Verilerin işlenmesinin ardından, lojistik regresyon modelinin analiz sonuçları Çizelge 5'te verilmiştir. Uyum iyiliği ölçümleri, modelin verilere makul ölçüde iyi uyduğunu göstermektedir. Nagelkerke R Square 0.501 ve logit fonksiyonunun önemini ölçen 2 log-likelihood değeri 188.577'dir. Hosmer-Lemeshow test sonucu 4.206 (0.838)'dir. Ayrıca çalışmada, elde edilen verilerin güvenilir olup olmadığını belirlemek amacıyla Cronbach alfa güvenilirlik analiz testi uygulanmıştır. Cronbach alfa katsayısının 0.60 ile 0.80 arasında bir değer alması analizin güvenilir olduğunu göstermektedir (Özdamar, 1999). Analiz sonucunda elde edilen Cronbach alfa katsayısı 0.643 olarak tespit edilmiştir ve bu değer bize çalışmanın güvenilir olduğunu göstermektedir. Son olarak doğru sınıflama oranı %89'dur. Diğer bir değişle model vakaların %89'unun sonucunu doğru bir şekilde sınıflandırmıştır. Bu bilgiler, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken için iyi bir açıklama gücüne sahip olduğu anlamına gelmektedir. Ayrıca, lojistik regresyon katsayılarının değişimin büyüklüğünü yansıtmadığına da dikkat edilmelidir, yalnızca yönü yansıtmaktadır.

Elde edilen bulgulara göre, cinsiyet faktörü ve bilgi düzeyi değişkenleri istatistiksel olarak %1 düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Tüketicilerin organik gıdaya ulaşılabilirlik faktörü ise %5 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Öte yandan gelir düzeyi, çevresel kaygı, fiyat etkisi ve sağlık bilinci değişkenlerinin üniversite öğrencilerinin organik gıda tüketimi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Koyuncu vd. (2014)'nin Ege üniversitesi öğrencilerinin organik süt tüketme olasılığını etkileyen faktörleri ortaya koydukları çalışmanın bulgularının aksine bu çalışmada cinsiyet faktörünün tüketici davranışı üzerinde etkili olduğu bulunmuştur. Tahmin sonuçlarına göre, kadın öğrencilerin erkek öğrencilere kıyasla organik gıda tüketimine daha meyilli oldukları tespit edilmiştir. Elde edilen bu bulgu, Irianto (2015) ve Van Loo et al. (2011)'un kadınların erkeklere nazaran daha çok organik gıda tükettikleri savını ileri sürdükleri çalışmalarıyla da örtüşmektedir. Böylece kadınların beslenmelerine daha fazla özen gösterdikleri ve erkeklere kıyasla organik gıdalar ile ilgili daha bilinçli oldukları çıkarımı yapılabilir. Bir diğer anlamlı değişken olan bilgi düzeyine bakıldığında tüketicilerin bilgi düzeyleri artıkça organik gıda tüketiminin de arttığı görülmektedir. Bu sonuç, tüketicilerin organik gıdalar ile ilgili bilgi düzeyleri arttıktan sonra organik gıda satın alma olasılıklarının daha yüksek olduğunu bulan Napolitano et al. (2010) ile tutarlıdır. Ayrıca, Hamilton & Hekmat (2018) organik gıda tüketimini etkileyen faktörleri belirlemek amacıyla yaptıkları araştırmada, sahip olunan bilgi düzeyinin organik gıda tüketimi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu bularak bu çalışma ile benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Organik gıdaya ulaşılabilirlik faktörü incelendiğinde organik ürünlerin piyasadan kolayca elde edilebileceği düşüncesini ifade edenler aksini ifade edenlere kıyasla daha az organik gıda tüketimi gerçekleştirmektedirler. Singh & Verma (2017) tüketicilerin organik gıda ürünlerine yönelik tutumlarını etkileyen faktörleri inceledikleri çalışmalarında ise, organik gıdaya ulaşılabilirliğin organik gıda tüketimi üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. Benzer bir şekilde, Karabaş & Gürler (2012) Samsun il merkezinde yaptıkları çalışmada organik ürünlere ulaşabilme kolaylığının organik ürün tüketimini artırdığı sonucuna varmışlardır.

**Çizelge 5.** Lojistik regresyon sonuçları  
**Table 5.** Logistic regression results

Değişken	B	Wald	P-value
C	-1.834	9.947	.002***
G (1)	-.495	.579	.447
G (2)	.102	.019	.890
G (3)	-.656	.490	.484
G (4)	1.088	1.220	.269
BD1 (1)	2.474	1.875	.171
BD1 (2)	1.252	.676	.411
BD1 (3)	.980	.434	.510
BD1 (4)	2.424	1.988	.159
BD2 (1)	-5.161	14.887	.000***
BD2 (2)	-5.304	16.858	.000***
BD2 (3)	-4.100	11.070	.001***
BD2 (4)	-3.169	8.045	.005***
BD3 (1)	-8.546	13.359	.000***
BD3 (2)	-9.268	15.532	.000***
BD3 (3)	-7.505	9.498	.002***
BD3 (4)	-8.334	10.175	.001***
ÇK1 (1)	.026	.000	.990
ÇK1 (2)	.154	.005	.945
ÇK1 (3)	-.983	.165	.684
ÇK1 (4)	2.137	.672	.412
ÇK2 (1)	4.622	3.493	.062*
ÇK2 (2)	3.060	1.641	.200
ÇK2 (3)	6.103	5.234	.022**
ÇK2 (4)	3.796	1.591	.207
ÇK3 (1)	15.369	.000	1.000
ÇK3 (2)	15.614	.000	1.000
ÇK3 (3)	16.682	.000	.999
ÇK3 (4)	-30.165	.000	.999
ÇK4 (1)	-28.301	.000	.998
ÇK4 (2)	-28.104	.000	.998
ÇK4 (3)	-29.333	.000	.998
ÇK4 (4)	-50.422	.000	.997
F1 (1)	1.122	.140	.708
F1 (2)	1.292	.185	.667
F1 (3)	2.088	.436	.509
F1 (4)	-27.234	.000	.997
F2 (1)	-1.983	2.954	.086*
F2 (2)	-.064	.004	.952
F2 (3)	-.971	.904	.342
F2 (4)	.523	.250	.617
SB1 (1)	-3.435	3.655	.056*
SB1 (2)	-2.663	2.278	.131
SB1 (3)	-3.356	3.282	.070*
SB1 (4)	-5.296	5.997	.014**
SB2 (1)	2.438	1.916	.166
SB2 (2)	.613	.134	.715

**Çizelge 5.** Lojistik regresyon sonuçları (devamı)**Table 5.** Logistic regression results (continued)

Değişken	B	Wald	P-value
SB2 (3)	2.464	2.088	.148
SB2 (4)	2.918	2.846	.092*
SB3 (1)	-1.795	1.003	.316
SB3 (2)	-.997	.292	.589
SB3 (3)	-3.054	2.738	.098*
SB3 (4)	-1.662	.794	.373
SB4 (1)	3.268	1.377	.241
SB4 (2)	2.762	1.105	.293
SB4 (3)	2.276	.715	.398
SB4 (4)	4.107	2.234	.135
SB5 (1)	4.041	2.461	.117
SB5 (2)	5.595	4.361	.037**
SB5 (3)	5.730	4.694	.030**
SB5 (4)	3.079	.881	.348
SB6 (1)	-1.691	.639	.424
SB6 (2)	-1.212	.340	.560
SB6 (3)	-.739	.138	.711
SB6 (4)	.022	.000	.991
U1 (1)	4.488	4.514	.034**
U1 (2)	4.628	5.193	.023**
U1 (3)	4.914	5.973	.015**
U1 (4)	3.787	3.886	.049**
U2 (1)	1.164	1.105	.293
U2 (2)	-.176	.039	.843
U2 (3)	.166	.037	.848
U2 (4)	-.213	.064	.800
<b>Hosmer and Lemeshow Test</b>	4.206		.838
<b>-2 Log likelihood</b>	188.577		
<b>Nagelkerke R Square</b>	.502		
<b>Classification (%)</b>	89.00		

Kaynak: Yazarın kendi hesaplamaları

Source: Author's calculations

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Tarımsal üretimde karı ve verimliliği artırmak amacıyla, kimyasal gübre, hormon ve ilaç kullanımı giderek yaygınlaşmıştır. Ancak katkı maddelerinin aşırı kullanımı zaman içinde daha çevre dostu üretim yöntemlerinden biri olan organik tarımı ortaya çıkarmıştır. Her geçen gün daha da büyüyen organik tarım, küresel gıda endüstrisinin en dinamik ve hızla büyüyen sektörü olma yolunda ilerlemektedir. Bu nedenle, makale, Isparta ilinde okuyan üniversite öğrencilerinin organik gıda tüketimini etkileyen faktörleri ekonometrik olarak araştırmayı amaçlamıştır. Bu amaç doğrultusunda, anket yoluyla toplanan demografik ve bilişsel faktörlere ilişkin birincil verilerle Lojistik regresyon modeli tahmin edilmiştir. Bu faktörler cinsiyet, gelir seviyesi, bilgi düzeyi, çevresel kaygı, fiyat etkisi, sağlık bilinci ve ulaşılabilirliktir. Anket, Isparta ilinde Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi ve Süleyman Demirel Üniversitesi'nde okuyan 384 üniversite öğrencisi ile gerçekleştirilmiştir. Bilindiği kadarıyla Isparta ilinde üniversite öğrencilerinin organik gıda tüketimini etkileyen faktörlerin belirlenmesi konusu ele alınmamıştır.

Bu çalışmanın, Türkiye genelinde organik gıda tüketimini etkileyebilecek faktörleri tespit etmede diğer araştırmacılara yardımcı olacağı düşünülmektedir. Genel anlamda, bu çalışmanın bulguları, organik gıda tüketiminin yoğunluğunu etkilemede cinsiyet faktörünün, tüketicilerin bilgi düzeylerinin ve organik gıdaya ulaşılabilirliğinin önemli olduğunu vurgulamaktadır.

Sonuç olarak tüketicilerin organik gıdaları tüketmesinde yüksek bilgi düzeyinin önemli olduğu görülmüştür. Bu nedenle organik tüketimin artırılabilmesi için tüketicilerin bilgi düzeyini artıracak şekilde Tarım ve Orman Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı ve üniversitelerin iş birliğiyle organik gıdalara yönelik yazılı ve görsel medyada tanıtıcı-bilgilendirici (televizyon, sosyal medya vb. ağlarda) kamu spotları üretmek organik gıdalara daha fazla yer verilmelidir. Ayrıca, tüketicinin yanı sıra üreticinin de bilgilendirilmesi oldukça önemlidir. Bahsi geçen kuruluşlar tarafından organik gıdalar hakkında üreticilere de verilen eğitimler artırılmalıdır. Organik gıdaların tüketimini etkileyen bir diğer önemli neden ürünlerin ulaşılabilir olmasıdır. Bu sebeple organik gıda satışı yapan merkezlerin artırılmasının tüketimi olumlu yönde etkileyeceği düşünülmektedir. Belediyelerin, organik gıda satışı yapılan pazarların kurulması adına çalışmalar yürütmesi organik gıdalara ulaşımı daha kolay hale getirecektir. Bu tür girişimlerin organik gıda tüketimini artırma yolunda olumlu etkiler yaratması beklenmektedir.

Bu çalışma, ilgili paydaşlarda farkındalık oluşturabilecek, organik gıda üreticilerine ve yerel yönetimlere pratik uygulamalar için rehberlik edebilecek ve konuyla ilgili gelecekte yapılacak çalışmalara kapsamlı bir temel sağlayabilecektir. Ayrıca, çalışmadan elde edilen sonuçlar, politika yapıcılara ve karar vericilere yeni politikaların ve stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Avcı, İ. & S. Yıldız, 2019. Organik ürünlerde tüketici tutumunu etkileyen faktörler ve satın alma türleri: Gümüşhane ili örneği. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 19 (4): 933-956.
- Botonaki, A., K. Polymeros, E. Tsakiridou & K. Mattas, 2006. The role of food quality certification on consumers' food choices. *British Food Journal*, 108 (2): 77-90. <https://doi.org/10.1108/00070700610644906>.
- Bryta, P., 2016. Organic food consumption in Poland: Motives and barriers. *Appetite*, 105 (10): 737-746. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.07.012>.
- Bryta, P., 2018. Organic food online shopping in Poland. *British Food Journal*, 120 (5): 1015-1027. <https://doi.org/10.1108/BFJ-09-2017-0517>.
- Collins, M., 1986. "Sampling, 149-160". In: *Consumer Marketing Research Handbook* (Eds. R.M. Worcester & J. Downham), Elsevier Sci. Pub. Company Inc., 840 pp.
- Çam, O. & E. Karakaya, 2018. Siirt il merkezindeki tüketicilerin organik ürün tüketim tercihleri ve tercihlerini etkileyen faktörlerin belirlenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Dergisi*, 15 (2): 33-41.
- de Magistris, T. & A. Gracia, 2008. The decision to buy organic food products in Southern Italy. *British Food Journal*, 110 (9): 929-947.
- Demiryürek, K., 2011. Organik tarım kavramı ve organik tarımın dünya ve Türkiye'deki durumu. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28 (1): 27-36.
- Dettmann, R.L. & C. Dimitri, 2009. Who's buying organic vegetables? Demographic characteristics of US consumers. *Journal of Food Products Marketing*, 16 (1): 79-91. <https://doi.org/10.1080/10454440903415709>.
- Dumortier, J., K.S. Evans, C. Grebitus & P.A. Martin, 2017. The influence of trust and attitudes on the purchase frequency of organic produce. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*, 29 (1): 46-69. <https://doi.org/10.1080/08974438.2016.1266565>.
- Fotopoulos, C. & A. Krystallis, 2002. Organic product avoidance. Reasons for rejection and potential buyers' identification in a countrywide survey. *British Food Journal*, 104 (3-4-5): 233-260.
- González, J.A.A., 2009. Market trends and consumer profile at the organic farmers market in Costa Rica. *British Food Journal*, 111 (5): 498-510. <https://doi.org/10.1108/00070700910957320>.
- Gujarati, D.N., 1995. *Basic Econometrics*, McGraw-Hill Inc., New York, NY, 849 pp.

- Hamilton, K. & S. Hekmat, 2018. Organic food and university students: A pilot study. *Nutrition & Food Science*, 48 (2): 218-227.
- Hansen, T., M.I. Sørensen & M.L.R. Eriksen, 2018. How the interplay between consumer motivations and values influences organic food identity and behavior. *Food Policy*, 74 (1): 39-52. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2017.11.003>.
- Henryks, J., R. Cooksey & V. Wright, 2014. Organic food at the point of purchase: Understanding inconsistency in consumer choice patterns. *Journal of Food Products Marketing*, 20 (5): 452-475. <https://doi.org/10.1080/10454446.2013.838529>.
- IFOAM, 2022a. Definition of Organic Agriculture, (Web page: [https://archive.ifoam.bio/sites/default/files/page/files/doa\\_turkish.pdf](https://archive.ifoam.bio/sites/default/files/page/files/doa_turkish.pdf)) (Date accessed: August 2022).
- IFOAM, 2022b. Global organic market: Unprecedented growth in 2020. (Web page: <https://www.ifoam.bio/sites/default/files/2022-02/Press%20Release%20-%20Global%20organic%20market-%20Unprecedented%20growth%20in%202020.pdf>) (Date accessed: August 2022).
- Irianto, H., 2015. Consumers' attitude and intention towards organic food purchase: An extension of theory of planned behavior in gender perspective. *International Journal of Management, Economics and Social Sciences*, 4 (1): 17-31.
- İnan, R., A. Bekar & H. Urlu, 2021. Tüketicilerin organik gıda satın alma davranışları ve tutumlarına ilişkin bir değerlendirme. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 9 (1): 220-235.
- Janssen, M., 2018. Determinants of organic food purchases: Evidence from household panel data. *Food Quality and Preference*, 68 (6): 19-28. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.02.002>.
- Kadirhanoğulları, İ.H., M. Kadirhanoğulları, M.K. Kara & A.M. Kumlay, 2022. İğdir il'inde organik gıda bilgi düzeyinin belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 25 (4): 882-889. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.890284>.
- Karabaş, S. & A.Z. Gürler, 2012. Organik ürün tercihinde tüketici davranışları üzerine etkili faktörlerin logit regresyon analizi ile tahminlenmesi. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5 (10): 129-156.
- Koyuncu, M., A. Uzman & G. Çınar, 2014. Gençlerin organik süt tüketme olasılığı: Ege Üniversitesi araştırması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51 (3): 219-227.
- Lea, E., & T. Worsley, 2005. Australians' organic food beliefs, demographics and values. *British Food Journal*, 107 (11): 855-869.
- Lillywhite, J.M., M. Al-Oun & J.E. Simonsen, 2013. Examining organic food purchases and preferences within Jordan. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*, 25 (2): 103-121. <https://doi.org/10.1080/08974438.2013.724000>.
- Magnusson, M.K., A. Arvola, U.K. Koivisto Hursti, L. Åberg & P.O. Sjöden, 2001. Attitudes towards organic foods among Swedish consumers. *British Food Journal*, 103 (3): 209-227.
- Nandi, R., W. Bokelmann, N.V. Gowdru & G. Dias, 2017. Factors influencing consumers' willingness to pay for organic fruits and vegetables: Empirical evidence from a consumer survey in India. *Journal of Food Products Marketing*, 23 (4): 430-451. <https://doi.org/10.1080/10454446.2015.1048018>.
- Napolitano, F., E. Braghieri, E. Piasentier, S. Favotto, S. Naspetti & R. Zanoli, 2010. Effect of information about organic production on beef liking and consumer willingness to pay. *Food Quality and Preference*, 21 (2): 207-212.
- Nguyen, P.T., 2011. A comparative study of the intention to buy organic food between consumers in northern and southern Vietnam. *AU-GSB e-Journal*, 4 (2): 100-111.
- Nie, C. & L. Zepeda, 2011. Lifestyle segmentation of US food shoppers to examine organic and local food consumption. *Appetite*, 57 (1): 28-37.
- Padel, S. & C. Foster, 2005. Exploring the gap between attitudes and behavior: Understanding why consumers buy or do not buy organic food. *British Food Journal*, 107 (8): 606-625.
- Pham, T.H., T.N. Nguyen, T.T.H. Phan & N.T. Nguyen, 2018. Evaluating the purchase behaviour of organic food by young consumers in an emerging market economy. *Journal of Strategic Marketing*, 27 (6): 540-556. <https://doi.org/10.1080/0965254X.2018.1447984>.
- Pomsanam, P., K. Napompech & S. Suwanmaneepong, 2014. An exploratory study on the organic food purchase intention among thai-cambodian cross-border consumers. *Asian Journal of Applied Sciences*, 7 (5): 294-305.
- Radman, M., 2005. Consumer consumption and perception of organic products in Croatia. *British Food Journal*, 107 (4-5): 263-273.

- Roberts, J.A. & D.R. Bacon, 1997. Exploring the subtle relationships between environmental concern and ecologically conscious consumer behavior. *Journal of Business Research*, 40 (1): 79-89.
- Shin, Y.H., J. Im, S.E. Jung & K. Severt, 2018. Motivations behind consumers' organic menu choices: The role of environmental concern, social value, and health consciousness. *Journal of Quality Assurance in Hospitality & Tourism*, 20 (1): 107-122. <https://doi.org/10.1080/1528008X.2018.1483288>.
- Singh, A. & P. Verma, 2017. Factors influencing Indian consumers' actual buying behaviour towards organic food products. *Journal of Cleaner Production*, 167 (28): 473-483. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.106>.
- Smith, S. & A. Paladino, 2010. Eating clean and green? Investigating consumer motivations towards the purchase of organic food. *Australasian Marketing Journal*, 18 (2): 93-104. <https://doi.org/10.1016/j.ausmj.2010.01.001>.
- SPSS IBM, 2019. SPSS 26.0. for Windows, Armonk, NY.
- Tarkiainen, A. & S. Sundqvist, 2005. Subjective norms, attitudes and intentions of Finnish consumers in buying organic food. *British Food Journal*, 107 (11): 808-822. <http://dx.doi.org/10.1108/00070700510629760>.
- Teng, C.C. & Y.M. Wang, 2015. Decisional factors driving organic food consumption: Generation of consumer purchase intentions. *British Food Journal*, 117 (3): 1066-1081.
- TOB, 2022. 2021 yılı organik tarım istatistikleri. Tarım ve Orman Bakanlığı. (Web sayfası: <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Organik-Tarim/Istatistikler>) (Erişim tarihi: Ağustos 2022).
- Tsakiridou, E., C. Boutsouki, Y. Zotos & K. Mattas, 2008. Attitudes and behaviour towards organic products: An exploratory study. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 36 (2): 158-175. <http://dx.doi.org/10.1108/09590550810853093>.
- Turan, B. & V. Demircan, 2021. Organik ürün tüketiminin mevcut durumu ve tüketimi etkileyen faktörler: Isparta ili örneği. *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16 (2): 154-168.
- Van Loo, E.J., V. Caputo, R.M.Jr. Nayga, J.F. Meullenet & S.C. Ricke, 2011. Consumers' willingness to pay for organic chicken breast: Evidence from choice experiment. *Food Quality and Preference*, 22 (7): 603-613.
- Vega-Zamora, M., F.J. Torres-Ruiz, E.M. Murgado-Armenteros & M. Parras-Rosa, 2014. Organic as a heuristic cue: What Spanish consumers mean by organic foods. *Psychology and Marketing*, 31 (5): 349-359. <https://doi.org/10.1002/mar.20699>.
- Vindigni, G., M.A. Janssen & W. Jager, 2002. Organic food consumption: A multi-theoretical framework of consumer decision making. *British Food Journal*, 104 (8): 624-642.
- Xie, B., L. Wang, H. Yang, Y. Wang & M. Zhang, 2015. Consumer perceptions and attitudes of organic food products in eastern China. *British Food Journal*, 117 (3): 1105-1121. <https://doi.org/10.1108/BFJ-09-2013-0255>.
- Yazdanpanah, M. & M. Forouzani, 2015. Application of the theory of planned behaviour to predict Iranian students' intention to purchase organic food. *Journal of Cleaner Production*, 107 (22): 342-352.
- Yin, J., Y. Gao & H. Xu, 2014. Survey and analysis of consumers' behaviour of waste mobile phone recycling in China. *Journal of Cleaner Production*, 65 (4): 517-525.





## Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (1):125-139  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1172066>

Aslı GÜLEŞEN<sup>1</sup> 

Hacer ÇELİK ATEŞ<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü,  
32260, Merkez, Isparta, Türkiye

\* Sorumlu yazar (Corresponding author):

[hacerates@isparta.edu.tr](mailto:hacerates@isparta.edu.tr)

# Sürdürülebilir tarımda toprağın kullanım durumu: Muğla İli örneği\*

The use of soil in sustainable agriculture: The case of Muğla province

\* Bu makale ilk yazarın Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir.

Received (Alınış): 07.09.2022

Accepted (Kabul Tarihi): 05.01.2023

## ÖZ

**Amaç:** Çalışmada toprağın, tarımda kullanım şekli ve sürdürülebilirlik açısından üretici davranışlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

**Materyal ve Yöntem:** : Çalışmanın ana materyalini, Muğla ilinde 118 üretici ile yapılan anketler oluşturmaktadır. Örnek hacmini belirlenmesinde basit tesadüf örnekleme yöntemi kullanılmıştır.

**Araştırma Bulguları:** Araştırmada üreticilerin büyük çoğunluğunun arazi ıslahı (%85,6) ve ekim nöbeti yaptırmadığı (%55.1) ortaya çıkmıştır. Yapılan çoklu uyum analizine göre, eğitim seviyesi ve geliri düşük kişiler ekim nöbeti uygulamamaktadır. Üreticilerin büyük bölümü (%77.1) toprak analizi yaptırmamıştır. Üreticilerin verdikleri ilaçların miktarı ve sıklıkları olması gerekenden biraz daha fazladır. Üreticilerin çoğunluğu topraklarında verim azalmasının farkında olmasına karşın kendi topraklarında bir sorun görmemektedir. Bu durum da topraklarında iyileştirme yapmalarına engel olmaktadır.

**Sonuç:** Üreticilerin toprağın sürdürülebilir kullanımında toprak ıslahı, ekim nöbeti, gübre ve ilaç kullanımında yanlış uygulamalar yapmakta ve bu konularda bilgi ve eğitime gereksinme duymaktadır.

## ABSTRACT

**Objective:** The objective of this study was to determine the producer behaviors in terms of the use of soil and sustainability.

**Material and Methods:** The main material of the study is the questionnaires applied to 118 producers in Muğla province. Simple random sampling method was used.

**Results:** The results of this study was to find out that the majority of the producers (85.6%) did not have land melioration and did not have crop rotation (%55.1). According to the multiple correspondence analysis, producers with low education level and income do not implement crop rotation. Most of the producers (77.1%) did not have soil analysis. The amount of pesticides applied by the producers and the frequency of implementation of pesticides is slightly higher than it should be. Although most of the producers are aware of the decrease in yield in their lands, they do not see a problem in their lands. This situation prevents them from making improvements in their lands.

**Conclusion:** Producers make wrong implementations in the sustainable use of soil, melioration, crop rotation, fertilizer and pesticide use, and they need information and training on these issues.

**Anahtar sözcükler:** Muğla, sürdürülebilirlik, toprak, üretici davranışları

**Keywords:** Muğla, sustainability, soil, producer behaviors

## GİRİŞ

Dünyada ve Türkiye’de sürekli olarak artan nüfusun beslenmesi önemli bir sorun olmakta ve gıdaya talebi de doğal olarak artırmaktadır. Diğer yandan tarım arazileri ise sürekli olarak amaç dışı kullanım, çevre kirliliği gibi nedenlerle elden çıkmaktadır. Bu durum tarım topraklarının korunması ve sürdürülebilirliğin sağlanmasını (Aznar-Sánchez et al., 2019) daha da önemli hale getirmektedir.

Toprak, tarımsal üretimin en önemli üretim faktörlerinden birisidir. Günümüzde her ne kadar topraksız tarım üzerine çalışmalar yapılsa da bu çalışmaların artan nüfusun gıda talebini karşılayacak düzeyde olamayacağı ve toprağın önemini azaltamayacağı açıktır (Çelik Ateş & Akbaş, 2018). Ayrıca, toprak okyanuslardan sonra ikinci karbon deposudur, bu nedenle toprağın sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasının sağlanması, atmosferdeki karbondioksit varlığının azaltılmasına yardımcı olması ve dolayısıyla sera etkisinin azaltılması anlamına gelir (Zucaro & Morosini, 2018).

Türkiye’de 2001 yılında toplam tarım alanı 40 967 000 hektar iken, 2021 yılında bu rakam 38 063 000 hektara düşmüştür. 2021 yılında kullanılabilir tarım arazisi ise 23 milyon hektara, işlenen tarım alanı ise 19 milyon hektara düşmüştür (TÜİK, 2022) Diğer bir ifadeyle 20 yılda yaklaşık 2-3 milyon hektar tarım toprağı elden çıkmıştır. Verilerden de anlaşılacağı gibi, tarım toprakları bir yandan sanayileşme yoluyla, bir yandan artan kentleşme nedeniyle konut yapımında, diğer yandan çevre kirliliği ile aşırı ilaç, girdi kullanımı vs. ile kirlilik yoluyla niteliğinin değişmesine bağlı olarak sürekli olarak azalma eğilimindedir.

Türkiye’de tarım arazilerinin mevcut sorunları çok çeşitlidir. Ancak, bu sorunların bazıları toprağın yapısal özelliklerinden, bazıları ise insan kaynaklı (Young et al., 2005) ortaya çıkmaktadır. Eğim, drenaj, taşlılık, tuzluluk ve alkalilik, toprak derinliği ve kısmen de olsa erozyon gibi sorunlar toprağın yapısal özelliğinden kaynaklanırken, arazilerin tarım dışı kullanımı ise insanlardan kaynaklanmaktadır (Topçu, 2012). Ayrıca kullanılan yanlış tarım teknikleri, aşırı sulama, aşırı kimyasal gübre kullanımı, aşırı ilaçlama gibi uygulamalar da tarım toprağını elden çıkaran ve sürdürülebilir kullanımına engel olan uygulamalardır.

Kentleşme ve sanayileşme sonucu ortaya çıkan her türlü atık ve bunların toprağa karışması, toprak kirliliğini oluşturmakta, ayrıca tarım alanlarının kentsel ve sanayi kullanımlarına açılması da verimli toprakların kaybına neden olmaktadır. Diğer yandan verimli tarım topraklarından tuğla, kiremit gibi yapı malzemelerinin üretimi, toprak kayıplarını çoğaltmaktadır. Bunlarla birlikte daha çok ürün almak için geliştirilen yeni tarım teknikleri bazı hallerde; erozyon, tuzluluk ve toprak kirlenmelerine yol açabilmektedir (Güler, 1997). Tarım giderek endüstrileşmektedir. Bununla birlikte, tarımın endüstrileşmesi, çevreyi kirletebilen ve yerel geçim kaynaklarının sağlığını etkileyebilen gübreler veya herbisitler, pestisitler gibi yüksek düzeyde girdilerin kullanılmasıyla (Tilman, 1999; Kirkhorn & Schenker, 2001) artmaktadır. Bu tür uygulamalar toprak özelliklerini, toprak verimliliğini ve erozyonu da etkileyebilmektedir (Cunningham et al., 2013; Foucher et al., 2014). Ayrıca, endüstrileşmeyle birlikte yoğun, bilgisiz ve bilinçsiz yapılan bazı tarım uygulamaları, hava, toprak ve suda ciddi kirliliğine neden olmaktadır (İkincikarakaya vd., 2013). Toprak kirliliği ve tarım toprağının amaç dışı kullanımına yönelik birçok çalışma yapılmıştır (Güler & Çobanoğlu, 1997; Özbek & Öztaş, 2004; Karaca vd, 2012; Kılıç & Korkmaz, 2012). Ancak toprak kullanımına yönelik olarak üretici davranışlarını içeren çalışmalar fazla değildir. Bu çalışmada, doğal kaynaklardan biri olan toprağın, tarımda kullanım şekli ve sürdürülebilirlik açısından üretici davranışlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu tarafından 09.06.2022 tarihli, 111 toplantı nolu, 01 karar sayılı belge numarasıyla onay almıştır.

Çalışma Muğla ilinde yürütülmüştür. Muğla ili doğası ve iklimi ekolojik avantajları sebebiyle önemli bir tarım kentidir. Uygun iklim yapısı birçok ürünün yetiştirilebilmesine olanak sağlamaktadır. Tarımsal üretimde yıllara göre değişiklikler olmakla birlikte zeytin, örtü altı domates, narenciye, çam salğı balı, badem, nar ve su ürünleri önemli tarımsal ürünleridir (Anonymous, 2018). Çalışmanın ana materyalini, Muğla ilinde 118 üretici ile yapılan anketler oluşturmaktadır. Bunun yanında araştırmanın ikincil verileri

olarak, konu ile ilgili yapılmış yurtiçi ve yurt dışındaki araştırmalar, Muğla İl Tarım ve Orman Müdürlüğü ve Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) gibi kurum ve kuruluşların dokümanlarından yararlanılmıştır. Muğla ilini sosyal, ekonomik ve tarımsal üretim açısından temsil edebilecek ilçeleri, Tarım ve Orman Bakanlığı Muğla İl Müdürlüğü'nün görüşü alınarak, gayeli olarak belirlenmiştir. Milas, Seydikemer ve Menteşe ilçeleri bu çerçevede seçilmiştir. Belirlenen ilçelerden aynı şekilde köyler gayeli olarak Milas ilçesinden Ağaçalıyık, Bahçeburun, Kafaca, Ören ve Yaşyer köyleri; Seydikemer ilçesinden Kınıclar, Döğer ve Çamurköy köyleri; Menteşe ilçesinden ise Yeşilyurt ve Kafaca köyleri olmak üzere toplam 10 köy araştırma bölgesi olarak belirlenmiştir. Örnek hacminin belirlenmesinde basit tesadüf örnekleme yöntemi kullanılmıştır (Çiçek & Erkan, 1996).

$$n = \frac{N \cdot S^2 \cdot t^2}{(N - 1) \cdot d^2 + S^2 \cdot t^2}$$

Formülü kullanılmıştır.

Eşitlikte;

n=örnek hacmi

S=standart sapma

t=güven sınırı

N=örnekleme çerçevesine ait toplam birim sayısı

d=kabul edilebilir hata

Güven aralığı %90, hata payı ise %10 olarak ele alınmıştır. Yapılan hesaplamalara göre örnek hacmi 118 bulunmuştur. Verilerin analizinde oransal dağılımlar, Khi-kare ve çoklu uyum analizleri (Multiple Correspondence Analysis (MCA)) kullanılmıştır.

## ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Araştırmada elde edilen veriler ayrıntılı ve fazla olup, tüm verilerin makalede sunumu yer darlığı nedeniyle olanaklı değildir. Bu nedenle verilerin sadece önemli görülenleri sunulmuştur.

### Çiftçilerin sosyo-ekonomik özellikleri

Araştırma bölgesindeki anket yapılan çiftçiler, erkek ağırlıklı (%98.3), büyük çoğunluğu 51 yaş üstü (%67) ve ortalama 54 yaşında, evli (%95), eğitim düzeyi ilkököl (%80.5), ana geçim kaynakları çiftçilik (%89), ortalama hane halkı sayısı 3, ortalama çocuk sayısı ise 2 ve ortalama gelirleri ise yıllık 73000 TL (2018 yılı)'dir.

### Üreticilerin toprak/arazi kullanım durumları

Çiftçilerin üretim yaptıkları alanlara göre dağılımında, %77.1'i açık alanda, %11'i serada, %11.9'u ise hem açık alan hem de serada üretim yapmaktadır (Çizelge 1). Anket yapılan üreticilerin ortalama işletme büyüklüğü 35 dekar olarak belirlenmiştir. Bu da işletmelerin çoğunlukla küçük aile işletmesi olduğunu göstermektedir. Bilindiği gibi tarım yapma şekilleri toprak kullanımını etkilemektedir. Kontrollü koşullarda (sera) yapılan tarımda genelde daha fazla gübre ve ilaç kullanılmaktadır.

**Çizelge 1.** Üretim alanı şekli

**Table 1.** Production area type

Üretim Alanı	Sayı	%
Açık alan	91	77.1
Sera	13	11.0
Açık alan-sera	14	11.9
Toplam	118	100.0

## Ürünlerin ekiliş alanlarına göre dağılımı

Araştırma alanında üretilen ürünler, ana gruplar itibarı ile sebzeler, tek yıllık yeşillikler, meyveler ve hububatlar olarak gruplandırılmıştır.

Bu gruplara göre ürünlerin ekiliş alanları dağılımı özetle şöyledir; Sebze üreten üretici sayısı 67'dir.

Sebzelerden en fazla ekilen ürün domatestir, 0.5-6 dekar arasında domates üreten üretici oranı %32.83 ile ilk sıradadır. Bunu 0.5-5 dekar arasında sırasıyla üreticilerin %20.89'u biber, %19.40 'ı patlıcan, %8.95'i salatalık (hıyar), %4.47'si fasulye, %2.98'i börülce, bamya ve pırasa, %1,49'u karnabahar, barbunya ve kabak üretmektedir. Biber, patlıcan ve salatalık üretimi yapılan arazilerin her biri için ortalama arazi büyüklüğü 2 dekadır. Domates, fasulye ve börülce ürünleri için ortalama arazi büyüklüğü her biri için 1 dekadır.

Tek yıllık yeşilliklerden maydanoz, marul, dereotu, ıspanak, pazı ve rokayı 29 üretici yetiştirmektedir. 0.5-5 dekarlık alanda üreticilerin sırasıyla %31,03 'ü maydanoz, %27.58'i marul, %24.14'ü roka (0.5-6 dekar), %10.35'i dereotu, %3.45 ıspanak, %3.45 i de pazı yetiştirmektedir. Roka ve dereotu üretiminin ortalama arazi büyüklüğü 3 dekadır. Maydanoz, marul, pırasa, ıspanak ve pazı üreticilerinin ortalama arazi büyüklüğü 2 dekadır.

Meyve grubuna (üzüm) bağ ve zeytin de dahil edilmiştir. Bölgede üretilen meyveler çilek, erik, kavun, nar, narenciye üzüm (bağ) ve zeytindir. Meyve üreten üretici sayısı 47'dir. Üreticilerin bağ(üzüm) ve çilek üretim alanı 0.5-5 dekar arasındadır. Erik, kavun ve narın ekim alanı 6-15 dekar arasındadır. Narenciye 'de 0.5-5 dekar arasında üretim yapan 1 üretici, 6-15 dekar arasında 2 üretici ve 16-25 dekar arasında ise 1 üretici olmak üzere toplam 4 üretici (%8.51) bulunmaktadır. Kavun ve narenciyede ortalama üretim alanı 10 dekadır. Zeytin üretiminde ise ortalama alan 20 dekadır. Çilek üretiminde ise ortalama alan 2 dekar, erik üretiminde 7 dekadır.

Hububat üreten 115 üretici bulunmaktadır. Pamuk, mısır, yem bitkileri ve tütün de bu grup içinde irdelenmiştir. En yüksek oran mısır yetiştiricileri (%28.69) bunu ise sırasıyla arpa (%23.48), buğday (%22.61), yonca (%7.82), yulaf (%6.96), pamuk (%5.22), soldurma adı verilen yem bitkisi(%1.74), susam, trinova, kinoa ve tütün (%0.87 şer) izlemektedir. Ürünlerin ortalama üretim alanlarına göre dağılımı şöyledir. Mısır 26 dekar, yonca 16 dekar, buğday 27 dekar, arpa 24 dekadır.

Sebzelerin ortalama parsel sayılarına bakıldığında biber, domates, patlıcan, salatalık, karnabahar, kabak, fasulye, börülce, barbunya üreticilerinin tek parselde, bamya üreticilerinin 2 parsel üzerinde üretim yaptıkları belirlenmiştir. Tek yıllık yeşilliklerin parsellerine bakıldığında dereotu, ıspanak, pazı, pırasa üretiminin tek parselde yapıldığı tespit edilmiştir. Meyvelerde parsel durumu ise erik, kavun, bağ, narda tek parsel, çilek üretiminin %54.5'ü tek parsel, %9'u 2-3 parselde, narenciye üretiminin ise %27.2'sinin tek parsel, %9'nun 2-3 parselde üretildiği görülmektedir. Zeytin ve narenciye üretiminin ortalama 2 parselde, çilek, kavun, erik, nar ve üzümün ise tek parselde olduğu ortaya çıkmıştır. Mısır ve arpanın ortalama 3 parselde, buğday ve yulafın ortalama 2 parselde üretildiği belirlenmiştir. Bu veriler üreticilerin genelde tek veya birkaç parselde üretim yaptıklarını göstermektedir. Bu durum kuşkusuz kaynakların daha verimli kullanılmasını etkilemektedir.

Türkiye'deki tarımsal işletmelerde verimliliği büyük ölçüde etkileyen hususlardan birisi arazilerin parçalılığı ve dağınıklığıdır. 2017 verilerine göre hâlihazırda 24 milyon hektar olan tarım arazileri 32.5 milyon adet tarım parselinden oluşmaktadır (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2018).

## Verim

Üreticilerden alınan bilgilere göre ürünlerin ortalama verimleri şöyledir; salatalık (hıyar) verimi dekara 11 ton ile ilk sırada yer alırken bunu dekara 7 ton ile domates, 4 ton ile biber, 3 ton ile patlıcan, 2 ton ile kabak izlemektedir. Karnabahar üretiminde ortalama verim dekara 5000 adet olmaktadır. Fasulye üretiminde dekara 100 kg, börülce ve barbunya üretiminde 200 kg verim alınmaktadır.

Yeşilliklerin dekara verimlerinde ise üreticiler elde ettikleri bağ üzerinden ifade etmişlerdir. Roka üreten üreticilerin %71.4'ü dekara 1000-3000 bağ, maydanoz üreten üreticilerin %44.4'ü dekara 1001-5000 bağ, marul üretenlerin ise %37.5'i dekara 500-1000 bağ verim elde etmektedir.

Çilek üretiminde verim dekara 4001-5000 kg, erik üretiminde 1500 kg, kavun üretiminde 3000 kg, nar üretiminde 2500 kg olduğu tespit edilmiştir.

Hububatların verimi ise, mısır üretiminde üreticilerin %33.3'ünün dekara 3-4 ton, arpada üreticilerin %33.3'ünün dekara 201-300 kg, buğdayda üreticilerin %34.6'sının dekara 301-400 kg, yulaf ise üreticilerin %37.5'inin dekara 201-300 kg verim elde ettiği ortaya çıkmıştır.

Tarımsal yapıda görülen bozukluklar verimin artırılmasını engellediği gibi yatırım ve üretim maliyetlerini de yükseltmektedir. Tarımsal üretimde verimliliği artırmak için tarım arazilerinin kabiliyetlerine göre kullanılması ve korunması, tarım uygulamalarının ileri seviyelere yükseltilmesi, yeni tarım teknolojilerinin geliştirilmesi ve uygulanması gerekmektedir (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2018).

### **Arazilerin topografik durumu**

Üretim yapılan arazilerin topografik durumuna göre sebze grubunda; domates, biber, patlıcan, fasulye, börülce, bamya, karnabahar, salatalık, barbunya, kabak üreten çiftçilerin ovada üretim yaptıkları ortaya çıkmaktadır. Yeşillikler grubunun da aynı şekilde roka, maydanoz, marul, dereotu, ıspanak, pazı, pırasa üretimi ovada yapılmaktadır. Meyve grubunda da zeytin dışındaki meyvelerin üretimi ovada yapılırken Zeytinde ise çiftçilerin %40.6'sı ovada, %18.8'i yamaçta, %37.5'i dağlık alanda, %3.1'i ise hem ova hem de yamaçta üretim yapmaktadır. Hububat üretiminde arazilerin topografik durumuna göre dağılımında, arpa üretiminin %96.3'ü ovada, %3.1'i yamaçta, mısır üretiminin %37.5'i, buğday üretiminin %29.5'i, yulaf üretiminin ise %9'u ovada yapılmaktadır.

### **Arazi ıslah çalışması ve ekim nöbeti**

Toprağın fonksiyonlarını yerine getirebilmesinde, fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerinin belirlenmesi önemlidir. Bozulmuş arazilerde sürdürülebilirliği sağlamada arazilerin ıslah edilmesi gerekmektedir. Arazi bozulmasına sebep olan etmenlerin doğru tespit edilmesi ve uygun ıslah yöntemlerinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Arazilerin yapısının bozulmasının önlenmesi, sürdürülebilir geçim kaynaklarının artırılması ve korunması, iklim değişikliğinin etkilerinin hafifletilmesi ve biyolojik çeşitliliğin korunması açısından da arazi ıslahı yarar sağlamaktadır (Budak vd. 2020).

Üreticilerin %14.4'ünün arazi ıslahı yaptırdığı, %85.6'sının ise yaptırmadığı ortaya çıkmıştır. Arazi ıslahı yaptıranların ise %94.1'i solarizasyon, %5.9'u nadas uygulaması şeklinde yapmaktadır. Çiftçilerin arazi ıslah çalışmaları hakkında yeteri kadar bilgi sahibi olmadıkları da belirlenmiştir.

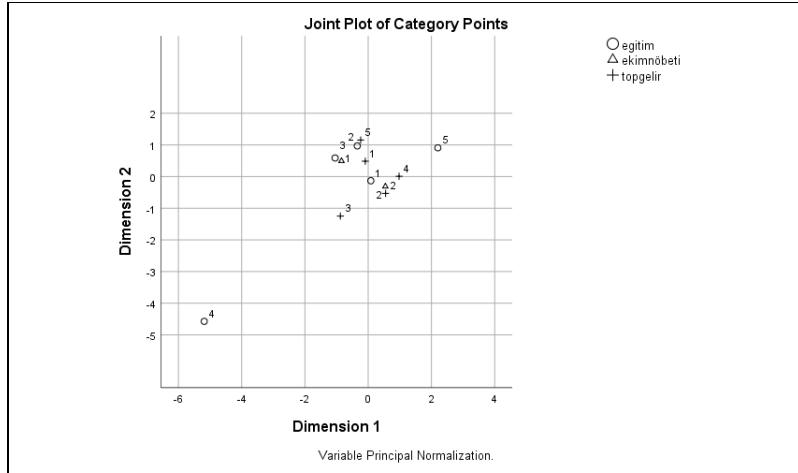
Solarizasyon güneşin ısı enerjisinden faydalanılarak, topraktaki hastalık etmenlerini, zararlı böcekleri ve yabancı ot tohumlarını etkisiz hale getiren toprak yüzeyi şeffaf plastik örtülerle kaplanarak, toprağın ısınmasının sağlanmasına denir (Kitiş, 2011). Araştırmaya katılan üreticilerden %44.9'u ekim nöbeti uygulaması yapmaktadır. Ekim nöbetini ise en çok %20.8'i domates ile biber, %20.8'i arpa, buğday ve yulaf, %11.3'ü ise mısır, yonca, %11.3 ü arpa, buğday ve mısır ile yapmaktadır. Ekim nöbetini %98.1'i her yıl ürünün yerini değiştirerek, %1.9'u 3 yılda bir değiştirerek uygulanmaktadır (Çizelge 2).

Ekim nöbeti aynı arazi üzerinde farklı bitkilerin birbirlerini takip edecek şekilde yetiştirilmesidir (Torun, 2019). Ekim nöbetinin uygulamasındaki amaç, toprağın verimliliğinin artırılması, erozyonu önleyip, toprak kalitesini iyileştirmesi ve sürdürülebilir bir şekilde toprağın kullanılmasıdır (Kara vd. 2011). Araştırma bölgesindeki üreticilerin yarısından fazlasının ekim nöbeti yapmadığı ortaya çıkmaktadır. Bu da tarımın ve toprağın sürdürülebilir kullanımını olumsuz etkileyebilmektedir. Yapılan çoklu uyum analizine göre, ekim nöbeti uygulamayan üreticilerin eğitim düzeyleri ilkökul olup toplam gelirleri ise 31 000-50 000 TL arasındadır. Yani eğitim seviyesi ve geliri düşük kişilerin ekim nöbeti uygulamadığı söylenebilir. Diğer bir ifadeyle eğitim düzeyi arttıkça ekim nöbeti uygulaması da artmaktadır.

**Çizelge 2.** Ekim nöbeti uygulama durumu**Table 2.** Crop rotation application

Ekim nöbeti uygulama durumu	Sayı	%
Uygulayan	53	44.9
Uygulamayan	65	55.1
<b>Toplam</b>	<b>118</b>	<b>100.0</b>
<b>Ekim nöbeti uygulanan ürünler</b>		
Mısır-yonca	6	11.3
Mısır-yeşillik	2	3.8
Sebze-yeşillik	3	5.7
Fasulye-börülce	1	1.9
Biber-patlıcan	3	5.7
Bamya-karnabahar	1	1.9
Domates-Biber	11	20.8
Maydanoz-dereotu-roka-	1	1.9
Marul-maydanoz-roka	2	3.8
Pamuk-yonca	1	1.9
Arpa-buğday-yulaf	11	20.8
Pamuk-buğday	1	1.9
Domates-salatalık	4	7.5
Arpa-buğday-mısır	6	11.3
<b>Toplam</b>	<b>53</b>	<b>100.0</b>
<b>Kaç yılda bir?</b>		
Her yıl yerini değiştiriyorum	52	98.1
3 yılda bir	1	1.9
<b>Toplam</b>	<b>53</b>	<b>100.0</b>

Ekim nöbetini uygulayanların eğitim düzeyi lise ve gelirleri ortalama 100000 TL üzerindedir. Uygulamayanların ise eğitim düzeyi ilkökul ve gelirleri 31000-50000 TL arasındadır (Şekil 1).

**Şekil 1.** Eğitim, toplam gelir ile ekim nöbeti arasındaki ilişki**Figure 1.** The relationship between education, total income and crop rotation

Eğitim durumu: 1: İlkokul 2: Ortaokul 3: Lise 4: Yüksekokul 5: Üniversite

Toplam gelir: 1. 5000-30000 2. 31000-50000 3. 51000-70000 4. 71000-100000 5. 100000+

Ekim nöbeti uygulama durumu: 1: Uygulayan 2: Uygulamayan

## Toprak analizi

Toprak analizi de toprağın verimliliğinin artırılması ve korunmasında önemlidir. Analiz ile elde edilen sonuçlar toprağın durumu konusunda bilgi vermekte ve yapılacaklar konusunda yol göstermektedir. Üreticilerin toprak analizi yaptırma durumları, yaptırma yılları ve yerleri Çizelgede 3.de sunulmuştur.

**Çizelge 3.** Toprak analizi durumu

**Table 3.** Soil analysis status

Toprak analizi yaptırma durumu	Sayı	%
Yaptıranlar	27	22.9
Yaptırmayanlar	91	77.1
Toplam	118	100.0
Analiz yaptırılan yıl		
2014	6	22.2
2015	2	7.4
2016	6	22.2
2017	4	14.8
2018	8	29.6
2019	1	3.7
Toplam	27	100.0
Analiz yaptırılan yer		
Tarım ve Orman Bakanlığı Muğla İl ve İlçe Müd.	11	40.7
Ziraat Odası	8	29.6
Muğla Valiliği	1	3.7
Muğla Üniversitesi	6	22.2
Tarım Kredi Koop.	1	3.7
Toplam	27	100.0

Çizelge 3'e göre üreticiler büyük oranda toprak analizi yaptırmamakta, az sayıda yaptıranlar ise genellikle son yıllarda ve İl/ilçe Tarım Müdürlüğü'nde yaptırmaktadır. Üreticilerin toprak analizi yaptırmaması, toprağın korunması ve sürdürülebilirliğin sağlanmasında önemli bir eksikliklerdir. Yapılan khi-kare testine göre, ankete katılan çiftçilerin eğitim durumu ile toprak analizi yaptırma durumları arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p=0.028$ ). Çiftçilerin eğitim seviyesi düştükçe toprak analizi yaptırmama oranları yükselmektedir. Isparta ilinde yapılan bir araştırmaya göre (Yılmaz vd. 2009), gübre miktarını toprak analiz sonuçlarına göre belirleyen üreticilerin oranı sadece %13.27'dir.

Toprak analizi yaptırmama nedeni büyük ölçüde küçük aile işletmesi olması ve ekonomik sıkıntılar olarak görülebilir. Yapılan khi-kare analizine göre, kredi kullanımı ile toprak analizi yaptırma durumu arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur ( $p=0,021$ ). Kredi kullanan üreticilerin toprak analizi yaptırdığı, kullanmayan üreticilerin toprak analizi yaptırmadığı ortaya çıkmaktadır. Toprak analizi yaptıranların analiz sonucunda neler yaptığı ve nasıl davrandığına ilişkin bilgiler çizelge de sunulmuştur (Çizelge 4). Toprak analizi yaptırmamasına karşın, analiz sonunda çoğu üretici hiçbir şey yapmamıştır. Her ne kadar toprakta sorun görmediği için bir şey yapmadığını söylese de bu üreticilerin büyük çoğunluğunun sadece toprak analiz desteğinden faydalanmak için analiz yaptırdığı anlaşılmaktadır. Bu da toprak analizi yaptıranların çoğunun bilinçli olarak bu analizleri yaptırmadığını ortaya çıkarmaktadır. Konya Çumra ilçesinde yapılan bir çalışmaya göre (Tanrıverdi & Çelik, 2016), üreticilerin %76.93'ü toprak analizi desteklemeleri başlamadan önce toprak analizi yaptırmadığı tespit edilmiştir. Bu veri de toprak analizi yaptıranın destekler ile ilgili olduğunu ortaya koymaktadır.



**Çizelge 4.** Toprak analizi sonuçlarına göre davranışlar**Table 4.** Behaviours according to soil analysis results

Toprak analizi sonucunda uygulamalar bir değişiklik yapma durumu	Sayı	%
Yapmış	13	48.1
Yapmamış	14	51.9
<b>Toplam</b>	<b>27</b>	<b>100.0</b>
<b>Yapılan değişiklik</b>		
Besin maddesi eksiklerini tamamlayan gübreleme yapma	9	69.2
Azot eksikliği nedeniyle fiğ ekimi yapma	2	15.4
Tuzluluk çalışması yapma	1	7.7
Azot eksikliği nedeniyle sunni gübreleme yapma	1	7.7
<b>Toplam</b>	<b>13</b>	<b>100.0</b>
<b>Değişiklik yapmama nedenleri</b>		
Şartları el vermediği için	2	14.3
Herhangi bir sorun çıkmadığı için	11	78.6
Uygulamayı yapmak zor geldiği için	1	7.1
<b>Toplam</b>	<b>14</b>	<b>100.0</b>

Üreticilerin geleceğe yönelik olarak yetiştirdiği ürün deseninde değişiklik yapma ve yeni ürün ekleme durumları da çizelge de sunulmuştur (Çizelge 5). Üreticilerin büyük bir kısmı gelecekte yeni bir ürün eklemeyi veya değiştirmeyi düşünmemektedir. Yeni ürün olarak mısır, yem şalgamı, fiği ve arpa eklemeyi düşünen üreticiler, bu ürünleri hayvanlarını beslemek için eklemeyi düşündüklerini dile getirmişlerdir.

**Çizelge 5.** Yeni ürün ekleme durumu**Table 5.** New product addition status

Yeni Bir Ürün Ekleme	Sayı	%
Evet	19	16.1
Hayır	99	83.9
<b>Toplam</b>	<b>118</b>	<b>100.0</b>
<b>Eklenecek yeni ürünler</b>		
Patates, soğan	3	15.8
Mısır, yem şalgamı, fiğ, arpa	9	47.4
Soya, pamuk	2	10.5
Kanola, chia	2	10.5
Lavanta, salep	1	5.3
Çilek	2	10.5
<b>Toplam</b>	<b>19</b>	<b>100.0</b>

**Kullanılan gübre çeşitleri**

Üreticilerin gübre kullanım durumları toprak üzerine etkili olabilecek bir davranıştır. Gübreleri hangi amaçla ve nasıl kullandıkları araştırmada incelenmiş ve ürün gruplarından sebzelerde kullanılan gübreler şöyle belirlenmiştir; Domates üreten çiftçilerin %22.2'si 15-15 ve üre, %16.7'si 18/18 ve potasyum nitrat, biber üreticilerinin %27.3'ü 15-15 ve üre, patlıcan üreticilerinin %20'si 15-15/fosfor/potasyum kullanmaktadır. Çiftçilerin taban gübresini, ekim yapılmadan önce verimi artırmak, ürünün zorlu şartlara daha iyi dayanmasını sağlamak ve kök gelişimini artırmak için kullanmaktadır. Yeşillik grubunda, üreticilerin tüm yeşillikler için 15-15, üre ve Amonyum sülfat kullandığı belirlenmiştir.

Meyve gruplarında ise zeytinde 15-15 ve 20-20 nitrat grubu, çilekte 15-15, üre ve potasyum, kavunda potasyum, narda 15-15 ve üre, erikte 15-15, narenciyede Amonyum sülfat, 15-15, DAP ve üre kullanılmaktadır. Kavunda potasyum gübresi meyve tutumunu sağlamak, narenciyede kullanılan alüminyum sülfat ve üre ise ekimin yapıldığı sırada verim artışı sağlamak amacıyla kullanılmaktadır.

Hububat grubunda buğday, yulaf ve arpada 15-15, 20-20, DAP, üre, nitrat, Soldurmada nitrat, yoncada yaprak gübresi, 15-15 ve DAP, mısır ve pamukta, 15-15, 20-20, DAP, üre, nitrat, Amonyum sülfat, tütünde 15-15 kullanılmaktadır. Arpa ve buğday üreten çiftçiler DAP ve 20-20 gübrelerini ekim yapmadan önce arazilerinin tabanlarına uygulamaktadır. Üreyi ise kardeşlenme döneminde kullanmaktadır. Çiftçilerin kullandıkları gübre çeşitlerinde doğru seçimler yaptıkları anlaşılmaktadır. Isparta ilinde yapılan bir araştırmaya göre (Yılmaz vd. 2009), üreticilerin %37.76'sı gübre çeşidini kendi deneyim ve bilgilerine göre seçmektedir.

### **Kullanılan gübre miktarları**

Üreticilerin kullandıkları gübre çeşidi kadar miktarı da oldukça önemlidir. Gereğinden fazla kullanılan gübrenin toprak ve su kirliliğine sebep olduğu bilinmektedir. Gereğinden fazla gübre kullanımın sebep olduğu çevre sorunları şu şekilde özetlenebilir: • Yüksek düzeyde azotlu gübreleme sonucu topraktan yıkanmalarla, içme suları ve akarsularda nitrat miktarında artış, • Fosforlu gübrelerin yüzey akışlarıyla taşınması sonucu, içme sularında ve diğer akarsulardaki fosfat miktarında yükselme, • Yüksek düzeyde azotlu gübrelerin kullanıldığı topraklardaki bitkilerde nitrozamin gibi kanserojen maddeler oluşmakta, özellikle yaprakları yenen marul ve ıspanak gibi bitkilerde nitrat ve nitrit birikimleri olabilmektedir (İkincikarakaya vd. 2013). Sebzelere verilen gübrelerin dekar başına ortalaması ise şöyledir; domateste 80 kg, biberde 50 kg, patlıcanda ise, 46 kg. Üreticilerin maydanoz üretiminde dekar başına ortalama 26 kg, dereotu için 61 kg, rokada 62 kg gübre verdikleri ortaya çıkmıştır. Tarım ve Orman Bakanlığı Muğla Tarım İl Müdürlüğü'ndeki konu uzmanları göre, tek yıllık yeşillikler için kullanılan ürenin dekar başına 10 kg, Amonyum Sülfat gübresinin ise dekar başına 20 kg olması gerektiği belirtilmektedir. Bu duruma göre üreticilerin yeşilliklerde gereğinden oldukça fazla gübre kullandığı ortaya çıkmaktadır. Zeytin üreticilerinin dekar başına 26 kg, çilekte 25 kg, erikte 35 kg, kavunda 10 kg, narenciyede 23 kg, narda 30 kg, bağda 10 kg gübre verdiği ortaya çıkmıştır. Tarım ve Orman Bakanlığı Muğla Tarım İl Müdürlüğü'ndeki uzmanlardan alınan bilgilere göre, üreticilerin çilek üretiminde kullandıkları ürenin ve potasyumun bitki gelişimi için kullanılabilceği, kavunda kullanılan potasyumun dekara 20 kg olması gerektiği belirtilmektedir. Kavunda üreticilerin kullandığı gübre miktarı olması gerekenden az olsa da diğer meyvelerde kullanılan gübre miktarının gereğinden fazla olduğu anlaşılmaktadır.

Mısır üreticisinin dekar başına ortalama 60 kg, buğday üreticisinin 50 kg, yulaf üreticisinin 30 kg gübre verdikleri tespit edilmiştir. Tarım ve Orman Bakanlığı Muğla Tarım İl Müdürlüğünden alınan bilgilere göre, buğday üreten çiftçilerin kullandıkları ürenin dekara 15 kg, DAP gübresinin 15 kg, 20.20 gübrenin ise 15 kg olarak verilmesi gerekmektedir. Arpa üretiminde ise dekara 12 kg amonyum sülfat, 12 kg üre, 12 kg DAP gübre kullanılması gerektiği tespit edilmiştir. Bu bilgilere göre, üreticilerin hububatta kullandıkları gübre miktarı genel olarak olması gereken miktarlara yakındır. Isparta ilinde yapılan bir araştırmaya göre, üreticilerin %33.67'si gübre miktarını ve %36.73'ü gübreleme zamanını kendi bilgi ve deneyimlerine göre belirlemektedir (Yılmaz vd. 2009). Üreticilerin genel olarak gübreleri temin ettikleri yerler açısından ilk sırayı ilaç bayileri, ikinci sırayı tarım kredi kooperatifleri, üçüncü sırayı Ziraat Odaları almaktadır. 45 sebze üreticisi için bu oranlar sırasıyla, ilaç bayiini tercih edenler %57.78, Tarım Kredi Kooperatifini tercih edenler %31.11 ve Ziraat Odalarını tercih edenler %11.11 dir.

### **Kullanılan kimyasal tarım ilaçları**

Tarım ve Orman Bakanlığı Muğla Tarım İl Müdürlüğü'nden alınan bilgilere göre, üreticiler sebzelerde Laser adlı ilacı domates güvesi için, Antracol ilacını ise domateste mildiyo için kullanmaktadır. Biber üreticileri ise Mostar tarım ilacını yaprak biti için kullanmaktadır. Kullanılan tarım ilaçları hastalık ve

zararlılarla mücadele için ne kadar uygun olsa da toprağın yapısına zarar vermektedir. Üreticiler ilaçlarını çoğunlukla ilaç bayilerinden temin ettikleri için herhangi bir organik ilaca, tuzaklara ya da kültürel mücadeleye teşvik edilmemişlerdir.

Yeşilliklere verilen ilaçlarda roka, maydanoz, marul, dereotu ve ıspanak üreticilerinin tamamı sinek ilacını (mostar) kullandıklarını ifade etmiştir. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın bitki koruma ürünleri veri tabanına göre tek yıllık yeşilliklere verilen ilaçlar incelendiğinde mostar tarım ilacının yeşilliklerde kullanımı görülmemektedir. Üreticilerin kullandıkları tarım ilacı konusunda yanlış bir seçim yaptıkları ortaya çıkmaktadır. Bu konuda üreticilerin doğru bilgilendirilmeleri ve yanlış uygulamalardan vazgeçme konusunda ikna edilmeleri gerekmektedir. Üreticilerin meyvelere verdikleri ilaçlar şu şekildedir; nar için akdeniz galeri sineği ilacı, narenciye üretimi için yağlı ilaç (parkan), kavun üretimi için sinek ve külleme ilacı, çilek üretimi için lazer, erik için kurt ilacı kullandıkları tespit edilmiştir (Çizelge 6).

Tarım ve Orman Bakanlığı Muğla Tarım İl Müdürlüğü'ndeki konunun uzmanlarından alınan bilgilere göre çilek üreticisinin laser adlı ilacı çiçeklerde meydana gelen tripslerden dolayı kullandığı, narenciye üreticisinin yağlı ilaç olarak adlandırdığı parkan tarım ilacının turunçgilde unlubit için kullanıldığı anlaşılmaktadır. Çiftçilerin hububatlarda daha çok yabancı ot ile mücadele ettikleri ve kullandıkları ilaçlar hakkında tam olarak bir bilgiye sahip olmadıkları görülmektedir.

#### Çizelge 6. Ürünlere verilen kimyasal ilaçlar

Table 6. Chemical pesticides applied to the crops

Ürünler	İlaç İsmi	Üretici Sayısı	Ürünler	İlaç İsmi	Üretici Sayısı	
Domates	Kelebek ilacı	1	Erik	Kurt ilacı	1	
	Sinek ilacı	2	Zeytin	Bordo bulamacı	5	
	Kaptan/Antikor Kombi	1		Güve ilacı	1	
	Durivo	1		Ot ilacı	4	
	Biber	Antracol	1	Arpa	Diamin	1
		Tuta ilacı	3		Süne ilacı	1
		Laser	3	Buğday	Ot ilacı	6
		Varamtorga (Alimtarga)	1		Diamin	1
		Kök çürüklüğü ilacı	3		Süne ilacı	1
		Laser-alimtargo	1		Süne+yabancı ot ilacı	1
Desis		1	Kurt ilacı		3	
Mostar		2	Mısır		Ekip	1
Lazer		1			Yabancı ot ilacı (arat)	3
Trivey	1	Tel kurdu ilacı		1		
Fasulye	Sinek ilacı (Mostar)	1		Kurt ilacı	2	
Börülce		1		Bayer/Sincenta Triflin	1	
Nar	Akdeniz galeri sineği ilacı	1	Pamuk	Kurt ilacı+Ballık ilacı	1	
Narenciye	Yağlı ilaç (parkan)	1		Kurt+Kurutma ilacı	1	
Kavun	Sinek+Külleme İlacı	1		Kurt+Sinek	1	
Çilek	Laser	1	Yulaf	Ot ilacı	2	
Bağ	Kükürt+Mavi Kük İlacı	1				

#### Kullanılan kimyasal tarım ilaçlarının miktarları

Araştırmada, domates üreticilerin %23.5'inin , biber üreticilerinin %40'ının dekara 100 gr ilaç verdiği, fasulye ve börülce üreten üreticilerin tamamının dekara 30 gr ilaç verdiği ortaya çıkmıştır. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın yayınladığı bitki koruma ürünleri veri tabanında kullanılan ilaçlar için dekar başına belirli bir oran yazılmaktadır. Üreticilerin verdikleri ilaçların miktarı ile kıyaslandığında üreticilerin

kullandıkları ilaçların miktarını biraz daha fazla tuttukları ortaya çıkmıştır. Fazla kullanılan tarım ilacının toprağa verdiği zarar belki o an hissedilmeyebilir ancak gelecek yıllarda verimsizlik, toprak-su kirliliği, çevre kirliliğine neden olabilmektedir.

Tarım ve Orman Bakanlığı Muğla Tarım İl Müdürlüğü'ndeki konunun uzmanlarından alınan bilgilere göre bölge üreticisinin kullandığı tarım ilacının miktarlarının genel olarak olması gerekenden daha fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Tarım ve Orman Bakanlığı Muğla Tarım İl Müdürlüğü'ndeki konu uzmanlarına göre göre narenciye için bölge üreticisi daha fazla ilaç kullanmaktadır.

**Çizelge 7.** Ürünlere verilen kimyasal ilaç miktarı

**Table 7.** The amount of chemical pesticides applied to the crops

Ürünler	Dekara ilaç	Üretici Sayısı	Ürünler	Dekara ilaç	Üretici Sayısı	Ürünler	Dekara ilaç	Üretici Sayısı
	100 gr	4	Marul	50 gr	3		8 kg	1
	2 kg	2		100 gr	1	Mısır	2 kg	2
Domates	50 gr	1	Dereotu	100 gr	1		200 gr	2
	250 gr	1	Ispanak	50 gr	1		100 gr	3
	400 gr	2	Bağ	2 kg	1	Yulaf	1 kg	1
	500 gr	2	Kavun	5 kg	1		2 kg	1
	800 gr	2	Çilek	20 gr	1	Pamuk	100 gr	5
Fasulye	30 gr	1	Erik	1.5 kg	1		200 gr	1
Börülce	30 gr	1		2 kg	2	Buğday	1 kg	1
	300 gr	1	Zeytin	1.5 kg	2		10 kg	1
Biber	100 gr	2		10 lt	1		2 kg	1
	400 gr	1		4 lt	1		12 kg	1
	250 gr	1		1 kg	1		4 kg	2
Roka	50 gr	1		10 kg	1		50 gr	1
	100 gr	2	Arpa	2 kg	2		100 gr	1
Maydanoz	50 gr	2		400 lt	1		10 gr	1
	100 gr	3		10 gr	1			1

### Kullanılan tarım ilaçlarının verilme sıklığı

Araştırmada tarımda ilaçlama sıklıkları da incelenmiştir. Buna göre, domates üreten üreticilerin farklı sıklıklarla ilaçlama yaptığı anlaşılmaktadır. Bu üreticilerin %17.6'sı 20 günde 1, %17.6'sı 15 günde 1 ilaçlama yapmaktadır. Biber üreten üreticilerin %40'ının ise ayda 1 kere ilaç verdikleri tespit edilmiştir.

Yeşilliklere verilen ilaçların sıklıklarına bakıldığında roka üreten çiftçilerin %66.7'si 1 kere, %33.3'ü 4 kere, maydanoz üreten çiftçilerin %80'i 2 kere, %20'si 4 kere, dereotu üreten çiftçinin 4 kere, ıspanak üreten çiftçinin ise 5 kere ilaçlama yaptığı ortaya çıkmıştır. Tarım ve Orman Bakanlığı Muğla Tarım İl Müdürlüğü'nde konu uzmanlarından alınan bilgilere göre, yapılan ilaçlamaların sıklıklarının yüksek olduğu görülmektedir. Çok sık verilen tarım ilaçlarının hem toprağın zarar görmesine hem de ürünün kalitesinin düşmesine neden olmaktadır.

Ankete katılan çiftçilerin meyvelere ilaç verme sıklıklarına bakıldığında nar üreten çiftçinin ilacı üç kere verdiği, narenciye üreten çiftçilerin ise 2 kere verdiği, kavun üreticisinin 10 kere ilaç verdiği, erik üreten çiftçinin ise 3 kere ilaç verdiği tespit edilmiştir. Meyvelere verilen ilaçların sıklık duruma bakıldığında çilek üreticisinin 15 günde 1 kere cevabını vererek sürekli bir ilaçlama yaptığı tespit edilmiştir. Anlaşıyor ki çiftçiler yapılan ilaçlamanın pek faydasını göremeyip sürekli ilaçlama yapmaktadır. İlaçlama yerine çilekte görülen hastalık için doğal düşmanlarından yararlanılabilir.

Araştırmaya katılan çiftçilere hububatlarla ilaç verme sıklıkları sorulduğunda mısır üreten çiftçilerin %87.5'i 1 kere, %12.5'i 2 kere, buğday üreten çiftçilerin %77.8'i bir kere, %22.2'si iki kere, yulaf ve arpa üreticilerinin ise bir kez ilaç verdikleri görülmektedir.

### Toprak sorunları

Türkiye'de yaklaşık 2.5 milyon hektar alanda tarımsal üretimi tehdit eden drenaj ve arazi ıslahı sorunu bulunmaktadır. Sulama alanlarında yüksek taban suyu ve tuzlanma en ciddi sorunların başında gelmektedir (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2018). Çiftçilerin büyük bir kısmı (%52.5) topraklarıyla ilgili bir sorunlarının olmadığını düşünmektedir (Çizelge 8).

**Çizelge 8.** Toprakla ilgili sorunlar

**Table 8.** Problems with soil

Toprak İle İlgili En Önemli Sorunlar	Sayı	%
Sorunum yok	62	52.5
Su ve kıraçlık	15	12.7
Sürekli ekim sonucu verim azlığı, yorgunluk, zayıflık	15	12.7
Hastalıkların fazla olması (kök ve mantar hastalıkları)	3	2.5
Nematodlarla ve yabancı otlarla mücadele zorluğu	7	5.9
Toprakların parçalı ve küçük olması	12	10.2
Toprağın kaymak tabakasının olması (tuzluluk ve fazla sulama nedeniyle)	2	1.7
Taban suyunun fazla olması	1	0.8
Islah yapılamaması	1	0.8
Toplam	118	100.0

Şekil 2'de yapılan çoklu uyum analizi sonucunda toprak hakkındaki sorunlardan sürekli ekim sonucu verim azlığı, yorgunluk, zayıflık diyen üreticilerin eğitim düzeyleri lise ve yüksekokul seviyesinde olup toplam gelirleri 51 000-70 000 TL arasındadır. Eğitim düzeyi üniversite ve gelirleri 71 000-100 000 olan üreticiler toprak sorununu toprak ıslahının yapılmaması olarak görmektedir. Eğitim düzeyi düşük üreticiler toprak sorununun farkında olmayanlardır. Eğitim seviyesi yükseldikçe toprak sorunu daha özel konularda ifade edilmektedir. Verilen cevaplardan çiftçilerin çoğunluğunun verim azalması yaşadığı anlaşılmaktadır (Çizelge 9). Verim azalmasının nedenleri ise; aynı arazi üzerinde sürekli tarım yapılması, analiz yapılmadan, toprakların durumu öğrenilmeden ürün yetiştirilmesi, hava koşullarından dolayı bazı ayların yoğun yağış ve soğuk geçmesi ve bazı aylarda ise tamamen kurak geçmesi olabilmektedir.

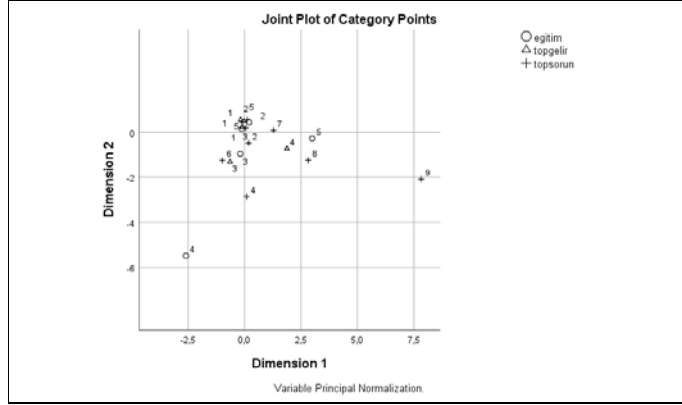
**Çizelge 9.** Toprağın zamanla değişme durumu

**Table 9.** The state of change of soil over time

Yıllar İtibari İle topraktaki değişiklik durumu	Sayı	%
Değişiklik var	54	45.8
Değişiklik yok	64	54.2
Toplam	118	100.0
<b>Değişiklikler</b>		
Verim azaldı	39	72.2
Sürekli aynı yerde tarım yapılmasından kaynaklı verimin azalması	7	13.0
Hayvan gübresi vermeden verim alamama	3	5.6
Toprakların kireçlenmesi	2	3.7
Yer altı sularının pH'nın artması	1	1.9
Çoraklaşma	1	1.9
İyi tarım uygulamaları yapıyorum verim arttı	1	1.9
Toplam	54	100.0

Üreticilerin çoğunluğu verim azalmasının farkında olmasına karşın topraklarında bir sorun görmemektedir. Bu durum da topraklarında iyileştirme yapmalarına ve korumalarına engel olmaktadır. Isparta ilinde yapılan bir çalışmaya göre (Yılmaz vd.2009), üreticilerin %21.43'ünün hangi ürüne hangi

gübreinin ne zaman ve ne miktarda kullanılacağını bilmedikleri belirlenmiştir. Gübre seçimi ve kullanımı konusunda ciddi bir bilgi eksikliği ortaya çıkmıştır. Çiftçiler gübre ve gübreleme ile ilgili uygulamalarında doğru bilgiye ihtiyaç duymaktadır. Tokat ilinde yapılan bir başka çalışmada (Yüzbaşıoğlu, 2020) ise, üreticilerin %67.59'u kimyasal gübrelerin toprağa verdiği zararlar hakkında bilgi sahibi olduğunu, %32.41'i bilgisi olmadığını ifade etmişlerdir. Üreticiler, kimyasal gübrelerin toprağa verdiği zararlar konusunda en fazla toprakta tuzlulaşmaya neden olduğunu (%60.69), ikinci sırada ağır metal birikimine (%31.03) ve üçüncü sırada ise sularda kirliliğe (%16.55) neden olduğunu belirtmişlerdir.



**Şekil 2.** Eğitim, toplam gelir ve toprak hakkındaki sorunlar arasındaki ilişki

**Figure 2.** The relationship between education, total income and problems about soil

Eğitim durumu: 1: İlkokul 2: Ortaokul 3: Lise 4: Yüksekokul 5: Üniversite

Toplam gelir: 1.5000-30000 2.31000-50000 3.51000-70000 4.71000-100000 5.100000+

Toprak hakkındaki sorunlar: 1. Sorunum yok 2. Su ve kıraçlık 3. Sürekli ekim sonucu verim azlığı, yorgunluk, zayıflık 4. Hastalıkların fazla olması (kök ve mantar hastalıkları) 5. Nematodlarla ve yabancı otlarla mücadele zorluğu 6. Toprakların parçalı ve küçük olması 7. Toprağın kaymak tabakasının olması (tuzluluk ve fazla sulama nedeniyle) 8. Taban suyunun fazla olması 9. İslah yapılamaması.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Dünya tarım topraklarının üçte biri erozyon, tuzluluk, bitki besin maddesi ve organik madde kaybı, kirlilik ve betonlaşma nedeniyle verimsizleşmiştir. Dünya arazilerinin yüzde 26'sına karşılık gelen 1.2 milyar hektar arazi ise yanlış tarımsal faaliyetler ve kullanım sonucu bozulma ile karşı karşıya kalmıştır (FAO, 2015). Türkiye için de geçerli olan tarım topraklarındaki bozulmalar sürdürülebilir tarımda risk oluşturmaktadır. Muğla'nın Milas ilçesinde yapılan bu çalışma ile üreticilerin tarım toprağını kullanım durumu ortaya konulmuştur. Çiftçilerin ortalama tarımsal deneyim süreleri 26 yıldır. Geçimlik işletmelerde yaş ortalaması yüksek, yıllık gelir ve eğitim seviyesi ise düşüktür, ticari işletmelerde ise eğitim seviyesi ve yıllık gelir artmakta, yaş ortalaması ise düşmektedir. Çiftçiler, arazilerinde sebze, meyve, yeşillik ve hububat üretimi yapmaktadır. Bu çiftçilerin büyük bir kısmı tarımsal üretimi kendi geçimlerini sağlamak amacıyla yapmaktadırlar. Araziler, büyük ölçüde çiftçilerin kendi mülkleri ve tek parçadır. Araştırma bölgesinde yapılan üretimler büyük ölçüde sulu ve düz ovadadır. Üretilen ürünlerden sebzelerin, yeşilliklerin ve meyvelerin bir kısmı aile tüketimi için kullanılırken büyük çoğunluğu satılmaktadır. Hububat üretiminde ise hayvanları olanlar kendi hayvanlarına yedirmekte ya da tamamını satmaktadır. Sürdürülebilir tarımda toprak kullanımı oldukça önemlidir. Uzun süre aynı ürünün üretilmesi, aşırı sulama, gübreleme gibi faaliyetler zamanla verimi düşürmektedir. Toprağın uzun süre verimini koruması ve sürdürülebilirliği ancak toprak ıslahıyla olasıdır. Araştırmada üreticilerin büyük çoğunluğunun (%85.6) ıslah çalışması ve ekim nöbeti (%55.1) yaptırmadığı ortaya çıkmıştır. Arazi ıslahı yaptıranların ise %94.1'i solarizasyon, %5.9'u nadas uygulaması şeklinde yapmaktadır. Çiftçilerin arazi ıslah çalışmaları hakkında yeteri kadar bilgi sahibi olmadıkları da belirlenmiştir. Bu da tarımın ve toprağın sürdürülebilir kullanımını olumsuz etkileyebilmektedir.

Sürdürülebilir toprak kullanımında oldukça önemli olan arazi ıslahı ve ekim nöbeti konusunda üreticilere ilgili tarım kuruluşları ve yerel örgütler aracılığıyla kapsamlı ve etkili bir yayım ve eğitim çalışması yürütülmelidir. Yayım çalışmalarının tüm süreçlerine üreticilerin katılımı sağlanarak katılımcı yaklaşımlar ve uygulamalar esas alınmalıdır. Ayrıca, toprak yapısı ve buna uygun bitkiler Tarım ve Orman Bakanlığı'nca bölgelere göre belirlenerek, üreticilere ekim nöbeti yapılabilecek ve bölgeye uygun bitkiler konusunda yol gösterilmeli ve bilgilendirme ve yayım çalışmaları yürütülmelidir. Üreticilerin büyük bölümü (%77.1) toprak analizi yaptırmamıştır. Çiftçilerin eğitim seviyesi düştükçe toprak analizi yaptırmama oranları yükselmektedir. Toprak analizi yaptıranların genellikle desteklerden faydalanmak için yaptırdığı ortaya çıkmıştır. Bu durum da toprağın sürdürülebilir kullanımını olumsuz etkileyebilmektedir.

Üreticilerin genelde kullandığı gübre çeşitleri seçimi bölge toprağı ve bitkiler için uygundur. Kullanılan gübre miktarında ise, yeşilliklerde gereğinden oldukça fazla olduğu ortaya çıkmaktadır. Domates, biber, patlıcan ve salatalık üreten çiftçilerin tüm sezon boyunca gübre verdiği görülmektedir. Yapılan tüm sezon boyunca gübre uygulamasının ise fazla olduğu belirlenmiştir. Gereğinden fazla gübre uygulamaları ise hem toprağı hem de su kaynaklarını kirletmektedir. Sürdürülebilir bir tarım için toprağın verimliliğinin korunması gerekmekte, bu nedenle de gübre miktarları makul seviyelere düşürülmelidir. Bu konuda yerel örgütler ve kamu kuruluşları üreticileri bilinçlendirme ve eğitime amaçlı yayım çalışmaları yürütmelidir. Yaş ortalaması arttıkça ahır gübresi kullanım oranı artmaktadır. Böylece orta yaş üreticiler hedef kitle olabilir. Üreticilerin genel olarak gübreleri temin ettikleri yerler açısından ilk sırayı ilaç bayileri, ikinci sırayı tarım kredi kooperatifleri, üçüncü sırayı ise Ziraat Odaları almaktadır. İlaç bayileri kar amaçlı çalışan özel kuruluşlar olduğu için denetim ve izlemeye tabi tutulmalıdır. Bitki hastalık ve zararlılarla mücadelede üreticilerin oldukça geniş çeşitliğe sahip ilaçlar kullandıkları ortaya çıkmıştır. Yeşilliklere verilen ilaçlarda roka, maydanoz, marul, dereotu ve ıspanak üreticilerinin tamamı sinek ilacını (mostar) kullandıklarını ifade etmiştir. Ancak, Tarım ve Orman Bakanlığı'nın bitki koruma ürünleri veri tabanına göre tek yıllık yeşilliklere verilen ilaçlar incelendiğinde mostar tarım ilacının yeşilliklerde kullanımı görülmemektedir. Üreticilerin kullandıkları tarım ilacı konusunda yanlış bir seçim yaptıkları ortaya çıkmaktadır. Bu konuda üreticilerin doğru bilgilendirilmeleri ve yanlış uygulamalardan vazgeçme konusunda ikna edilmeleri gerekmektedir. Bu da yine yayım çalışmaları ile yapılabilir. Bitkilerdeki birçok hastalık ve zararlılar için kimyasal ilaçlar tercih edilmektedir. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın yayınladığı bitki koruma ürünleri veri tabanına bakıldığında, kullanılan ilaçlar için dekar başına belirli bir oran yazılmaktadır. Çiftçilerin verdikleri ilaçların miktarı ile kıyaslandığında çiftçilerin ilaçların miktarını biraz daha fazla tuttukları ortaya çıkmıştır. Bunun yanında kimyasal ilaçların verilme sıklıkları da oldukça fazladır. Birçok sebze ve yeşillikte ve çilekte neredeyse tüm üretim sezonu boyunca ilaçlama yapmaktadır. Her ne kadar hastalık ve zararlılar için doğru teşhis ve ilaç seçimi yapılsa da kimyasal ilaçlar, toprağı ve suyu kirletmekte, ekolojiye zarar vermekte ve insan sağlığını tehdit etmektedir. Kimyasal ilaç yerine çevre dostu olarak adlandırılan organik entegre mücadele yöntemleri tercih edilmelidir. Bu yöntemler konusunda üreticiler bilgilendirilmeli ve teşvik edilmelidir.

Üreticilerin çoğunluğu verim azalmasının farkında olmasına karşın topraklarında bir sorun görmemektedir. Bu durum da topraklarında iyileştirme yapmalarına ve koruma önlemleri alınmasına engel olmaktadır. Üreticilerin toprağın sürdürülebilir kullanımında toprak ıslahı, ekim nöbeti, gübre ve ilaç uygulamaları konusunda bilgi ve eğitime gereksinimleri vardır. Çevre dostu ve organik yöntemlerin üreticiye tanıtılıp, benimsetilmesi ve bu tür uygulamaların yaygınlaştırılması konularında katılımcı yaklaşımlarla yayım programları hazırlanmalı ve üreticileri teşvik edecek politikalara yer verilmelidir.

## KAYNAKLAR

- Anonymous, 2018. Muğla İl Tarım ve Orman Müdürlüğü (Web sayfası: <https://mugla.tarimorman.gov.tr/Menu/48/Tarimsal-Uretim-Degerleri>) (Erişim tarihi: Ekim 2018).
- Aznar-Sánchez J. A., M. Piquer-Rodríguez, F. J. Velasco-Muñoz & F. Manzano-Agugliar, 2019. Worldwide research trends on sustainable land use in agriculture, Land Use Policy, 87: 104069. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104069>

- Budak, M., H. Günal, O.M. Kılıç & N. Acir, 2020. Tuzlu ve sodik arazilerde ıslah ve tarımsal faaliyetler sonrası arazi tahribatının dengelenmesinin izlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 7 (2): 172-182.
- Cunningham, S.A., S.J. Attwood, K.S.Bawa, T.G. Benton, L.M. Broadhurst, R.K. Didham, S. McIntyre, I. Perfecto, M.J. Samways, T. Tscharntke, J. Vandermeer, M.A. Villard, A.G. Young & D.B. Lindenmayer, 2013. To close the yield-gap while saving biodiversity will require multiple locally relevant strategies. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 173: 20-27.
- Çelik Ateş, H. & A. Akbaş, 2018. Sürdürülebilir tarımda doğal kaynakların kullanımı. *Akademia Sosyal Bilimler Dergisi*, Özel Sayı 1: 398-407.
- Çiçek, A. & O. Erkan, 1996. Tarım Ekonomisinde Araştırma ve Örnekleme Yöntemleri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 12, Ders Notları Serisi No: 6. Tokat*, 118s.
- FAO, 2015. Toprak Gübre ve Su Kaynakları MAE, 2015. *Türkiye Topraklarının Organik Karbon Bilgi Yönetim Sistemi*, Ankara, 106 s.
- Foucher, A., S. Salvador-Blanes, O. Evrard, A. Simonneau, E. Chapron, T. Courp, O. Cerdan, I. Lefèvre, H. Adriaensen, F. Lecompte & M. Desmet, 2014. Increase in soil erosion after agricultural intensification: evidence from a lowland basin in France. *Anthropocene* 7: 30-41.
- Güler, Ç. & Z. Çobanoğlu, 1997. Toprak kirliliği. *T.C. Sağlık Bakanlığı Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi*, 40 s.
- Güler, Ç., 1997. Toprak Kirliliği. *Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi: 40, Barok Ofset Ltd. Şti, Ankara*, 47 s.
- İkincikarakaya, S.Ü., K.İ. Beyaz & F. Rezaei, 2013. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 6 (1): 104-109.
- Kara, B., N. Kara, Z. Akman & C. Balabanlı, 2011. Tarla bitkilerinde ekim nöbetinde ön bitki değeri ve etkileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 28 (1): 12-24.
- Karaca, A. & O. C. Turgay, 2012. Toprak kirliliği. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 1 (1): 13-19.
- Kılıç, R. & K. Korkmaz, 2012. Kimyasal gübrelerin tarım topraklarında artık etkileri. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5 (2): 87-90.
- Kirkhorn, S. & M.B. Schenker, 2001. Human Health Effects of Agriculture: Physical Diseases and Illnesses. *National Agriculture Safety Database (NASD)*, 18 pp.
- Kitiş, Y.E., 2011. "Yabancı ot mücadelesinde malç ve solarizasyon uygulamaları, 463-468". *GAP VI. Tarım Kongresi Bildiri Kitabı*, 789 s.
- Özbek, A. K. & T. Öztaş, 2004. Tarım arazilerinin amaç dışı kullanımı; Erzurum örneği. *Ekoloji*, 13 (52): 1-6.
- T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2018. On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023) Tarımda Toprak ve Suyun Sürdürülebilir Kullanımı Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara. (Web sayfası: <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/06/Tar%C4%B1mda-Toprak-ve-Suyun-S%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilir-Kullan%C4%B1m%C4%B1-%C3%96zel-%C4%B0htisas-Komisyonu-Raporu.pdf>) (Erişim tarihi: Mayıs 2022).
- Tanrıverdi, K. & Y. Çelik, 2016. Konya İli Çumra İlçesi Tarım İşletmelerinde Üreticilerin Toprak Analizi Yaptırma Nedenleri ve Yaklaşımları. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 5 (1): 35-44.
- Topçu, P., 2012. Tarım Arazilerinin Korunması ve Etkin Kullanılmasına Yönelik Politikalar (Basılmamış) Uzmanlık Tezi. *Kalkınma Bakanlığı İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü*, 145 s.
- Torun, H. & F.N. Uygur, 2019. Kültür bitkileri ile ekim nöbeti uygulamalarının yabancı ot yönetimine etkisi. *Turkish Journal of Weed Science*, 22 (1): 127-132.
- TÜİK, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu (Web sayfası: <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>) (Erişim tarihi: Şubat 2022).
- Yılmaz, H., V. Demircan & M. Gül, 2009. Üreticilerin Kimyasal Gübre Kullanımında Bilgi Kaynaklarının Belirlenmesi ve Tarımsal Yayım Açısından Değerlendirilmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4 (1): 31-44.
- Young, J., A. Watt, P. D. Nowicki, J. Alard, K. Clitherow, R. Henle, E. Johnson, D. Laczko, S. S. Matouch, Jari Niemela & R. Caspian, 2005. Towards sustainable land use: identifying and managing the conflicts between human activities and biodiversity conservation in Europe. *Biodiversity & Conservation*, 14: 1641-1661.
- Yüzbaşıoğlu, R. 2020. Üreticilerin Kimyasal Gübre Kullanım Bilinç Düzeylerinin İncelenmesi: Tokat Merkez İlçe Örneği. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, 1 (2): 452-465.
- Zucaro, F. & R. Morosini, 2018. Sustainable land use and climate adaptation: a review of European local plans. *Tema. Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 11 (1): 7-26.







## Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (1):141-154  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1175000>

Asiye UZUN YİĞİT<sup>1\*</sup>

Ozan DEMİRÖZER<sup>1</sup>

Rüstem HAYAT<sup>2</sup>

Ante VUJİĆ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü,  
32000, Merkez, Isparta, Türkiye

<sup>2</sup> Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki  
Koruma Bölümü, 21000, Antalya, Türkiye

<sup>3</sup> University of Novi Sad, Faculty of  
Sciences, Department of Biology and  
Ecology, 07059, Novi Sad, Serbia

\* Sorumlu yazar (Corresponding author):

[asiyeuzun@isparta.edu.tr](mailto:asiyeuzun@isparta.edu.tr)

**Anahtar sözcükler:** Avcı, biyolojik  
mücadele, yaprakbiti, yararlı

**Keywords:** Predator, biological control,  
aphid, useful

# Göller Yöresi (Türkiye) entomofag Syrphidae (Diptera) türleri ve yayılışları\*

## Entomophagous Syrphidae (Diptera) species of the Lakes Region of Türkiye and their distribution

\* Bu makale TÜBİTAK 1001 Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Birimi tarafından 213O243 Numaralı proje olarak desteklenmiştir.

Received (Alınış): 14.09.2022

Accepted (Kabul Tarihi): 07.02.2023

### ÖZ

**Amaç:** Bu çalışma, Göller yöresinde predatör özellikle olan Syrphidae (Diptera) türlerinin saptanması ve yayılışlarının belirlenmesi amacıyla 2014-2016 yıllarında gerçekleştirilmiştir.

**Materyal ve Yöntem:** Ergin bireyler tarım alanları, işlenmemiş araziler ve ormanlık alanlardaki ağaç, çalı ve otsu bitkiler üzerinden havanın açık ve güneşli olduğu zamanlarda atrap ve ağız aspiratörü kullanılarak 241 ayrı örnekleme noktasından toplanmıştır. Örnekleme sırasında bulunan ergin öncesi dönemler konukçuları ile birlikte kültüre alınmak üzere laboratuvara getirilmiştir. Bütün ergin Syrphidae bireyleri klasik teşhis metotları kullanılarak tanılanmıştır.

**Araştırma Bulguları:** Çalışma sonuçlarına göre; entomofag özellikle olan *Baccha*, *Chrysotoxum*, *Didea*, *Episyrphus*, *Eupeodes*, *Heringia*, *Melanostoma*, *Meliscaeva*, *Paragus*, *Pipiza*, *Pipizella*, *Platycheirus*, *Scaeva*, *Sphaerophoria*, *Syrphus*, *Volucella*, *Xanthandrus* ve *Xanthogramma* cinslerine ait 38 tür belirlenmiştir. En yaygın türler, *Episyrphus balteatus* (De Geer, 1776), *Eupeodes corollae* (Fabricius, 1794), *E. nuba* (Wiedemann, 1830), *Melanostoma mellinum* (L., 1758), *Paragus albifrons* (Fallén, 1817), *P. bicolor* (Fabricius, 1794), *P. haemorrhous* Meigen, 1822, *P. tibialis* (Fallén, 1817), *Sphaerophoria rueppelli* Wiedemann, 1830, *S. scripta* (L., 1758) ve *S. turkmenica* Bankowska, 1964; sayıca en fazla örneklenen türler ise *S. scripta* (1937 birey, % 62.10), *M. mellinum* (374 birey, % 11.99) ve *E. corollae* (264 birey, % 8.4)'dir.

**Sonuç:** Göller yöresinde belirlenen örnekleme alanlarında entomofag Syrphidae türleri ve yayılışları belirlenmiştir. Çalışmada, bazı türlerin avları da belirlenmiştir.

### ABSTRACT

**Objective:** The objective of this study was to determine the entomophagous Syrphidae (Diptera) species in the Lakes Region of Türkiye and their distribution in 2014-2016.

**Material and Methods:** Adult specimens were collected from 241 different localities on trees, shrubs and herbaceous plants in agricultural areas, uncultivated lands and forest areas, by using sweep-net and mouth aspirator when the weather was clear and sunny. The pre-adults found during sampling were brought to the laboratory to be cultured together with their hosts. All adult Syrphidae individuals were identified using classical diagnostic methods.

**Results:** According to the results of the study; a total of 38 species having entomophagous character belonging to the genera, *Baccha*, *Chrysotoxum*, *Didea*, *Episyrphus*, *Eupeodes*, *Heringia*, *Melanostoma*, *Meliscaeva*, *Paragus*, *Pipiza*, *Pipizella*, *Platycheirus*, *Scaeva*, *Sphaerophoria*, *Syrphus*, *Volucella*, *Xanthandrus* and *Xanthogramma* were determined. *Episyrphus balteatus*, *Eupeodes corollae*, *E. nuba*, *Melanostoma mellinum*, *Paragus albifrons*, *P. bicolor*, *P. haemorrhous*, *P. tibialis*, *Sphaerophoria rueppelli*, *S. scripta* and *S. turkmenica* were the most common species while *S. scripta* (1937 individuals, 62.10%), *M. mellinum* (374 individuals, 11.99%) and *E. corollae* (264 individuals, 8.4%) have been the most sampled species.

**Conclusion:** In this study, Entomophagus Syrphidae species and their distribution were determined in the sampling areas in the Lakes region while prey of some species was also determined.

## GİRİŞ

Akdeniz Bölgesi'nin kuzeyinde, İç Anadolu Bölgesi'nin batı iç kısımlarına kadar uzanan Göller Yöresi, farklı iklim özellikleri, değişken jeolojik yapısı ve sahip olduğu çok sayıda göllerle çok zengin bir biyoçeşitliliği bünyesinde barındırmaktadır. Yörede, henüz bir araştırmaya dahil edilmemiş birçok arthropod grubu bulunmaktadır. Bunlardan birisi de Diptera'ya ait Syrphidae'dir. Çiçek sinekleri olarak bilinen bu böcekler Diptera'da tür sayısı bakımından en büyük familyalarından birisini oluşturmaktadır. Syrphidler, bitkilerin tozlaşmasında küçümsenmeyecek düzeyde etkili olan ve birçok kültür bitkisi ve yabani bitkinin arılardan sonra en önemli tozlayıcıları olarak kabul edilmektedir (Simic & Glumac, 1987). Erginlerinin çiçeklerde polen ve nektar ile beslenmelerine karşın, syrphidler büyük çoğunluğunun değişik böcek gruplarına ait türlerin özellikle de yaprakbitlerinin avcısı olmaları, biyolojik mücadele çalışmalarında kullanılabilmelerine olanak tanımaktadır (Van Driesche et al., 2008). Avrupa'da 900'den fazla syrphid türü bilinmekte olup, bunların yaklaşık yarısı Akdeniz Bölgesi'nde bulunmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalarla bilim dünyasına çok sayıda yeni syrphid türü dahil olmuştur (Vujić et al., 2020).

Syrphinae alt familyası, Pipizini tribüsü ile *Volucella* ve *Microdon* cinsleri zoofag türleri içeren önemli taxa'yı oluşturmaktadır. Pipizini ve Syrphinae türleri, çok az istisna dışında, tamamen afit predatörleri olarak bilinmektedir (Rotheray, 1986). Afitter dışında diğer bazı böceklerle beslenen syrphid türleri de bulunmaktadır. Örneğin, Syrphinae altfamilyasında bazı türlerin larvaları Coccidae, Psyllidae, Aleyrodidae ve Cicadellidae türleri (Kohli et al., 1988; Rojo et al., 1999), *Xanthandrus comptus* (Harris, 1780)'un larvaları ise toplu olarak yaşayan bazı Microlepidoptera larvaları ile beslenmektedir. Ayrıca, *Dasysyrphus tricinctus* Fallén, 1817'un, tenthredinid ve noctuid larvaları, *Parasyrphus nigratarsis* (Zetterstedt, 1843)'in chrysomelid larvası ve bazı *Chrysotoxum* ve *Doros* türlerinin karınca larvaları ile beslendikleri tahmin edilmektedir (Sommagio, 1999). Zeytin ağacında zararlı olan psyllidlerinin avcılarını araştırılırken *Euphyllura olivina* (Costa, 1839) (Hemiptera: Aphalaridae) üzerinde avlanan birkaç syrphid larvası bulunup, kültüre alındıktan sonra *Scaeva mecogramma* (Bigot, 1860) ergin bireyleri olduğu belirlenmiştir (Rojo et al., 1999). Aynı çalışmada *Trioza alacris* Flor, 1861 (Hemiptera: Triozidae)'in meydana getirdiği gallerin üzerinde *Heringia heringi* (Zetterstedt, 1843)'nin yumurta ve birinci dönem larvalarını gözlemlemişlerdir. Ayrıca, *Meliscaeva auricollis* (Meigen, 1822) larvalarının zeytin ağacında bulunan psyllid kolonilerinde beslendiklerini saptamışlardır. Kuzey Amerika türü *Toxomerus corbis* (Walker) larvasının *Tetranychus* sp. de beslendiği kaydedilmiştir (Gilbert, 2005).

Türkiye'de Syrphidae türlerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar oldukça sınırlı düzeydedir. Genellikle değişik kültür bitkilerindeki böcek gruplarının belirlenmesine yönelik çalışmalar sırasında elde edilen Syrphidae'ye bağlı doğal düşman olan türlere değinilmiştir (Erkin, 1983; Zeren & Düzgüneş, 1983; Alaoğlu & Özbek, 1987; Yaşarakıncı & Hıncal, 2000; Civelek & Tezcan, 2005; Öztürk vd., 2005; Ayyıldız & Atlıhan, 2006; Daşçı & Güçlü, 2008; Demirözer & Karaca, 2014). Daha önceki çalışmalarda, Göller Yöresinde Syrphidae'ye ait çok az sayıda doğal düşman tespiti dışında, özellikle çiçek sineklerinin türlerinin belirlenmesine yönelik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma, Göller Yöresi'nde avcı özellikte olan Syrphidae türlerinin saptanması ve yayılışlarının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma, Göller Yöresi'nde yer alan illerden Antalya (Korkuteli), Afyonkarahisar (Dazkırı, Dinar), Burdur (Ağlasun, Altınyayla, Bucak, Çavdır, Çeltikçi, Gölhisar, Karamanlı, Kemer, Tefenni ve Yeşilova), Isparta (Aksu, Atabey, Eğirdir, Gelendost, Gönen, Keçiborlu, Senirkent, Sütçüler, Şarkikaraağaç, Uluborlu, Yalvaç ve Yenişarbademli) ve Konya (Beyşehir)'da yürütülmüştür. Çalışmanın materyalini, Göller Yöresi'nde bulunan illerden 2014, 2015 ve 2016 yıllarının nisan-ekim ayları arasında, her ilçeye en az ikişer kez gidilerek toplanan çiçek sinekleri (Syrphidae) örnekleri oluşturmuştur. Ayrıca kültüre alınan ergin öncesi dönemleri birlikte bulunduğu yaprakbitleri de diğer çalışma materyalleridir.

## Ergin örneklemeleri

Ergin bireyler, tarım alanları, işlenmemiş araziler ve ormanlık alanlardaki ağaç, çalı ve otsu bitkiler üzerinden 241 ayrı örnekleme noktasından havanın açık ve güneşli olduğu zamanlarda atrap ve ağız aspiratörü kullanılarak toplanmıştır. Polietilen torbalar veya plastik tüpler içerisindeki ergin bireyler laboratuvara getirilerek -20°C'de tutulduktan sonra, böcek iğneleriyle iğnelenmiş ya da iğneye takılmış beyaz kartonlara teşhise uygun şekilde yapıştırılarak etiket bilgileri eklenmiştir.

## Kültüre alınan yaprakbiti türlerinden Syrphidae türlerinin elde edilmesi

Avcı türlerin ergin öncesi dönemleri beslendikleri konukçuları ve üzerinde buldukları bitkiler ile birlikte kağıt havlu arasında ve polietilen torbalar içerisinde buz kutusuyla laboratuvara getirilmiş, syrphid yumurta, larva veya pupalarının bulunduğu bitkiler ergin sineklerin elde edilmesi ve avları olan yaprakbitlerinin ayırım ve teşhislerinin yapılması amacıyla etiket bilgileriyle birlikte ayrı ayrı kontrollü şartlarda (25±1, % 60 nem, 16:8 aydınlatma) kültüre alınmıştır. Kültüre alınan syrphid yumurta ve larvalarının beslenerek ergin bireylerin elde edilmesi amacıyla bol miktarda konukçu bitki ve yaprakbiti toplanarak laboratuvarında muhafaza edilmiştir. Yaprakbiti türlerinin teşhisi Doç. Dr. Işıl ÖZDEMİR (Kocaeli Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Kocaeli) tarafından gerçekleştirilmiştir. Ergin çıkışlarının ardından etil asetat yardımı ile öldürülen bireyler etiket bilgileriyle iğnelenmiştir.

## Türlerin tanılanması

Arazi çalışmalarında toplanan erginler ve de avlarıyla birlikte kültüre alınarak ergin çıkışı sağlanan bireyler, mevcut literatür ışığında ve referans materyali dikkate alınarak stereomikroskop altında incelenmiş, altfamilya ve cins düzeyine kadar sınıflandırıldıktan sonra, aynı cins içerisinde morfolojik olarak farklı görünen bireylere birer referans numarası verilmiştir. İhtiyaç duyulduğunda, teşhiste önem taşıyan erkek bireylerin genitalyaları çıkarılarak içerisinde gliserin bulunan mikrobiyal tüplere aktarılmıştır. Entomofag syrphid erginlerinin tür düzeyinde teşhisleri, Prof. Dr. Rüstem HAYAT ve Prof. Dr. Ante VUJIĆ tarafından yapılmıştır.

Tanısı yapılmış olan türlerin gelecekte yürütülecek çalışmalar için referans materyali olarak kullanılabilmesi amacıyla Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü'nde bulunan Isparta Entomoloji Müzesinde (EMIT) özel olarak hazırlanan koleksiyon dolaplarında muhafaza edilmesi sağlanmıştır.

Örneklerin toplandıkları noktaların lokasyon bilgileri (GPS), konukçuları ve habitat notları kaydedilmiştir. Örnekleme noktalarına ait lokalite ve tarih bilgileri kod numaralarıyla birlikte Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Örnekleme noktalarına ait bilgiler ve kod numaraları

**Table 1.** Information and code numbers of sampling points

Kod	Lokalite	Enlem-Boylam	Rakım(m)	Tarih
1	Konya, Budak, Hüyük	37°51'30.26"N 31°34'49.40"E	1132	28.iv.2014
2	Isparta, Şarkikaraağaç, Kıyakdede	37°59'18.63"N 31°28'48.26"E	1137	28.iv.2014
3	Konya, Beyşehir, Çiftlik	37°42'56.42"N 31°42'30.76"E	1130	28.iv.2014
4	Konya, Hüyük, Göçeri	37°57'51.66"N 31°31'20.89"E	1124	28.iv.2014
5	Isparta, Yalvaç, Çetince	38°11'32.93"N 31°12'59.66"E	1171	28.iv.2014
6	Isparta, Eğirdir, Mahmatlar	37°55'35.70"N 30°55'30.00"E	1172	28.iv.2014
7	Isparta, Gönen Senirce Köyü	37°53'3.21"N 30°30'29.77"E	941	02.v.2014
8	Isparta, Gönen, Senirce Köyü Yolu-1	37°53'19.60"N 30°31'1.22"E	960	02.v.2014
9	Isparta, Gönen, Senirce Köyü Yolu-2	37°53'58.52"N 30°30'42.99"E	1000	02.v.2014
10	Isparta, Gönen, Güneykent, Gümüşgün	37°53'51.70"N 30°24'0.48"E	937	02.v.2014
11	Isparta, Keçiborlu, Güneykent, Yukarı	37°56'36.9"N 30°18'56.3"E	975	02.v.2014
12	Isparta, Keçiborlu, Güneykent, Yukarı	37°56'23.87"N 30°19'5.68"E	970	02.v.2014
13	Isparta, Uluborlu, Selçuklu	38°4'39.99"N 30°28'46.01"E	1019	02.v.2014
14	Isparta, Senirkent, Senirkent-Yalvaç yolu	38°10'15.36"N 30°40'38.28"E	946	02.v.2014
15	Isparta, Senirkent-Yalvaç Yolu, Eski Köy, Gençali	38°14'35.30"N 30°46'7.40"E	952	02.v.2014
16	Isparta, Yalvaç/Senirkent-Yalvaç Yolu, İleği	38°18'51.86"N 31°7'38.41"E	1167	02.v.2014

**Çizelge 1.** Örnekleme noktalarına ait bilgiler ve kod numaraları (devamı)**Table 1.** Information and code numbers of sampling points (continued)

Kod	Lokalite	Enlem-Boylam	Rakım(m)	Tarih
17	Isparta, Yalvaç, Madenli Köyü	38°9'53.88"N 31°5'41.12"E	983	02.v.2014
18	Burdur, Ağlasun, Hamam	37°37'50.88"N 30°31'15.96"E	1077	12.v.2014
19	Burdur, Ağlasun, Kiprit, Kum	37°37'25.05"N 30°30'54.88"E	1036	12.v.2014
20	Burdur, Çeltikçi, Kiprit, Yukarı	37°35'13.92"N 30°31'21.40"E	1149	12.v.2014
21	Burdur, Çeltikçi, Antalya-Burdur Yolu, Kuzköy	37°33'05.0"N 30°27'36.3"E	887	12.v.2014
22	Burdur, Bucak, Bucak çıkışı	37°22'8.44"N 30°31'30.58"E	792	12.v.2014
23	Antalya, Korkuteli, Bozova	37°14'54.19"N 30°17'48.56"E	859	12.v.2014
24	Antalya, Korkuteli, Sülekler	37°7'24.36"N 30°3'2.89"E	1236	12.v.2014
25	Antalya, Korkuteli, Söğüt, Korkuteli-Tefenni yolu	37°05'35.8"N 29°53'57.1"E	1200	12.v.2014
26	Burdur, Karamanlı, Burdur- Fethiye yolu	37°21'10.5"N 29°48'53.1"E	1120	12.v.2014
27	Burdur, Merkez, Boğaziçi Kemer Yolu	37°30'16.97"N 30°4'39.12"E	992	12.v.2014
28	Burdur, Merkez, Boğaziçi, Burdur Kemer Yolu	37°29'57.73"N 30°5'1.61"E	979	12.v.2014
29	Isparta, Keçiborlu, Kozluca	37°55'25.52"N 30°15'57.36"E	1026	16.v.2014
30	Isparta, Keçiborlu, Kaplanlı, Aydoğmuşlar Köyü	37°58'49.81"N 30°12'14.22"E	1005	16.v.2014
31	Afyonkarahisar -Dinar Başmakçı Beldesi	37°54'30.84"N 29°58'13.08"E	1094	16.v.2014
32	Afyonkarahisar, Başmakçı, Mimar Sinan Başmakçı Beldesi	37°54'24.89"N 29°58'7.55"E	847	16.v.2014
33	Afyonkarahisar, Dazkırı, Dazkırı-Denizli yolu	37°52'37.93"N 29°50'4.47"E	854	16.v.2014
34	Isparta, Keçiborlu, Kaplanlı	37°58'49.62"N 30°12'14.06"E	966	16.v.2014
35	Isparta, Keçiborlu, Kılıç Havalimanı civarı	37°53'58.41"N 30°19'50.38"E	945	16.v.2014
36	Isparta, Eğirdir, Isparta-Eğirdir Arası Barla yolu	37°54'12.17"N 30°44'10.31"E	1001	29.v.2014
37	Isparta Eğirdir Bedre Koyu yolu	37°54'39.06"N 30°46'47.43"E	975	29.v.2014
38	Isparta, Eğirdir, Beydere, Sahil	37°55'17.10"N 30°47'40.20"E	928	29.v.2014
39	Isparta, Eğirdir, Cırbeli, Akbelenli, Kovada gölü	37°38'48.84"N 30°51'57.91"E	909	29.v.2014
40	Isparta, Eğirdir, Cırbeli, Kırıntı, Kovada gölü Park Alanı	37°37'47.27"N 30°52'19.21"E	909	29.v.2014
41	Isparta, Eğirdir, Kovada göl kıyısı	37°36'44.18"N 30°52'31.82"E	904	29.v.2014
42	Isparta, Gelendost, Yeşilköy	37°59'47.01"N 30°59'18.36"E	1068	29.v.2014
43	Isparta, Gelendost, Yeşilköy-2	37°59'47.9"N 30°59'28.4"E	1235	29.v.2014
44	Isparta, Şarkikaraağaç, Şarkikaraağaç yolu	38°8'21.94"N 31°18'11.12"E	1174	29.v.2014
45	Isparta, Şarkikaraağaç, Kiyakdede, Kireli Köyü girişi	37°59'13.81"N 31°28'30.82"E	1225	29.v.2014
46	Konya, Beyşehir, Beyşehir yolu (gölkenarı)	37°51'28.95"N 31°34'48.02"E	1130	29.v.2014
47	Konya, Beyşehir, Beyşehir yolu	37°51'27.86"N 31°34'35.89"E	1130	29.v.2014
48	Isparta, Eğirdir, Ağilköy	37°48'49.82"N 30°53'58.53"E	1009	10.vi.2014
49	Isparta, Eğirdir, Ağilköy çıkışı	37°48'28.18"N 30°55'9.22"E	1121	10.vi.2014
50	Isparta Aksu Aksu yolu-1	37°48'31.92"N 30°55'33.52"E	1150	10.vi.2014
51	Isparta, Eğirdir, Havutlu, Aksu yolu-2	37°47'17.33"N 30°59'6.79"E	1190	10.vi.2014
52	Isparta, Sütçüler, Ayvalıpınar Köyü	37°40'38.42"N 31°1'0.73"E	1173	10.vi.2014
53	Isparta, Sütçüler, Sütçüler yolu	37°39'53.09"N 30°59'1.75"E	1250	10.vi.2014
54	Isparta, Sütçüler, Sipahiler Köyü çıkışı	37°38'43.47"N 30°59'3.09"E	1188	10.vi.2014
55	Isparta, Aksu, Terziler	37°44'50.67"N 31°8'22.41"E	1180	10.vi.2014
56	Isparta, Aksu, Aksu-Yenişarbademli yolu	37°44'47.61"N 31°14'21.75"E	1400	10.vi.2014
57	Isparta, Yenişarbademli, Pınargözü mevki	37°42'6.69"N 31°21'13.84"E	1338	10.vi.2014
58	Isparta, Yenişarbademli, Beyşehir yolu	37°42'7.68"N 31°21'12.52"E	1164	10.vi.2014
59	Burdur, Burdur Gölü kenarı	37°41'28.42"N 30°11'23.86"E	866	12.vi.2014
60	Burdur, Merkez, Yassıgüme	37°36'46.61"N 30°8'26.76"E	931	12.vi.2014
61	Burdur, Merkez, Karaçal, Yeşilova yolu-1	37°34'56.82"N 30°3'58.57"E	893	12.vi.2014
62	Burdur, Yeşilova, Yarıklı, Yeşilova yolu-2	37°35'45.14"N 29°57'33.05"E	939	12.vi.2014
63	Burdur, Yeşilova, Yeşilova yolu	37°33'7.92"N 29°48'56.11"E	1145	12.vi.2014
64	Burdur, Yeşilova, Salda Gölü kenarı	37°30'44.60"N 29°41'18.25"E	1153	12.vi.2014
65	Burdur, Kemer, Kemer yolu	37°29'56.87"N 30°5'0.01"E	1094	12.vi.2014
66	Burdur, Kemer, Kemer Yolu	37°29'56.87"N 30°5'0.01"E	1018	12.vi.2014
67	Burdur, Karamanlı, Kağılcık, Aziziye yolu	37°22'59.52"N 29°54'36.59"E	1290	12.vi.2014
68	Burdur, Merkez, Kapaklı, Cami	37°27'57.51"N 30°17'16.20"E	1440	12.vi.2014
69	Burdur, Merkez, Aksu, Cami	37°28'42.41"N 30°17'10.13"E	1460	12.vi.2014
70	Burdur, Ağlasun, Ağlasun yolu-1	37°38'51.00"N 30°41'30.89"E	971	12.vi.2014
71	Burdur, Ağlasun, Ağlasun yolu-2	37°38'34.76"N 30°42'3.68"E	1004	17.vi.2014
72	Burdur, Ağlasun, Ağlasun yolu-3	37°38'0.39"N 30°37'8.97"E	1014	17.vi.2014
73	Burdur, Ağlasun, Sagalason yolu	37°39'58.24"N 30°31'42.68"E	1307	17.vi.2014
74	Burdur, Ağlasun, Sagalason Antikent girişi	37°40'30.05"N 30°31'21.84"E	1485	17.vi.2014
75	Burdur, Ağlasun, Sagalason Antikenti	37°40'34.27"N 30°31'8.19"E	1495	17.vi.2014
76	Burdur, Bucak, Bucak yolu-1	37°37'43.19"N 30°22'55.16"E	1200	17.vi.2014
77	Burdur, Bucak, Karapınar yolu	37°22'34.31"N 30°31'22.91"E	785	17.vi.2014
78	Burdur, Bucak, Kızılkaya, Yeni	37°18'29.35"N 30°27'17.45"E	793	17.vi.2014
79	Antalya, Korkuteli Bozova çıkışı	37°11'53.41"N 30°15'40.29"E	930	17.vi.2014
80	Yelten, Korkuteli/Antalya Korkuteli yolu-1	37°10'47.88"N 30°14'44.20"E	987	17.vi.2014
81	Antalya, Korkuteli, Korkuteli girişi	37°8'12.91"N 30°14'0.48"E	1050	17.vi.2014

Çizelge 1. Örnekleme noktalarına ait bilgiler ve kod numaraları (devamı)

Table 1. Information and code numbers of sampling points (continued)

Kod	Lokalite	Enlem-Boylam	Rakım(m)	Tarih
82	Antalya, Korkuteli, Dereköy	37°6'11.84"N 30°6'36.28"E	1102	17.vi.2014
83	Antalya Korkuteli Korkuteli-Tefenni yolu	37°7'58.91"N 30°4'1.62"E	1335	17.vi.2014
84	Antalya, Korkuteli, Tefenni Yolu, Başpınar Varsak yaylası	37°9'45.36"N 30°1'28.43"E	1451	17.vi.2014
85	Antalya, Korkuteli, Tefenni Yolu, Taşkesiği, Varsak Yaylası	37°10'50.17"N 30°0'35.84"E	1485	17.vi.2014
86	Burdur, Tefenni, Yaylaköy	37°12'3.00"N 29°57'22.32"E	1403	17.vi.2014
87	Isparta, Keçiborlu, Keçiborlu-Dinar yolu, Kozluca	37°55'25.43"N 30°16'0.25"E	1155	19.vi.2014
88	Isparta, Keçiborlu, Kozluca Yolu	37°55'2.33"N 30°14'31.87"E	1115	19.vi.2014
89	Isparta, Keçiborlu, Kozluca	37°54'13.36"N 30°13'1.83"E	1301	19.vi.2014
90	Isparta, Keçiborlu, Gülköy, Dağ yolu	37°54'3.21"N 30°11'16.13"E	1458	19.vi.2014
91	Isparta, Keçiborlu, Kozluca-Kaplanlı arası	37°54'37.45"N 30°10'26.75"E	1430	19.vi.2014
92	Isparta, Keçiborlu, Kaplanlı yolu, Çeşme	37°55'25.26"N 30°10'20.50"E	1463	19.vi.2014
93	Afyonkarahisar, Dazkırı, Dazkırı yolu	37°57'38.20"N 29°53'48.90"E	891	19.vi.2014
94	Afyonkarahisar, Dinar, Başmakçı	37°55'51.98"N 30°2'57.46"E	960	19.vi.2014
95	Isparta, Keçiborlu, Kılıç Köyü	37°53'59.44"N 30°18'35.11"E	950	19.vi.2014
96	Isparta, Gönen, Gönen-Atabey yolu-1	37°56'41.4"N 30°31'06.8"E	996	19.vi.2014
97	Isparta, Gönen, Gönen-Atabey yolu-2	37°56'28.8"N 30°34'44.0"E	1000	19.vi.2014
98	Isparta, Gönen, Atabey Göleti	37°56'38.6"N 30°36'52.9"E	1050	19.vi.2014
99	Isparta, Atabey, Eğirdir yolu-1	37°56'52.54"N 30°39'37.09"E	1021	19.vi.2014
100	Isparta, Atabey, Eğirdir yolu-2	37°53'55.81"N 30°42'49.04"E	946	19.vi.2014
101	Burdur, Kapaklı-Aziziye Köyü yolu-1	37°27'19.7"N 30°15'37.6"E	1422	03.vii.2014
102	Burdur, Aziziye Köyü yolu-1	37°29'06.1"N 30°17'05.1"E	1465	14.vii.2014
103	Burdur, Kapaklı Köyü	37°27'57.51"N 30°17'16.20"E	1438	14.vii.2014
104	Burdur, Aziziye yolu	37°27'13.59"N 30°13'0.55"E	1407	14.vii.2014
105	Burdur, Kozlucadağ yolu	37°27'3.65"N 30°11'31.91"E	1312	14.vii.2014
106	Burdur, Kozluca Köyü çıkışı	37°29'29.58"N 30°6'5.60"E	1031	14.vii.2014
107	Burdur, Tefenni, Seydiler	37°15'29.98"N 29°48'24.27"E	1137	14.vii.2014
108	Burdur, Tefenni, Seydiova	37°17'24.91"N 29°48'41.29"E	1113	14.vii.2014
109	Burdur, Tefenni, Çaylı Köyü	37°12'20.06"N 29°48'19.13"E	1356	14.vii.2014
110	Burdur, Tefenni, Tefenni-Çavdır yolu	37°13'27.35"N 29°44'30.96"E	1240	14.vii.2014
111	Burdur, Harmanlı çıkışı	37°35'40.28"N 29°55'41.79"E	972	14.vii.2014
112	Isparta, Eğirdir, Kovada yolu	37°41'11.32"N 30°52'34.72"E	751	16.vii.2014
113	Isparta, Eğirdir, Kovada Gölü	37°37'47.68"N 30°52'20.05"E	911	16.vii.2014
114	Isparta, Sütçüler, Sütçüler çıkışı	37°31'14.72"N 30°57'51.86"E	955	16.vii.2014
115	Isparta, Sütçüler, Çandır, Yazılı kanyon çıkışı	37°27'43.94"N 30°54'11.11"E	322	16.vii.2014
116	Isparta, Merkez, Yakaören, Gölcük Tabiat Parkı	37°44'06.5"N 30°29'48.6"E	1403	18.vii.2014
117	Isparta, Merkez, Gölcük-Sidre yolu-1	37°44'05.4"N 30°30'26.4"E	1482	18.vii.2014
118	Isparta, Merkez, Gölcük Tabiat Parkı-Sidre yolu-2	37°44'25.9"N 30°30'37.0"E	1458	18.vii.2014
119	Isparta, Merkez, Yakaören, Gölcük Tabiat parkı, Gölcük tepesi	37°44'06.1"N 30°30'19.3"E	1482	18.vii.2014
120	Isparta, Merkez, Yakaören, Gölcük Tabiat Parkı	37°42'58.8"N 30°29'42.7"E	1445	18.vii.2014
121	Isparta, Merkez, Gölcük Gölükenarı-2	37°43'25.8"N 30°29'25.9"E	1422	18.vii.2014
122	Isparta, Merkez, Gölcük Gölü kenarı-3	37°43'46.3"N 30°29'07.4"E	1424	18.vii.2014
123	Isparta, Merkez, Çobanisa, Davraz Dağı-2	37°46'54.65"N 30°45'34.68"E	1735	18.vii.2014
124	Isparta, Merkez, Çobanisa, Davraz Dağı-3	37°47'48.7"N 30°45'33.8"E	1603	18.vii.2014
125	Isparta, Merkez, Çobanisa, Davraz Dağı-4	37°48'25.42"N 30°45'27.78"E	1596	18.vii.2014
126	Isparta, Aksu, Yılanlı Köyü	37°47'32.52"N 30°59'23.07"E	1215	22.vii.2014
127	Isparta, Aksu, Yılanlı Köyü	37°47'32.52"N 30°59'23.07"E	1205	22.vii.2014
128	Isparta, Yenişarbademli, Aksu- Yenişarbademli yolu	37°43'46.62"N 31°16'13.49"E	1632	22.vii.2014
129	Isparta, Yenişarbademli (Yaka Aksu)-2	37°42'4.62"N 31°17'43.57"E	1725	22.vii.2014
130	Isparta, Yenişarbademli, Yenişarbademli yolu-3	37°41'47.56"N 31°18'24.74"E	1600	22.vii.2014
131	Isparta, Yenişarbademli, Pınargözü Mağarası arası	37°41'46.53"N 31°18'31.56"E	1542	22.vii.2014
132	Isparta, Yenişarbademli, Yenişarbademli-Pınargözü arası	37°42'15.32"N 31°18'44.01"E	1509	22.vii.2014
133	Isparta, Yenişarbademli, Şarkikaraağaç yolu-1	37°43'21.92"N 31°24'28.06"E	1149	22.vii.2014
134	Isparta, Yenişarbademli, Şarkikaraağaç yolu-2	37°45'22.96"N 31°24'53.54"E	1132	22.vii.2014
135	Isparta, Keçiborlu, Yangın gözlekulesi	37°52'30.80"N 30°12'22.06"E	1760	24.vii.2014
136	Isparta, Keçiborlu, Yenitepe Köyü	37°52'56.67"N 30°13'50.88"E	1510	24.vii.2014
137	Isparta, Uluborlu, Kapıdağı	38°3'21.78"N 30°28'15.80"E	1300	24.vii.2014
138	Isparta, Eğirdir, Eğirdir-Senirkent yolu	38°1'10.96"N 30°48'40.51"E	944	24.vii.2014
139	Isparta, Eğirdir, Eğirdir-Göckehyüyük yolu	37°51'42.88"N 30°56'52.33"E	1110	24.vii.2014
140	Isparta, Eğirdir, Isparta yolu	37°52'20.73"N 30°41'42.85"E	986	24.vii.2014
141	Isparta, Eğirdir, Eğirdir yolu	37°52'43.03"N 30°46'21.52"E	1021	19.viii.2014
142	Isparta, Eğirdir-Gelendost yolu	37°53'30.51"N 30°54'20.17"E	919	19.viii.2014
143	Isparta, Gelendost, Gelendost-Şarkikaraağaç yolu	38°8'56.65"N 31°3'55.95"E	941	19.viii.2014
144	Isparta, Şarkikaraağaç -Beşşehir yolu	37°59'13.78"N 31°28'52.08"E	1226	19.viii.2014
145	Isparta, Merkez, Çobanisa, Davraz Dağı	37°46'57.7"N 30°45'33.3"E	1693	21.viii.2014

**Çizelge 1.** Örnekleme noktalarına ait bilgiler ve kod numaraları (devamı)**Table 1.** Information and code numbers of sampling points (continued)

Kod	Lokalite	Enlem-Boylam	Rakım(m)	Tarih
146	Isparta, Aksu, Yaka, Melikler Yaylası-2	37°41'55.09"N 31°17'41.12"E	1721	26.viii.2014
147	Isparta, Yenişarbademli-Pınargözü Mağarası arası	37°41'46.44"N 31°18'29.71"E	1568	26.viii.2014
148	Isparta, Keçiborlu, Gülköy	37°54'37.45"N 30°10'26.75"E	1437	28.viii.2014
149	Denizli, Armutalanı Köyü Mec. Mah.	37°55'15.96"N 29°37'46.55"E	1216	28.viii.2014
150	Isparta, Merkez, Yakaören, Gölcük Tabiat Parkı göl kenarı	37°44'6.27"N 30°29'48.43"E	1398	02.ix.2014
151	Isparta, Merkez, Dere Mh. Kirazlıdere mevki	37°44'32.85"N 30°31'26.78"E	1196	02.ix.2014
152	Isparta, Merkez, Çobanisa-Davraz Dağı	37°46'54.70"N 30°45'30.92"E	1663	03.ix.2014
153	Isparta, Aksu, Yaka, Melikler Yaylası-1	37°41'47.80"N 31°17'38.44"E	1635	04.ix.2014
154	Isparta, Merkez, SDÜ Doğu Kampüsü	37°50'35.4"N 30°32'31.3"E	1017	11.vi.2014
155	Isparta, Merkez, SDÜ Doğu Kampüsü	37°50'16.77"N 30°32'17.61"E	1017	23.vi.2014
156	Isparta, Merkez, SDÜ Doğu Kampüsü	37°50'16.77"N30°32'17.61"E	1017	07.vii.2014
157	Isparta, Merkez, SDÜ Doğu Kampüsü	37°50'16.77"N 30°32'17.61"E	1017	08.vii.2014
158	Isparta, Merkez, SDÜ Doğu Kampüsü	37°50'16.77"N 30°32'17.61"E	1017	10.vii.2014
159	Isparta, Merkez, SDÜ Doğu Kampüsü	37°50'16.77"N 30°32'17.61"E	1017	15.vii.2014
160	Isparta, Merkez, SDÜ Doğu Kampüsü	37°50'16.77"N 30°32'17.61"E	1017	18.vii.2014
161	Isparta, Merkez, SDÜ Doğu Kampüsü	37°50'16.77"N 30°32'17.61"E	1017	23.vii.2014
162	Isparta, Merkez, SDÜ Doğu Kampüsü	37°50'35.4"N 30°32'31.3"E	1017	24.vii.2014
163	Isparta, Yenişarbademli-Pınargözü Mağarası arası	37°41'46.44"N 31°18'29.71"E	1600	04.ix.2014
164	Isparta, Eğirdir Yolu -1	37°52'45"N 30°47'06"E	1030	21.iv.2015
165	Isparta, Eğirdir, Eğirdir çıkışı	37°50'34.9"N 30°52'01"E	929	21.iv.2015
166	Isparta, Eğirdir, Sarıdır, Eğirdir-Yeşilköy yolu	37°58'38.2"N 30°58'00.8"E	928	21.iv.2015
167	Isparta, Gelendost, Gelendost girişi	38°04'30.6"N 30°59'30.8"E	938	21.iv.2015
168	Isparta, Yalvaç, Kozluca	38°11'52.3"N 31°17'39"E	1050	21.iv.2015
169	Isparta, Şarkıkaraağaç, Şarkıkaraağaç çıkışı	38°03'13.4"N 31°25'49.3"E	1186	21.iv.2015
170	Konya, Beyşehir, Hüyük, Çukurkent, Kireli çıkışı	37°53'29.4"N 31°33'24.4"E	1150	21.iv.2015
171	Isparta, Eğirdir, Pınar Pazarı	37°48'51.5"N 30°53'47.9"E	985	28.iv.2015
172	Isparta, Eğirdir, Havutlu Aksu-Yılanlı	37°47'04.1"N 30°58'40.8"E	1228	28.iv.2015
173	Isparta, Aksu-Sütçüler Arası, Sütçüler yolu	37°35'30.5"N 30°59'11.2"E	1125	28.iv.2015
174	Isparta, Aksu, Yılanlı	37°48'01.6"N 31°00'29.3"E	1238	28.iv.2015
175	Burdur, Merkez, Burdur Gölü kenarı	37°41'52"N 30°12'5.8"E	867	5.v.2015
176	Burdur, Merkez, Yassıgüme	37°36'40.7"N 30°08'27.4"E	946	05.v.2015
177	Burdur, Merkez, Karaçal, Yeşilova yolu	37°34'49.4"N 30°03'16.3"E	924	05.v.2015
178	Burdur, Merkez, Aşağı Müslümler, Burdur Yarışlı Gölü kenarı	37°35'29.7"N 29°58'52.2"E	933	05.v.2015
179	Burdur, Yeşilova, Salda Gölü	37°30'47.8"N 29°44'11.9"E	1187	05.v.2015
180	Burdur, Tefenni	37°18'59.0"N 29°46'57.0"E	1163	05.v.2015
181	Burdur, Tefenni, Yuvalak, Tefenni-Çavdır yolu	37°16'18.6"N 29°46'02.6"E	1162	05.v.2015
182	Isparta, Gönen, Senirce, Mücavir, Senirce-Gönen yolu-1	37°54'08"N 30°30'43.3"E	950	20.v.2015
183	Isparta, Gönen, Senirce-Gönen yolu-2	37°55'05.8"N 30°30'37.3"E	941	20.v.2015
184	Isparta, Keçiborlu, Kozluca Köyü merası	37°54'55.7"N 30°14'21.7"E	1117	20.v.2015
185	Isparta, Keçiborlu, Gülköy-Kavak yolu	37°54'30.2"N 30°10'33.9"E	1452	20.v.2015
186	Afyonkarahisar, Dinar, Kavak-Körpeli Dağ yolu	37°55'47.3"N 30°08'52.6"E	1525	20.v.2015
187	Afyonkarahisar, Dinar, Çamlı Köyü	37°57'08.4"N 30°08'02.2"E	1420	20.v.2015
188	Afyonkarahisar, Dinar, Aktoprak, Dinar-Dazkırı yolu-1	38°02'22.8"N 30°05'01.9"E	960	20.v.2015
189	Afyonkarahisar, Dinar, Dinar-Dazkırı yolu-3	37°58'09.0"N 29°54'08.3"E	870	20.v.2015
190	Afyonkarahisar, Dazkırı, Aşağıyenice	37°53'41.8"N 29°51'31.3"E	862	20.v.2015
191	Afyonkarahisar, Dazkırı, Yüreğil Mah.	37°53'35.3"N 29°53'23.6"E	862	20.v.2015
192	Afyonkarahisar, Başmakçı, Başmakçı-1	37°54'34.9"N 29°57'48.1"E	864	20.v.2015
193	Isparta, Keçiborlu, Havaalanı Kavşağı	37°53'55.9"N 30°22'16.1"E	927	20.v.2015
194	Isparta, Merkez, Doğanlı Mah.	37°45'26.3"N 30°32'26.2"E	1113	08.vi.2015
195	Isparta, Merkez, Çobanisa, Davraz Dağı	37°46'57.7"N 30°45'33.3"E	1670	16.vi.2015
196	Isparta, Merkez, Davraz Dağı inşi-1	37°49'23.0"N 30°45'24.7"E	1400	16.vi.2015
197	Isparta, Merkez, Büyükhacılar, Davraz Dağı inşi-3	37°47'41.1"N 30°39'23.0"E	1090	16.vi.2015
198	Isparta, Atabey, Yeni, Atabey Göleti yanı	37°56'45.4"N 30°37'00.7"E	1071	16.vi.2015
199	Burdur, Ağlasun, Ağlasun yolu-1	37°38'45.3"N 30°41'55.4"E	993	18.vi.2015
200	Burdur, Ağlasun, Çamlıdere Dereköy-1	37°38'06.9"N 30°40'58.4"E	960	18.vi.2015
201	Burdur, Ağlasun, Dereköy-2	37°37'58.9"N 30°37'35.9"E	1023	18.vi.2015
202	Burdur, Bucak, Yeni, Kızılkaya	37°18'20.8"N 30°27'37.6"E	827	18.vi.2015
203	Antalya, Korkuteli, Başpınar, Varsak (I)	37°09'41.6"N 30°01'39.1"E	1435	18.vi.2015
204	Antalya, Korkuteli, Başpınar, Varsak Yaylası-2	37°09'5.8"N 30°01'0.3"E	1545	18.vi.2015
205	Antalya, Korkuteli, Varsak (III)	37°11'06.4"N 30°00'10.6"E	1530	18.vi.2015
206	Isparta, Keçiborlu, Kozluca, Afyonkarahisar-Burdur Yolu	37°55'26.4"N 30°15'56"E	1165	22.vi.2015
207	Isparta, Keçiborlu, Kozluca	37°54'45.5"N 30°14'6.6"E	1180	22.vi.2015
208	Isparta, Keçiborlu, Kozluca-Gülköy	37°53'53.4"N 30°10'59"E	1522	22.vi.2015
209	Isparta, Keçiborlu, Gülköy	37°54'24.6"N 30°10'33.4"E	1502	22.vi.2015
210	Isparta, Keçiborlu, Kavak-Kaplanlı arası-1	37°55'24"N 30°10'25"E	1530	22.vi.2015

**Çizelge 1.** Örnekleme noktalarına ait bilgiler ve kod numaraları (devamı)**Table 1.** Information and code numbers of sampling points (continued)

Kod	Lokalite	Enlem-Boylam	Rakım(m)	Tarih
211	Isparta, Keçiborlu, Kavak-Kaplanlı arası-2	37°55'37"N 30°11'27"E	1500	22.vi.2015
212	Isparta, Merkez, Yakaören, Gölcük Tabiat Parkı	37°44'07"N 30°29'48.0"E	1400	25.vi.2015
213	Isparta, Merkez, Dere Mh. Kirazlıdere mevkii	37°44'34.2"N 30°31'23"E	1220	29.vi.2015
214	Isparta, Yenişarbademli, Melikler Yaylası (Aksu-Yaka)	37°41'51.7"N 31°17'39.3"E	1731	30.vi.2015
215	Isparta, Yakaköy, Yaka, Aksu-Yenişarbademli Pınargözü Mağarası arası	37°41'50.5"N 31°18'33.4"E	1560	30.vi.2015
216	Isparta, Yakaköy, Yaka, Aksu Vali Çeşmesi-Melikler Yaylası arası	37°42'52.6"N 31°17'38.2"E	1822	30.vi.2015
217	Burdur, Karamanlı, Burdur-Karamanlı arası	37°23'44"N 29°56'18"E	1104	02.vii.2015
218	Burdur, Merkez, Bozlar, Burdur-Aziziye yolu	37°24'58.4"N 30°10'41"E	1300	02.vii.2015
219	Isparta, Keçiborlu, Keçiborlu-Yenitepe köyü arası	37°52'35.9"N 30°12'27.7"E	1740	08.vii.2015
220	Isparta, Keçiborlu, Yenitepe köyü	37°52'40.0"N 30°12'51.3"E	1650	08.vii.2015
221	Isparta, Keçiborlu, Gülköy-Kavak arası	37°54'30.5"N 30°10'34.0"E	1455	08.vii.2015
222	Isparta, Uluborlu, Kapıdağı	38°03'49.0"N 30°28'05.1"E	1200	08.vii.2015
223	Isparta, Merkez, Dere Mh. Kirazlıdere mevkii	37°44'34.2"N 30°31'23"E	1260	09.vii.2015
224	Isparta, Merkez, Dere Mh. Kirazlıdere mevkii	37°44'34.0"N 30°31'23.0"E	1260	11.vii.2015
225	Isparta, Merkez, Yakaören, Gölcük Tabiat Parkı-1	37°43'43.1"N 30°29'39.1"E	1412	05.viii.2015
226	Isparta, Merkez, Yakaören, Gölcük Tabiat Parkı-2	37°43'43.1"N 30°29'09.1"E	1414	05.viii.2015
227	Isparta, Merkez, Dere Mh. Kirazlıdere mevkii	37°44'20.6"N 30°30'55"E	1300	05.viii.2015
228	Isparta, Merkez, Çobanisa, Davraz Dağı	37°46'57.7"N 30°45'33.3"E	1670	06.viii.2015
229	Isparta, Aksu, Yaka, Yakaköy, Melikler yaylası	37°41'51.7"N 31°17'39"E	1718	25.viii.2015
230	Isparta, Yenişarbademli, Yaka, Pınargözü Mağara aşağısı	37°42'20.2"N 31°18'51.7"E	1510	25.viii.2015
231	Isparta, Merkez, Çobanisa, Davraz Dağı	37°46'57.7"N 30°45'33.3"E	1672	27.viii.2015
232	Isparta, Gönen, Gönen Göleti	37°57'55.1"N 30°31'25.4"E	1086	01.ix.2015
233	Isparta, Senirkent, Büyükkabaca-Yalvaç yolu 1	38°11'53.7"N 30°43'20.8"E	950	01.ix.2015
234	Isparta, Yalvaç, Yalvaç çıkışı	38°13'29.0"N 31°07'03.8"E	1022	01.ix.2015
235	Isparta, Merkez, Deregümü Mh.	37°44'20"N 30°30'55"E	1310	08.ix.2015
236	Isparta, Merkez, Çobanisa, Davraz Dağı	37°46'57.7"N 30°45'33.3"E	1672	10.ix.2015
237	Burdur, Bucak, Barboros, Burdur-Bucak yolu	37°27'33.8"N 30°31'28.1"E	782	12.ix.2015
238	Burdur, Bucak, İncirdere	37°27'08.5"N 30°29'42.0"E	790	12.ix.2015
239	Burdur, Bucak, Yüreğil KestelKöyü	37°20'37.9"N 30°19'42.0"E	827	12.ix.2015
240	Burdur, Bucak, Yüreğil Köyü	37°24'38.8"N 30°11'49.6"E	1248	12.ix.2015
241	Burdur, Merkez, Kemer	37°24'07.3"N 30°03'49.3"E	1040	12.ix.2015
242	Burdur, Karamanlı, Kağılcık, Burdur-Kemer yolu	37°22'54.8"N 29°55'24.6"E	1094	12.ix.2015
243	Isparta, Merkez, SDÜ Doğu Kampüsü	37°50'35.4"N 30°32'31.3"E	1017	01.iv.2015
244	Isparta, Merkez, SDÜ Doğu Kampüsü	37°50'35.4"N 30°32'31.3"E	1017	13.iv.2015
245	Isparta, Merkez, SDÜ Doğu Kampüsü	37°50'16.77"N 30°32'17.61"E	1017	16.iv.2015
246	Isparta, Merkez, Işıkkent Mah.	37°45'36.2"N 30°31'55.8"E	1125	18.iv.2015
247	Isparta, Merkez, SDÜ Doğu Kampüsü	37°50'35.4"N 30°32'31.3"E	1017	07.v.2015
248	Isparta, Merkez, SDÜ Doğu Kampüsü	37°50'35.4"N 30°32'31.3"E	1017	12.v.2015
249	Isparta, Merkez, Doğanca Mah.	37°45'18.5"N 30°32'50.8"E	1129	13.v.2015
250	Isparta, Merkez, SDÜ Doğu Kampüsü	37°50'16.77"N 30°32'17.61"E	1017	14.v.2015
251	Isparta, Merkez, Dere Mah.	37°45'04.1"N 30°31'51.8"E	1208	16.v.2015
252	Isparta, Merkez, SDÜ Doğu Kampüsü	37°50'16.77"N 30°32'17.61"E	1017	22.v.2015
253	Isparta, Merkez, SDÜ Doğu Kampüsü	37°50'35.4"N 30°32'31.3"E	1017	10.viii.2015
254	Isparta, Merkez, SDÜ Doğu Kampüsü	37°50'35.4"N 30°32'31.3"E	1017	18.viii.2015
255	Isparta, Merkez, SDÜ Doğu Kampüsü	37°50'16.77"N 30°32'17.61"E	1017	01.x.2015
256	Isparta, Merkez, Dere Mh. Kirazlıdere mevkii	37°44'34.2"N 30°31'23.0"E	1220	19.vi.2016
257	Isparta, Merkez, Çobanisa, Davraz Dağı	37°46'57.7"N 30°45'33.3"E	1700	20.vi.2016
258	Isparta, Yenişarbademli, Yakaköy, Yaka, Aksu Melikler Yaylası-1	37°41'51.7"N 31°17'39.3"E	1731	21.vi.2016

## ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Çalışma sonucunda entomofag özellikte 18 cins (*Baccha*, *Chrysotoxum*, *Didea*, *Episyrphus*, *Eupeodes*, *Heringia*, *Melanostoma*, *Meliscaeva*, *Paragus*, *Pipiza*, *Pipizella*, *Platycheirus*, *Scaeva*, *Sphaerophoria*, *Syrphus*, *Volucella*, *Xanthandrus* ve *Xanthogramma*)'e ait 38 tür belirlenmiştir. Elde edilen syrphid cinsleri arasında *Paragus* 7, *Chrysotoxum* 5, *Eupeodes* ve *Sphaerophoria* ise 4'er tür ile en çok tür barındıran cinsler olarak dikkat çekmektedir. Örnekleme noktalarında en az 3 ilde varlığı saptanan ve sık rastlanan türler, yaygın türler olarak kabul edilmiştir. En yaygın türler; *Episyrphus balteatus* (De Geer, 1776), *Eupeodes corollae* (Fabricius, 1794), *E. nuba* (Wiedemann, 1830), *Melanostoma mellinum* (L., 1758), *Paragus albifrons* (Fallén, 1817), *P. bicolor* (Fabricius, 1794), *P. haemorrhous* Meigen, 1822, *P. tibialis*



(Fallén, 1817), *Sphaerophoria rueppelli* Wiedemann, 1830, *S. scripta* (L., 1758) ve *S. turkmenica* Bankowska, 1964 olarak belirlenmiştir. Sayıca en fazla örneklenen türler ise sırasıyla *S. scripta* (1937 birey, % 62.10), *M. mellinum* (374 birey, % 11.99) ve *E. corollae* (264 birey, % 8.4)'dir.

***Episyrphus* Matsumura & Adachi, 1917**

***Episyrphus balteatus* (De Geer, 1776)**

**İncelenen Materyal:** 11, 1♀; 21, 1♀; 23, 1♀; 33, 1♀; 49, 1♂; 60, 1♀; 65, 1♀; 66, 1♀; 68, 1♂; 88, 2♀; 91, 1♂; 120, 1♂1♀; 147, 1♀; 151, 2♀; 171, 1♂; 173, 1♂1♀; 182, 1♀; 203, 1♀; 218, 1♂; 222, 2♀; 225, 2♀; 226, 2♂; 227, 1♀; 231, 1♂; 235, 2♂1♀; 237, 1♀; 242, 2♀; 248, 2♀.

**Türkiye'deki Yayılışı:** Adana, Adıyaman, Akdeniz Bölgesi Kıyı Şeridi, Aksaray, Ankara, Antalya, Artvin, Balıkesir, Bartın, Bolu, Burdur, Bursa, Çanakkale, Çankırı, Çukurova Bölgesi, Denizli, Diyarbakır, Doğu Akdeniz Bölgesi, Edirne, Erzincan, Erzurum, Eskişehir, Güney Anadolu Bölgesi, Isparta, İstanbul, İzmir, Hatay, Kahramanmaraş, Konya, Karabük, Kastamonu, Kayseri, Manisa, Marmara Bölgesi, Mardin, Mersin, Muğla, Niğde, Ordu, Osmaniye, Sinop, Sivas, Şanlıurfa, Tekirdağ, Tokat, Zonguldak (Toth, 2013; Pehlivan & Atakan, 2014; Sarıbiyık, 2014; Gözüaçık & İnanç, 2018).

**Dünyadaki Yayılışı:** Fennoskandiya'dan Akdeniz, Kanarya adalarına, Azorlar ve Kuzey Afrika'ya kadar, İrlanda'dan Avrasya üzerinden Pasifik kıyılarına, güneyde Oriental Bölge'de Sri Lanka ve Avustralya'ya kadar olan kesim (Speight, 2020).

***Eupeodes Osten Sacken, 1877***

***Eupeodes corollae* (Fabricius, 1794)**

**İncelenen Materyal:** 1, 1♂1♀; 2, 1♂1♀; 3, 1♂31♀; 4, 2♀; 5, 2♀; 6, 1♂; 7, 1♀; 8, 1♀; 9, 3♂; 10, 1♀; 11, 8♀; 12, 3♀; 14, 1♀; 15, 1♀; 16, 1♂2♀; 18, 1♂; 19, 1♂1♀; 20, 1♂; 21, 1♂2♀; 23, 5♂; 25, 1♀; 26, 1♀; 27, 1♂4♀; 28, 1♂2♀; 29, 1♂; 30, 2♂1♀; 31, 1♀; 32, 2♂1♀; 34, 1♂; 35, 1♂1♀; 45, 1♂1♀; 48, 1♂1♀; 57, 1♂; 60, 2♂1♀; 61, 1♀; 62, 2♂; 66, 1♀; 68, 2♂; 75, 1♂; 84, 1♀; 87, 1♂1♀; 88, 1♂; 90, 2♂; 95, 1♀; 96, 1♂; 97, 1♂; 117, 1♀; 120, 4♂1♀; 121, 1♀; 128, 1♂; 130, 3♂; 146, 1♂1♀; 148, 1♀; 153, 1♂2♀; 154, 4♂3♀; 162, 1♀; 166, 1♂; 168, 1♀; 170, 2♂; 171, 1♂; 174, 2♀; 176, 4♀; 177, 4♂2♀; 178, 1♀; 181, 1♀; 182, 2♂4♀; 183, 1♂; 186, 1♂2♀; 188, 1♂; 190, 2♂1♀; 191, 2♂1♀; 197, 1♀; 198, 2♂; 203, 1♀; 204, 1♀; 206, 1♂2♀; 207, 1♂1♀; 209, 1♂; 213, 1♂; 226, 3♂1♀; 228, 2♀; 229, 3♀; 231, 5♀; 236, 1♂1♀; 237, 1♀; 238, 4♀; 242, 2♂6♀; 243, 2♂; 244, 2♂; 245, 1♂4♀; 246, 1♂; 247, 2♂2♀; 248, 2♂1♀; 250, 4♂1♀; 253, 1♀; 254, 1♀; 258, 3♂1♀.

**Türkiye'deki Yayılışı:** Adana, Adıyaman, Afyonkarahisar, Akdeniz Bölgesi Kıyı Şeridi, Aksaray, Ankara, Antalya, Artvin, Bartın, Bolu, Burdur, Çankırı, Çukurova Bölgesi, Denizli, Diyarbakır, Doğu Akdeniz Bölgesi, Edirne, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Eskişehir, Hatay, Iğdır, Isparta, İzmir, Kahramanmaraş, Karabük, Kars, Kastamonu, Kayseri, Konya, Mardin, Marmara Bölgesi, Mersin, Muğla, Nevşehir, Niğde, Ordu, Osmaniye, Sinop, Sivas, Şanlıurfa, Tokat, Zonguldak (Toth, 2013; Pehlivan & Atakan, 2014; Sarıbiyık, 2014; Gözüaçık & İnanç, 2018).

**Dünyadaki Yayılışı:** İzlanda'dan Fennoskandiya ve Faroe adalarına, güneyde İberya, Akdeniz, Madeira, Kanarya adalarına, Kuzey Afrika, Afrika'nın kıyı ülkelerinden Güney Afrika'ya, Mauritius'a, İrlanda'dan doğuya doğru Avrupa'nın büyük bir kısmı, Rusya'nın Avrupa kesiminden Sibirya, Urallar, Pasifik kıyısı, Japonya, Çin, Formosa'ya kadar olan bölge (Speight, 2020).

***Eupeodes nuba* (Wiedemann, 1830)**

**İncelenen Materyal:** 6, 1♀; 25, 1♂5♀; 27, 1♂; 62, 1♂1♀; 88, 1♀; 91, 1♂; 212, 1♀.

**Türkiye'deki Yayılışı:** Muğla, Şanlıurfa (Yetkin, 2006; Sarıbiyık, 2014).

**Dünyadaki Yayılışı:** Akdeniz havzası, Kanarya adaları ile Portekiz'den İtalya (Sicilya), eski Yugoslavya, Orta Avrupa, Romanya, Transkafkasya'ya, Asya'nın güneybatı kısımları (Kırgızistan, Özbekistan ve Tacikistan)'ndan Afganistan ve Moğolistan'a, Afrotropikal Bölge'nin doğusunda Etiyopya'dan Güney Afrika'ya kadar olan bölge (Speight, 2020).

**Melanostoma Schiner, 1860****Melanostoma mellinum (L., 1758)**

**İncelenen Materyal:** 1, 4♂1♀; 3, 5♂7♀; 6, 1♂; 11, 1♀; 19, 1♀; 20, 1♂; 21, 1♂6♀; 23, 1♂; 24, 10♀; 27, 1♀; 29, 4♂2♀; 32, 1♀; 36, 1♀; 38, 1♀; 39, 2♂2♀; 40, 2♂2♀; 42, 1♀; 44, 1♂2♀; 49, 1♂1♀; 50, 1♀; 51, 2♀; 52, 1♂; 55, 1♀; 56, 1♂11♀; 57, 1♀; 58, 2♀; 61, 1♀; 67, 2♂2♀; 68, 4♂5♀; 69, 1♀; 74, 1♀; 76, 3♂2♀; 77, 1♀; 80, 2♀; 82, 1♂; 84, 7♀; 85, 1♀; 86, 1♂; 88, 1♀; 89, 1♂; 91, 3♂4♀; 92, 4♂11♀; 96, 1♂; 97, 2♂3♀; 98, 1♂; 99, 1♂; 100, 2♂2♀; 115, 1♀; 127, 2♀; 128, 1♂1♀; 130, 1♂2♀; 132, 3♂; 133, 1♀; 134, 1♂; 149, 2♂; 152, 1♂; 153, 4♂3♀; 154, 1♂2♀; 156, 3♂9♀; 157, 1♀; 165, 2♂5♀; 166, 7♂3♀; 167, 4♂5♀; 168, 1♂1♀; 170, 1♂1♀; 171, 2♂6♀; 172, 3♂12♀; 173, 2♂; 174, 27♂30♀; 175, 1♀; 182, 1♂3♀; 183, 1♂3♀; 185, 3♂16♀; 195, 1♀; 200, 2♂; 201, 1♂; 203, 1♀; 208, 2♀; 209, 3♀; 210, 1♂1♀; 211, 2♂3♀; 212, 1♂4♀; 213, 4♂2♀; 214, 2♂7♀; 215, 1♀; 216, 2♀; 218, 1♂3♀; 223, 1♀; 225, 1♂; 229, 1♂4♀; 230, 1♀; 231, 1♂5♀; 235, 2♂2♀; 236, 1♂; 237, 1♂4♀; 245, 1♂; 246, 4♂3♀; 248, 3♀; 250, 1♀; 257, 1♂.

**Türkiye'deki Yayılışı:** Adana, Adıyaman, Akdeniz Bölgesi Kıyı Şeridi, Aksaray, Ankara, Antalya, Artvin, Aydın, Bolu, Çanakkale, Çankırı, Çukurova Bölgesi, Denizli, Diyarbakır, Doğu Akdeniz Bölgesi, Edirne, Erzincan, Erzurum, Eskişehir, Hatay, Iğdır, Isparta, İzmir, Kahramanmaraş, Konya, Karabük, Kars, Kastamonu, Kayseri, Mersin, Muğla, Niğde, Ordu, Sinop, Sivas, Şanlıurfa, Tokat, Zonguldak (Toth, 2013; Pehlivan & Atakan, 2014; Sarıbiyık, 2014; Gözüaçık & İnanç, 2018).

**Dünyadaki Yayılışı:** İzlanda ve Fennoskandiya'dan güneyde İberya, Akdeniz ve Kuzey Afrika'ya, İrlanda'dan doğuya doğru Avrupa'nın büyük bir kısmı, Rusya'nın Avrupa kesimi, Sibiryaya, Urallar'dan Pasifik kıyısına, Kuzey Amerika'da Alaska'dan Quebec ve güney Washington'a kadar yayılış gösterir (Speight, 2020).

**Paragus Latreille, 1804****Paragus albifrons (Fallén, 1817)**

**İncelenen Materyal:** 82, 1♂; 127, 1♂; 156, 1♂; 206, 1♂; 235, 1♂.

**Türkiye'deki Yayılışı:** Ankara, Kastamonu, Kayseri, Tokat (Sarıbiyık, 2014).

**Dünyadaki Yayılışı:** Güney İsveç ve Danimarka'dan Akdeniz'e, Britanya (Güney İngiltere)'dan doğuya doğru Orta ve Güney Avrupa (Bulgaristan, eski Yugoslavya ve İtalya) ve Rusya'nın Avrupa kesimine, Kafkaslar üzerinden Pasifik'e, İran, Afganistan ve Moğolistan'a kadar olan bölge (Speight, 2020).

**Paragus bicolor (Fabricius, 1794)**

**İncelenen Materyal:** 3, 1♂; 4, 1♀; 10, 1♂; 12, 1♀; 16, 1♀; 17, 1♂1♀; 46, 1♂; 60, 1♂; 62, 4♂1♀; 68, 1♂; 72, 1♀; 73, 1♀; 77, 1♀; 84, 1♀; 91, 1♂1♀; 94, 1♀; 96, 1♂; 102, 2♂1♀; 104, 1♂1♀; 105, 1♂; 106, 2♂; 110, 1♀; 111, 3♂; 113, 1♂; 118, 1♂; 121, 1♀; 123, 2♀; 128, 1♂1♀; 135, 1♂; 136, 4♂2♀; 137, 1♀; 138, 3♂1♀; 139, 1♂; 141, 1♂; 143, 1♂; 161, 1♂2♀; 162, 10♂1♀; 168, 1♂; 171, 1♂; 172, 1♂; 178, 1♂; 180, 1♂; 185, 2♂1♀; 187, 1♂; 194, 1♀; 201, 1♂1♀; 202, 1♂; 205, 1♀; 213, 1♀; 234, 1♂; 235, 2♀; 236, 1♂; 240, 1♀; 241, 2♂; 247, 1♂; 248, 1♂; 250, 1♂; 252, 1♀; 254, 1♂; 255, 3♂; 257, 1♀.

**Türkiye'deki Yayılışı:** Adana, Adıyaman, Akdeniz Bölgesi Kıyı Şeridi, Aksaray, Ankara, Antalya, Bolu, Çankırı, Denizli, Diyarbakır, Edirne, Erzurum, Isparta, İzmir, Konya, Kahramanmaraş, Karabük, Kastamonu, Kayseri, Mersin, Muğla, Nevşehir, Niğde, Şanlıurfa, Tokat, Zonguldak (Yetkin, 2006; Toth, 2013; Pehlivan & Atakan, 2014; Sarıbiyık, 2014; Gözüaçık & İnanç, 2018).

**Dünyadaki Yayılışı:** Güney İsveç ve Danimarka'dan güneyde Akdeniz ve Kuzey Afrika'ya, Fransa'dan doğuya doğru Orta ve Güney Avrupa, Moğolistan, İran ve Afganistan'a kadar olan bölge ile Kuzey Amerika (Speight, 2020).

**Paragus haemorrhous Meigen, 1822**

**İncelenen Materyal:** 53, 1♂; 103, 1♂; 126, 6♂; 127, 1♂; 128, 2♂; 130, 3♂; 132, 1♂; 139, 1♂; 140, 1♂; 141, 1♂; 147, 2♂; 150, 1♂; 160, 1♂; 192, 1♂; 200, 1♂; 204, 1♂.

**Türkiye'deki Yayılışı:** Antalya, Edirne, Erzurum, İzmir, Muğla, Nevşehir (Toth, 2013; Sarıbiyık, 2014).

**Dünyadaki Yayılışı:** Kuzey Norveç'ten güneyde İberya ve Akdeniz (Malta ve Sicilya dahil), Kuzey Afrika, İsrail, Türkiye Afrotropikal Bölge'ye, İrlanda'dan doğuya doğru Orta ve Güney Avrupa (Eski Yugoslavya ve İtalya), Rusya'nın Avrupa kesimine, Kuzey Amerika'da Yukon'dan güneyde Kosta Rika'ya kadar yayılış gösterir (Speight, 2020).

***Paragus tibialis* (Fallén, 1817)**

**İncelenen Materyal:** 36, 1♂; 48, 1♂; 55, 1♂; 56, 1♂; 94, 1♂; 102, 4♂; 103, 3♂; 105, 1♂; 117, 1♂; 118, 1♂; 119, 1♂; 124, 1♂; 125, 2♂; 130, 1♂; 133, 1♂; 136, 7♂; 137, 1♂; 139, 4♂; 143, 1♂; 144, 2♂; 145, 2♂; 149, 1♂; 152, 1♂; 153, 2♂; 157, 4♂; 160, 4♂; 161, 2♀; 170, 1♂; 210, 1♂; 218, 1♂; 220, 1♂; 221, 1♂; 233, 1♂1♀; 235, 1♀; 236, 1♂; 239, 3♂; 240, 1♀; 255, 1♂; 256, 1♀.

**Türkiye'deki Yayılışı:** Adana, Akdeniz Bölgesi Kıyı Şeridi, Aksaray, Ankara, Antalya, Bolu, Çankırı, Çukurova Bölgesi, Diyarbakır, Düzce, Hatay, Isparta, İzmir, Erzurum, Mersin, Kahramanmaraş, Karabük, Kastamonu, Kayseri, Kırşehir, Konya, Muğla, Niğde, Şanlıurfa, Tokat, Zonguldak (Yetkin, 2006; Toth, 2013; Gözüaçık & İnanç, 2018).

**Dünyadaki Yayılışı:** Bu türün yayılışı ile ilgili olarak bazı şüpheler bulunmaktadır. Mevcut kaynaklarda, Güney Norveç'ten İsveç, Danimarka, güneyde Akdeniz kıyısına, Kuzey Afrika ve Kanarya adalarına, Güney Britanya (Güney İngiltere)'dan doğuya doğru Orta ve Güney Avrupa, eski Yugoslavya, İsrail ve Türkiye'ye kadar olan geniş bölge yayılış alanı olarak verilmektedir (Speight, 2020).

***Sphaerophoria Le Peletier & Serville, 1828***

***Sphaerophoria rueppelli* Wiedemann, 1830**

**İncelenen Materyal:** 3, 1♂1♀; 9, 1♂2♀; 27, 1♂1♀; 39, 1♂; 62, 2♀; 66, 1♀; 67, 1♂; 77, 5♂2♀; 78, 2♂2♀; 81, 1♂; 84, 1♂; 88, 1♀; 91, 1♂1♀; 94, 6♂4♀; 95, 2♂2♀; 97, 1♂; 100, 1♂1♀; 107, 1♂; 154, 1♂, 202, 1♂.

**Türkiye'deki Yayılışı:** Adana, Adıyaman, Akdeniz Kıyı Şeridi, Aksaray, Ankara, Antalya, Aydın, Bolu, Çanakkale, Çankırı, Çukurova Bölgesi, Diyarbakır, Düzce, Hatay, Isparta, İzmir, Kahramanmaraş, Kastamonu, Kayseri, Kırşehir, Konya, Marmara Bölgesi, Mersin, Muğla, Osmaniye, Şanlıurfa, Tokat, Zonguldak (Yetkin, 2006; Toth, 2013; Pehlivan & Atakan, 2014; Sarıbiyık, 2014).

**Dünyadaki Yayılışı:** Güney Norveç ve İsveç'ten güneyde Kuzey Afrika ve Kanarya adalarına, İrlanda'dan doğuda Orta ve Güney Avrupa (Akdeniz adaları, Türkiye ve Yunanistan dahil)'ya, Asya'da Rusya, Afganistan, Pasifik kıyısı, Çin ve Kore'ye, Afrotropikal Bölge'nin doğusunda Kenya'ya kadar olan geniş alan (Speight, 2020).

***Sphaerophoria scripta* (L., 1758)**

**İncelenen Materyal:** 2, 2♂2♀; 3, 14♂24♀; 4, 1♀; 5, 1♂; 6, 3♂; 7, 1♂; 9, 5♂5♀; 10, 1♀; 11, 11♂; 12, 4♂3♀; 13, 3♂; 14, 1♂; 22, 4♀; 19, 3♂2♀; 20, 2♂3♀; 21, 14♂23♀; 22, 2♂1♀; 23, 4♀; 24, 1♀; 27, 1♂5♀; 29, 4♂5♀; 30, 1♂2♀; 31, 1♀; 32, 1♀; 33, 1♂; 34, 1♂2♀; 35, 2♀; 36, 2♂5♀; 37, 1♀; 38, 2♀; 39, 2♂4♀; 41, 4♂3♀; 42, 2♂3♀; 43, 2♂4♀; 44, 3♂5♀; 45, 2♂6♀; 46, 1♀; 47, 2♂1♀; 48, 18♂9♀; 49, 2♂2♀; 50, 3♂4♀; 51, 1♂1♀; 52, 3♂3♀; 53, 3♂4♀; 54, 4♂1♀; 55, 14♂11♀; 56, 8♂8♀; 57, 3♂3♀; 58, 3♂7♀; 59, 1♂; 60, 6♂2♀; 61, 15♂11♀; 62, 9♂8♀; 63, 1♂2♀; 64, 4♂1♀; 65, 3♂1♀; 66, 6♂7♀; 67, 5♂9♀; 68, 3♂3♀; 69, 3♂6♀; 70, 2♂3♀; 71, 7♂15♀; 72, 15♂12♀; 73, 2♂4♀; 75, 4♂2♀; 76, 6♂5♀; 77, 13♂4♀; 78, 40♂17♀; 79, 1♂2♀; 80, 10♂8♀; 82, 14♂13♀; 83, 5♂5♀; 84, 10♂11♀; 85, 4♂9♀; 86, 3♂5♀; 87, 19♂10♀; 88, 11♂11♀; 89, 15♂6♀; 90, 2♂5♀; 91, 24♂8♀; 92, 16♂14♀; 93, 2♂2♀; 94, 23♂9♀; 95, 3♂2♀; 96, 3♂4♀; 97, 14♂4♀; 98, 9♂3♀; 99, 16♂6♀; 100, 28♂17♀; 102, 10♂4♀; 103, 2♂4♀; 104, 1♀; 105, 7♂12♀; 108, 8♂2♀; 109, 3♀; 110, 2♂; 111, 3♀; 112, 3♂4♀; 113, 2♀; 114, 2♀; 115, 1♂5♀; 116, 15♂32♀; 118, 4♂4♀; 120, 1♂; 121, 5♂16♀; 122, 3♂2♀; 123, 1♂5♀; 124, 2♂2♀; 125, 1♂; 127, 1♂13♀; 128, 15♂27♀; 129, 3♂2♀; 130, 2♂; 133, 10♂5♀; 134, 7♂11♀; 136, 14♂5♀; 138, 2♀; 140, 1♀; 142, 1♂3♀; 144, 1♂; 149, 1♂;

150, 1♂1♀; 152, 1♀; 153, 1♂; 154, 4♂8♀; 155, 11♂11♀; 156, 28♂31♀; 157, 8♂13♀; 158, 2♂5♀; 159, 2♂12♀; 160, 11♂20♀; 164, 10♂12♀; 165, 1♂4♀; 166, 2♂1♀; 167, 10♂19♀; 168, 3♂4♀; 169, 1♀; 171, 3♂5♀; 172, 2♂2♀; 174, 3♂5♀; 175, 2♂1♀; 178, 1♂1♀; 179, 3♂; 182, 6♂8♀; 183, 4♂4♀; 185, 13♂8♀; 186, 1♂; 187, 1♀; 189, 2♀; 190, 1♂; 191, 3♂; 193, 1♂; 194, 2♂; 195, 1♂2♀; 196, 8♂4♀; 197, 1♂; 199, 6♂4♀; 200, 16♂6♀; 201, 15♂6♀; 202, 6♂1♀; 203, 1♂; 204, 1♀; 205, 3♂1♀; 206, 17♂5♀; 207, 1♂2♀; 208, 9♂3♀; 209, 21♂8♀; 210, 2♂; 211, 7♂2♀; 212, 4♂3♀; 213, 2♂2♀; 214, 2♂3♀; 215, 2♂1♀; 216, 3♂2♀; 217, 1♀; 218, 4♂; 219, 1♂1♀; 220, 1♂1♀; 221, 3♂; 223, 1♂; 224, 12♂4♀; 226, 16♂13♀; 228, 2♂; 229, 1♂; 230, 2♂; 231, 3♂1♀; 232, 1♀; 235, 1♀; 236, 4♂; 237, 17♂7♀; 238, 1♂1♀; 239, 1♂; 240, 7♂; 242, 2♂3♀; 245, 1♀; 246, 3♂; 247, 3♂1♀; 248, 5♂6♀; 250, 1♂2♀; 254, 4♂; 257, 2♂; 258, 1♂.

**Türkiye'deki Yayılışı:** Adana, Adıyaman, Afyonkarahisar, Akdeniz Kıyı Şeridi, Aksaray, Ankara, Antalya, Artvin, Aydın, Bartın, Bolu, Burdur, Çankırı, Çukurova Bölgesi, Denizli, Diyarbakır, Düzce, Edirne, Erzincan, Erzurum, Eskişehir, Hatay, Iğdır, Isparta, İstanbul, İzmir, Kahramanmaraş, Karabük, Kars, Kastamonu, Kayseri, Kırıkkale, Kırşehir, Konya, Marmara Bölgesi, Mersin, Muğla, Nevşehir, Ordu, Osmaniye, Sinop, Sivas, Şanlıurfa, Tekirdağ, Tokat, Trabzon, Zonguldak (Yetkin, 2006; Toth, 2013; Pehlivan & Atakan, 2014; Sarıbiyık, 2014; Gözüaçık & İnanç, 2018).

**Dünyadaki Yayılışı:** Güneybatı Grönland, İzlanda, Fennoskandiya'dan Akdeniz, Kanarya adaları ve Kuzey Afrika'ya, İrlanda'dan doğuya doğru Palearktik Bölge'nin büyük kısmından Asya'nın Pasifik kıyısı, Keşmir ve Nepal'e kadar olan geniş bölge yayılış gösteren yüksek düzeyde göçmen bir türdür (Speight, 2020).

#### ***Sphaerophoria turkmenica* Bankowska, 1964**

**İncelenen Materyal:** 11, 1♂; 44, 1♂; 52, 2♂; 54, 1♂; 62, 2♂; 66, 4♂; 72, 1♂; 77, 3♂; 78, 1♂2♀; 81, 2♂; 86, 1♂; 91, 1♀; 162, 1♂; 179, 2♂.

**Türkiye'deki Yayılışı:** Adıyaman, Diyarbakır, Erzurum, Gaziantep, Kayseri, Kırşehir, Ordu, Şanlıurfa, Tokat (Yetkin, 2006; Toth, 2013; Sarıbiyık, 2014; Gözüaçık & İnanç, 2018).

**Dünyadaki Yayılışı:** Avrupa ve Rusya'nın Asya kesimi, Kafkasya (Ermenistan, Azerbaycan), İran, Arabistan Yarımadası (Umman), Türkmenistan ve Kazakistan (Speight, 2020).

Çalışma süresince daha az yaygın olarak kabul edilen diğer entomofag türler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çalışma boyunca kültüre alınarak elde edilen ergin syrphid bireyleri de dahil olmak üzere 38 türe ait toplam 3.119 adet entomofag özellikte ergin birey toplanmıştır. Arazi çalışmalarında 190 ayrı noktadan (820-1730 m) toplam 1892 örnek ile en çok rastlanan tür *S. scripta* olmuştur. En çok karşılaşılan ikinci tür ise 93 ayrı noktadan 374 adet toplanan *M. mellinum*'dur. Bir diğer yaygın entomofag tür olan *E. corollae*'a 97 farklı noktada (750-1675 m) rastlanmış ve bu alanlardan 264 adet birey toplanmıştır. Bu türlerin 2014 ve 2015 yıllarında nisan sonunda örneklenmeye başlandığı ve eylül ayının ikinci yarısına kadar yapılan örneklemelerde elde edilebildiği belirlenmiştir. Örneklemelerde, en az rastlanan türün *S. pyrastris* olduğu ve bu türle sıklıkla Burdur'da yapılan örneklemelerde karşılaşıldığı gözlenmiştir. Bu tür, 2015 yılında mayıs-eylül ayları arasında 5 ayrı noktadan (920-1672 m) toplamda 12 adet örneklenmiştir. Ayrıca, üzerinde beslendikleri yaprakbitleriyle birlikte kültüre alınan türler içinde *S. pyrastris*, özellikle 2015 yılında dikkati çekmiştir. Larva örnekleri genellikle *Centaurea* spp., *Cirsium arvense* (L.) ve *Rumex* sp. üzerindeki yaprakbitlerinde beslenirken elde edilmiş ve örnekler mayıs'ın ikinci yarısından haziran'ın ilk haftasına kadar toplanmıştır. Kültüre alınan larvalar, haziran'ın ilk hafta sonunda pupa olmuş ve haziran'ın ikinci yarısında da ergin çıkışları gerçekleşmiştir. Örneklem alanlarından üzerinde beslendikleri yaprakbitleriyle birlikte kültüre alınan yumurta, larva ve pupa dönemlerinden elde edilen ergin bireyler, konukçu bitkileri, üzerinde buldukları yaprakbiti türleri Çizelge 3'te verilmiştir.

**Çizelge 2.** Goller Yöresinde daha az yaygın olarak kabul edilen diğer entomofag türler**Table 2.** Other entomophagous species that are less common in the Lakes Region

Tür adı	Toplandığı Lokalite Kodları (bkz. Çizelge 1)	Birey sayısı	Bulunma oranı (%)
<i>Baccha elongata</i> (Fabricius, 1775)	223	1	0.03
<i>Chrysotoxum cautum</i> (Harris, 1776)	29, 60, 173, 178,	6	0.19
<i>Chrysotoxum festivum</i> (L., 1758)	213, 215	3	0.09
<i>Chrysotoxum intermedium</i> (Meigen, 1822)	5, 87, 188, 208, 257	6	0.19
<i>Chrysotoxum parmense</i> Rondani, 1845	144, 145, 153, 215, 222	6	0.19
<i>Chrysotoxum aff. vernale</i> Loew, 1841	212, 241	2	0.06
<i>Didea fasciata</i> Macquart, 1834	101, 211, 222, 256	5	0.16
<i>Eupeodes latifasciatus</i> (Macquart, 1829)	182	1	0.03
<i>Eupeodes luniger</i> (Meigen, 1822)	152, 165, 171, 222	4	0.12
<i>Heringia heringi</i> (Zetterstedt, 1843)	189, 222, 227	3	0.09
<i>Meliscaeva auricollis</i> (Meigen, 1822)	18, 194, 234	3	0.09
<i>Paragus oltenicus</i> Stanesco, 1977	10, 102, 249, 255	5	0.16
<i>Paragus quadrifasciatus</i> Meigen, 1822	59, 62, 88, 116, 143, 199	8	0.25
<i>Paragus testaceus</i> Meigen, 1822	52, 105, 145, 146, 150, 153, 205, 208, 215, 227, 229, 230, 235, 254	25	0.80
<i>Pipiza noctiluca</i> (L., 1758)	227, 229, 235	4	0.12
<i>Pipizella divicoi</i> (Goeldlin, 1974)	213, 215	2	0.06
<i>Platycheirus albimanus</i> (Fabricius, 1781)	165, 212, 234, 256	5	0.16
<i>Platycheirus ambiguus</i> (Fallén, 1817)	153	2	0.06
<i>Platycheirus scutatus</i> (Meigen, 1822)	163, 165, 241,	3	0.09
<i>Scaeva albomaculata</i> (Macquart, 1842)	27,	1	0.03
<i>Scaeva pyrastris</i> (L., 1758)	176, 177, 217, 184	5	0.09
<i>Sphaerophoria menthastris</i> (L., 1758)	21,21, 25	3	0.09
<i>Syrphus torvus</i> Osten-Sacken, 1875	222, 257	2	0.06
<i>Syrphus vitripennis</i> Meigen, 1822	88	1	0.03
<i>Volucella zonaria</i> (Poda, 1761)	50, 83, 130, 131, 151, 203, 211, 221, 222, 226, 234, 256	16	0.51
<i>Xanthandrus comtus</i> (Harris, 1780)	207, 211	4	0.12
<i>Xanthogramma dives</i> (Rondani, 1857)	150, 198, 221, 226, 227, 230, 234, 235, 256	21	0.67

**Çizelge 3.** Çalışma alanında toplandıkları lokalitelere göre yaprakbiti kolonilerinde saptanan ve konukçuları ile birlikte kültüre alınarak ergin elde edilen türler, avları, üzerinde buldukları bitkiler**Table 3.** Species determined in aphid colonies according to the localities where they are collected in the study area and obtained adults by culturing with their hosts, their prey, the plants on which they are found

Lok. No*	Konukçu bitkiler	Yaprakbiti türü	Syrphidae türü
13	<i>Verbascum</i> sp.	<i>Aphis fabae</i> Scopoli, 1763	<i>Episyrphus balteatus</i> (2♀)
16	<i>Sinapis arvensis</i> , <i>Centaurea cyanus</i>	<i>Uroleucon (Uromelan) jaceae</i> (L., 1758); <i>Brachycaudus helichrysi</i> (Kaltenbach, 1843)	<i>Eupeodes corollae</i> (6♂, 1♀)
18	<i>Cirsium arvense</i>	<i>Uroleucon (Uromelan) aeneum</i> (Hille Ris Lambers, 1939)	<i>Sphaerophoria scripta</i> (2♂)
19	<i>Cirsium arvense</i>	<i>Uroleucon (Uromelan) jaceae</i> (L., 1758)	<i>Sphaerophoria scripta</i> (2♀)
20	<i>Lapsana communis</i>	<i>Aphis nasturtii</i> Kaltenbach, 1843	<i>Sphaerophoria scripta</i> (1♀)
21	<i>Sinapis arvensis</i> , <i>Cirsium arvense</i>	<i>Aphis fabae</i> Scopoli, 1763	<i>Episyrphus balteatus</i> (9♂, 4♀), <i>Sphaerophoria menthastris</i> (1♀), <i>Sphaerophoria scripta</i> (1♂, 8♀),
51	<i>Onopordum</i> sp., <i>Carduus pycnocephalus</i> , <i>Cirsium</i> sp.	<i>Brachycaudus helichrysi</i> (Kaltenbach, 1843)	<i>Sphaerophoria scripta</i> (5♂, 13♀)
54	<i>Onopordum</i> sp.	<i>Brachycaudus (Acaudus) cardui</i> (L., 1758)	<i>Sphaerophoria scripta</i> (4♂, 9♀)
154	<i>Carduus</i> sp.	<i>Aphis fabae</i> Scopoli, 1763	<i>Episyrphus balteatus</i> (1♀), <i>Eupeodes corollae</i> (1♂, 1♀)
154	<i>Cirsium</i> sp.	<i>Uroleucon (Uromelan) aeneum</i> (Hille Ris Lambers, 1939)	<i>Scaeva pyrastris</i> (1♀)
155	<i>Cirsium</i> sp.	<i>Aphis fabae</i> Scopoli, 1763	<i>Scaeva pyrastris</i> (1♂)
156	<i>Cirsium</i> sp.	<i>Uroleucon (Uromelan) aeneum</i> (Hille Ris Lambers, 1939)	<i>Scaeva pyrastris</i> (1♀)
157	<i>Cirsium</i> sp.	<i>Uroleucon (Uromelan) jaceae</i> (L., 1758)	<i>Scaeva pyrastris</i> (2♂)
157	<i>Cirsium</i> sp.	<i>Brachycaudus (Acaudus) cardui</i> (L., 1758), <i>Uroleucon (Uromelan) aeneum</i> (Hille Ris Lambers, 1939)	<i>Scaeva pyrastris</i> (1♂)
176	<i>Centaurea</i> spp., <i>Cirsium</i> sp., <i>Rumex</i> sp.	<i>Uroleucon (Uromelan) aeneum</i> (Hille Ris Lambers, 1939)	<i>Eupeodes corollae</i> (2♀)
177	<i>Centaurea</i> spp., <i>Cirsium</i> sp., <i>Rumex</i> sp.	<i>Uroleucon (Uromelan) aeneum</i> (Hille Ris Lambers, 1939), <i>Uroleucon (Uromelan) jaceae</i> (L., 1758), <i>Capitophorus elaeagni</i> (del Guercio, 1894)	<i>Eupeodes corollae</i> (4♂, 2♀)
184	<i>Cirsium</i> sp.	<i>Nasonovia ribisnigri</i> (Mosley, 1841)	<i>Scaeva pyrastris</i> (1♀)

*Episyrphus balteatus*, predatör syrphidler içerisinde en çok görülen tür olup değişik bitkilerdeki afit kolonilerinde gelişmesini sürdürmektedir. Bir larvanın, gelişimi esnasında 416.4 adet *Aphis pomi* (De Geer), 231.8 adet *A. fabae*, 461 *Brevicoryne brassicae* (L.) veya 221.4 adet *Dysaphis plantaginea* (Passerini, 1860) nimfini tükettiği saptanmıştır (Wnuk, 1979). Türkiye’de yapılan bir çalışmada ise bu türün *Brassica oleracea* üzerindeki *B. brassicae* üzerinde beslendiği bildirilmiştir (Zeren & Düzgüneş, 1983). Bu çalışma kapsamında ise Isparta ve Burdur illerinden alınan *Verbascum* sp., *Sinapis arvensis*, *Cirsium arvense* ve *Carduus* sp. üzerinde bulunan *A. fabae* bireylerinde beslendiği saptanmıştır.

*Volucella inflata* (Fabricius, 1794) hariç, hemen hemen tüm *Volucella* türlerinin larvaları, arı ve yabanarısı yuvalarında yaşamakta; *V. pellucens* (L., 1758) larvası hem ölü hem de canlı yabanarısı larvalarını yemektedir (Sommagio, 1999). Yürütülen bu çalışmada ise arazi örneklemelelerinde *V. zonaria* elde edilmiştir. Ancak konukçusu ile ilgili herhangi bir veri bulunmamaktadır.

*Eupeodes* (= *Metasyrphus*) *corollae*’nin *Spinacia oleracea* üzerindeki *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) ile beslendiği bildirilirken (Zeren & Düzgüneş, 1983), bu çalışmada ise bu türün *Centaurea* spp., *Cirsium* sp., *Rumex* sp. üzerindeki *Uroleucon* (*Uromelan*) *aeneum* (Hille Ris Lambers, 1939) ve *Capitophorus elaeagni* (del Guercio, 1894), *Sinapis arvensis*, *Centaurea cyanus* üzerindeki *U. jaceae* (L., 1758) ve *Brachycaudus helichrysi* (Kaltenbach, 1843), *Carduus* sp. üzerindeki *A. fabae* 1763 ve üzerinde beslendiği saptanmıştır.

*Scaeva pyrastris*’nin *Brassica oleracea* üzerinde bulunan *B. brassicae*, *M. euphorbiae*, *A. fabae* ve *A. pisum* üzerinde beslendiği bildirilirken (Zeren & Düzgüneş, 1983), yürütülen çalışmada ise bu tür *Cirsium* sp. üzerindeki *A. fabae*, *Nasonovia ribisnigri* (Mosley, 1841), *Brachycaudus* (*Acaudus*) *cardui* (L., 1758), *U. aeneum* ve *U. jaceae* üzerinde bulunmuştur.

*Sphaerophoria scripta* *Solanum melongena* üzerindeki *M. persicae* ve *Phaseotus vulgaris* üzerindeki *A. fabae* üzerinde bulunurken (Zeren & Düzgüneş, 1983), aynı avcı tür *Cirsium arvense* üzerindeki *U. jaceae*, *S. arvensis*, *C. arvense* üzerindeki *A. fabae*, *Lapsana communis* üzerindeki *Aphis nasturtii* Kaltenbach, 1843, *Onopordum* sp., *Carduus pycnocephalus*, *Cirsium* sp. üzerindeki *B. helichrysi* ve *Onopordum* sp. üzerindeki *B. cardui* (L., 1758) üzerinde beslendiği belirlenmiştir.

## SONUÇ

Önceki çalışmalar değerlendirildiğinde, yararlı böcekler arasında önemli bir yer tutan Syrphidae türleri üzerinde Türkiye’de yeterli sayıda çalışma bulunmadığı, hatta bazı yörelerimizde bu konuda yapılan çalışmaların yok denecek kadar az olduğu görülmektedir. Bu çalışma ile Türkiye’de zengin bir böcek faunasına sahip Göller Yöresi’ndeki avcı Syrphidae türlerinin ortaya çıkarılmış, avcı türlerin avları ve toplandıkları lokaliteler hakkında bilgi sunulmuştur. Araştırmanın sahip olduğu bu özellikler nedeniyle zararlıların biyolojik mücadelesi kapsamında yürütülecek sonraki araştırmalar için iyi bir kaynak niteliği taşıyacağı ve önemli bir alt yapı oluşturacağı düşünülmektedir.

## TEŞEKKÜR

Yazarlar, çalışmayı destekleyen TÜBİTAK 1001 Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programına (proje numarası: 213O243) ve yaprakbiti türlerinin teşhisini yapan Doç. Dr. Işıl ÖZDEMİR (Kocaeli Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Kocaeli)’e teşekkür eder.

## KAYNAKLAR

- Alaoğlu, Ö. & H. Özbek, 1987. Erzurum ve çevresinde patateslerde bulunan avcı böcek türleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18 (1-4): 15-26.
- Ayyıldız, Y. & R. Atlıhan, 2006. Balıkesir ili sebze alanlarında görülen yaprakbiti türleri ve doğal düşmanları. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 16 (1): 1-5.

- Civelek, H.S. & S. Tezcan, 2005. Some new records for Diptera fauna of Turkey and additional notes on the dipterous fauna of cherry orchards. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 29 (1): 11-16.
- Daşçı, E. & Ş. Güçlü, 2008. İğdir ovasında meyve ağaçlarında bulunan yaprakbiti türleri (Homoptera: Aphididae) ve doğal düşmanları. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39 (1): 71-73.
- Demirözer, O. & İ. Karaca, 2014. Isparta ili yağ gülü (*Rosa damascena* Miller) üretim alanlarında bulunan avcı ve parazitoit türler ve yayılışları. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 4 (3): 171-184.
- Erkin, E., 1983. Investigations on the host, distribution and efficiency of the natural enemies of the family Aphididae (Homoptera) harmful to pome and stone fruit trees in İzmir province of Aegean Region. *Türkiye Bitki Koruma Dergisi*, 7 (1): 29-49.
- Gilbert, F., 2005. Syrphid aphidophagous predators in a food-web context. *European Journal of Entomology*, 102: 325–333.
- Gözüaçık, C. & İ. Özgen, 2018. Contribution to the Syrphidae (Diptera) fauna in the cereal fields of Southeastern Anatolia, Turkey. *Munis Entomology & Zoology Journal*, 13 (2): 522-526.
- Kohli, V.K., V.C. Kapoor & S.K. Gupta, 1988. On one genus and nine species of Syrphid flies (Diptera: Syrphinae) from India. *Journal of Insect Science*, 1 (2): 113-127.
- Öztürk, N., M.R. Ulusoy & E. Bayhan, 2005. Doğu Akdeniz Bölgesi nar alanlarında saptanan zararlılar ve doğal düşman türleri. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 29 (3): 225-235.
- Pehlivan, S. & E. Atakan, 2014. Adana (Türkiye) ili Balcalı yöresi Syrphidae (Diptera) türleri. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 5 (1): 53-66.
- Rojo, S., C. Pérez-Bañón & M.A. Marcos-García, 1999. First observations on the biology of *Scaeva mecogramma* (Bigot, 1860) (Diptera, Syrphidae) and notes on some other syrphids preying on psyllids (Hemiptera, Aphalaridae and Triozidae). *Volucella*, 4 (1/2): 105-111.
- Rotheray, G.E., 1986. Colour, shape and defense in aphidophagous syrphid larvae (Diptera). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 88: 201-216.
- Sarıbıyık, S., 2014. Check list of Turkish flower flies (Diptera: Syrphidae). *Munis Entomology & Zoology Journal*, 9 (1): 570-585.
- Simic, S. & S. Glumac, 1987. The syrphid fauna of Montenegro (Insecta: Diptera): A zoogeographical analysis within the Balkan Peninsula. *Biologia Gallo-hellenica, Kammerna Vourla*, 13: 99-102.
- Sommaggio, D., 1999. Syrphidae: Can they be used as environmental bioindicators?. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 74: 343-356.
- Speight, M.C.D., 2020. Species Accounts of European Syrphidae, 2020. *Syrph the Net, the Database of European Syrphidae (Diptera)*. *Syrph the Net publications*, Dublin, 314 pp.
- Toth, S., 2013. Additional data to the hoverfly fauna of Turkey (Diptera: Syrphidae). *Natura Somogyiensis*, 23: 239-254.
- Van Driesche, R., M. Hoddle & M.T. Center, 2008. *Control of Pests and Weeds by Natural Enemies, An introduction to Biological Control*. Blackwell Publishing, USA, 484 pp.
- Vujić, A., M. Speight, M.E. Courcy Williams de, R. Rojo, G. Ståhls, S. Radenković, L. Likov, M. Miličić, C. Pérez-Bañón, S. Falk & T. Petanidou, 2020. *Atlas of the Hoverflies of Greece (Diptera: Syrphidae)*. Leiden/Boston, Brill, 285pp.
- Wnuk, A., 1979. *Episyrphus balteatus* (De Geer, 1776) (Diptera: Syrphidae) jako drapieżca mszyc (Homoptera: Aphidoidea). *Zesz Nauk. AR W Krakowie, Rozprawy*, 72: 1-64.
- Yaşarakıncı, N. & P. Hıncal, 2000. İzmir ilinde örtüaltı biber yetiştiriciliğinde bulunan zararlılar ile doğal düşmanları ve populasyon gelişmeleri üzerinde araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni*, 40 (3-4): 135-152.
- Yetkin, C., 2006. *Şanlıurfa İlindeki Syrphidae (Diptera) Türleri ve Yayılışları*. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 43 s.
- Zeren, O. & Z. Düzgüneş, 1983. Çukurova Bölgesinde sebzelerde zararlı olan Aphidoidea türlerinin doğal düşmanları üzerinde araştırmalar. *Türkiye Bitki Koruma Dergisi*, 7 (3): 204-207.



## Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (1):155-164  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1208837>

Mualla KETEN GÖKKUŞ<sup>1\*</sup>

Tahsin BEYCIÖĞLU<sup>2</sup>

Hasan DEĞİRMENCI<sup>3</sup>

Fatih KILLI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 50000, Merkez, Nevşehir, Türkiye

<sup>2</sup> Kahramanmaraş sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 46100, Merkez, Kahramanmaraş, Türkiye

<sup>3</sup> Kahramanmaraş sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 46100, Merkez, Kahramanmaraş, Türkiye

\* Sorumlu yazar (Corresponding author):

[mketen@nevsehir.edu.tr](mailto:mketen@nevsehir.edu.tr)

**Anahtar sözcükler:** Bitki su tüketimi, bitki verim tepki etmeni, florispan, klorofil içeriği, su kullanım etkinliği

**Keywords:** Evapotranspiration, crop yield response factor, chlorophyll content, florispan, water use efficiency

## Kısıntılı sulamanın iki farklı yer fıstığı çeşidinde su-verim ilişkilerine etkileri

Effects of deficit irrigation on water-yield relations of two different peanut varieties

Received (Alınış): 23.11.2022

Accepted (Kabul Tarihi): 15.02.2023

### ÖZ

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı yağlık ve çerezlik olarak kullanılmak üzere gıda sektöründe önemli bir yeri olan yer fıstığının sulama programını oluşturmak, kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde su kaynaklarının daha verimli kullanılması adına kısıntılı sulama yaparak su-verim ilişkilerini incelemektir.

**Materyal ve Yöntem:** Bu çalışma Kahramanmaraş Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsüne ait topraklarda 2020 yılı yetiştirme sezonunda yürütülmüştür. Faktöriyel deneme desenine göre uyarlanan çalışmada iki farklı yer fıstığı çeşidi (Florispan, NC-7) ve dört sulama seviyesi (%100, %75, %50, %25) 3 tekrürlü olarak yürütülmüştür.

**Araştırma Bulguları:** Her iki çeşite %100 sulanan konudan %25 sulanan konuya doğru 1230 ile 513 mm su verildi. Bitki su tüketimi değerleri 1100 ile 450 mm arasında değişti. Su kullanım etkinliği 0.44 ile 0.89 kg m<sup>-3</sup>, sulama suyu kullanım etkinliği ise 0.39 ile 0.78 kg m<sup>-3</sup> olarak bulunmuştur. Ky değeri 0.54 olarak bulunurken klorofil içeriği değerleri 20 ile 39 arasında gözlenmiştir.

**Sonuç:** Yer fıstığı bitkisinin Doğu Akdenizde %75 su kısıtında yetiştirilebileceği anlaşılmıştır. Florispan çeşidi su stresine karşı daha hassas olduğu için NC-7 çeşidinin yetirilmesi önerilmiştir. Klorofil içeriğinin belirsiz sonuçlar vermesi sulama zamanının belirlenmesinde yetersiz olduğunu göstermiştir.

### ABSTRACT

**Objective:** The aim of this study is to create an irrigation program for oil and snack peanuts, which is important for the food sector. and to examine the water-yield relations by using deficit irrigation in order to use water resources more efficiently in arid and semi-arid climates.

**Material and Methods:** This study was conducted in the fields of the Eastern Mediterranean Transition Zone Agricultural Research Institute in Kahramanmaraş in the 2020 growing season. In this study, two different peanut varieties (Florispan, NC-7) and four irrigation levels (100%, 75%, 50%, 25%) were tested in 3 replications according to a factorial trial design.

**Results:** Both varieties were given 1230 to 513 mm of water from 100% irrigated to 25% irrigated treatment. Crop water consumption values varied between 1100 and 450 mm. Water usage efficiency was found to be between 0.44 and 0.89 kg m<sup>-3</sup> and irrigation water use efficiency was between 0.39 and 0.78 kg m<sup>-3</sup>. While Ky value was found to be 0.54, chlorophyll content values were observed between 20 and 39.

**Conclusion:** Peanut plant can be grown in Eastern Mediterranean with 75% water deficit. Since Florispan variety is more sensitive to water stress, it is suggested to grow NC-7 variety. Uncertain results of chlorophyll content showed that it was insufficient to determine irrigation time.



## GİRİŞ

Artan nüfus, küresel ısınma ve iklim değişikliği, sanayileşme ve dünyanın gitgide tüketim toplumu haline gelmesi doğal kaynakların tüketimini hızlı bir şekilde artırdığı gibi gıda ihtiyacını da baskılamaktadır. Kıt bir kaynak olan suyun dünyamıza ve gelecek nesillere yetebilmesi için onu israf etmeden kullanmak gerekmektedir. Bu yüzden tarımsal üretimde ciddi bir payı olan suyun çeşitli yöntemlerle etkin kullanılması için yeni teknik, yaklaşım ve yöntemler geliştirilmelidir. Bununla beraber yetiştirilen ürünlerin kuraklığa toleranslı ve aynı zamanda verimli çeşitlerden seçilmesi de önem arz etmektedir.

Kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde bulunan yerlerde bitki su ihtiyacının karşılanması için sulama yapmak kaçınılmazdır. Türkiye’de özellikle de Karadeniz bölgesinin dışında yer alan diğer bölgeler Kurak ve Yarı kurak iklim özellikleri gösterdiğinden sulama tarımsal verim için oldukça önemlidir (Görgülü & Ul, 2017). Akdeniz Bölgesi’nde mevcut su kaynaklarının sınırlılığı, bu kaynakların diğer sektörlerde (evsel, kentsel ve endüstriyel) kullanımının artması ve dünyadaki su kaynaklarının en fazla tüketicisinin sulama olduğu düşünüldüğünde, suyu verimli kullanmak kaçınılmazdır (Sezen vd., 2017). Su ve enerjiden tasarruf sağlayan, çevreyi nispeten daha az kirleten, ürün verimi ve kalitesinde artış sağlayan basınçlı sulama sistemlerinin kullanılması, ülke su kaynaklarının daha verimli kullanılmasını sağlayacaktır (Sezen vd., 2019).

Yer fıstığı baklagiller familyasında (fabaceae) sınıflandırılır ve baklagiller kadar protein içeriğine sahiptir ancak genellikle yüksek yağ içeriği nedeniyle yağlı tohumlar arasında yer alır (Arya et al., 2016). Yer fıstığı (*Arachis hypogaea*, L.) dünyadaki dördüncü önemli yağlı tohumdur (Boukid, 2022). Yağı alınmış yerfıstığı küspesi %50-60'a kadar protein içerir ve genellikle gübre, yem veya yakıt olarak kullanılır (Zhao et al., 2020). Bugün yer fıstığı Çin, Hindistan, Afrika, Japonya, Güney Amerika ve Amerika Birleşik Devletleri’nde dünya çapında geliştirilen 300'den fazla çeşitle yetiştirilmektedir (Settaluri et al., 2012). Yer fıstığı, yağ üretimi, çerezlik tüketim, yer fıstığı ezmesi, şekerlemeler, yer fıstığı içeren atıştırılabilirler, protein artırıcı ve gıda katkı maddesi olarak dünya çapında yetiştirilen önemli bir üründür (Rustom et al., 1996). Yer fıstığı bitkisi, diğer baklagillerden farklı olarak, yer üstünde çiçek açarken, yer altında meyve üretir. Dikimden yaklaşık 120-140 gün sonra, yer fıstığı yerden çekilir ve bir yer fıstığı kazıcı-çalkalayıcı kullanılarak ana kök kesilir ve her bitki tarlalarda güneşte kuruması için yığınlarda baş aşağı bırakılır. Bu noktada yer fıstığı %25-50 nem içerir ve depolama için %10'dan daha az neme kadar kurutulmalıdır. Kurutma işleminden sonra, biçerdöver fıstıkları ayırma işlemine geçer (Zhao et al., 2012).

İklim koşulları yer fıstığı gelişimini doğrudan etkiler (Shi et al., 2020). Özellikle de hava sıcaklığı ve yağış yer fıstığını en çok etkileyen hava unsurlarıdır (Hoogenboom, 2000; Carleton, 2017). 25-30°C hava sıcaklığı aralığında iyi gelişen yer fıstığı (Pradhan et al., 2019) 32 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda meyve kütlesi miktarını azaltır (Ketring, 1984). 28°C'lik bir hava sıcaklığı özellikle bakla oluşumu aşamasında, yer fıstığının gelişmesi için idealdir (Prasad et al., 1999). Türkiye’de Çukurova bölgesi yerfıstığı ekiminin %80'ine yakınına karşılamaktadır. Yer fıstığı ekim alanlarının %49.3'ü Adana, %27.2'si Osmaniye, %11.6'sı Şırnak, %2.7'si Antalya, %2.4'ü Hatay, %1.9'u Kahramanmaraş, %1.8'i Aydın, %1.1'i Mersin ve %1'i Gaziantep'tedir. Kahramanmaraşta ekim oranı diğer illere göre düşüktür (Kadiroğlu, 2022).

Yer fıstığında sulama yönetimi, optimum üretim için tüm büyüme aşamalarında çok önemlidir (Meisner & Karnok, 1992). Ancak bazı yazarlar yer fıstığının su stresine verdiği tepkinin bitkinin farklı gelişme dönemlerinde aynı derecede hassas olmadığını bildirmişlerdir (Howell et al., 1980; Doorenbas & Kassam, 1986). Günümüzde, tam sulama, karlı verim elde etmede çok az etkisi olan lüks bir su kullanımı olarak kabul edilmektedir (Kang & Zhang, 1998; Sepaskhah & Ahmadi, 2010). Suyu verimli kullanmak için kısıntılı sulama, kısmi kök kuruluğu (PRD) gibi uygulamaları geliştirmek gereklidir (Perry, 2011; Toprak et al., 2016). Bu çalışmanın amacı Türkiye'nin Doğu Akdeniz bölgesinde yer alan Kahramanmaraş ilinde damla sulama sistemi ve kısıntılı sulama programı ile yüksek fıstık verimi elde etmeyi sağlama, NC-7 ve Florispan çeşitlerinin suyu etkin kullanma durumları ve klorofil içeriklerini karşılaştırmaktır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Deneme yeri, iklim ve toprak özellikleri

Bu çalışma Kahramanmaraş Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne ait tarımsal arazilerde 2020 yılında yürütülmüştür. Çalışılan alanın rakımı 465 m olup koordinatları 37°55'08" Kuzey enlemi ve 36°55'09" Doğu boylamıdır. Kahramanmaraş ili Akdeniz iklimi hakimiyeti altındadır. Kahramanmaraş ili iklim özellikleri bakımından yer fıstığı yetiştiriciliği için oldukça uygun iklim özelliklerine sahiptir. 2020 yılı deneme alanına ait iklim verileri Çizelge 1'de verilmiştir. Kahramanmaraş ili iklim verilerine ait değerler Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınmıştır (Anonymous, 2022).

**Çizelge 1.** Kahramanmaraş ili yer fıstığı yetiştirme dönemine ait iklim verileri

**Table 1.** Climatic data of the peanut growing period of Kahramanmaraş province

İklim özellikleri	Aylar				
	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
Aylık ortalama sıcaklık (°C)	25.00	30.50	29.50	29.10	23.00
Aylık toplam yağış (mm)	4.10	0.00	0.50	0.00	0.50
Aylık ortalama nispi nem (%)	48.40	44.60	39.70	40.50	39.10

Deneme alanına ait toprağın 0-30, 30-60, 60-90 cm katmalarında kil tanecikleri miktarı kum ve silte göre düşüktür. Hacim ağırlığı 1.60 g cm<sup>-3</sup> civarındadır. Su tutma kapasitesi kumlu topraklara kıyasla yüksektir. Toprağın fiziksel özellikleri yer fıstığı yetiştiriciliği için uygundur. Çizelge 2'de çalışma alanına ait toprağın fiziksel özellikleri verilmiştir. Toprak bünyesi Bouyoucos hidrometre yöntemi (Bouyoucos, 1951)'e göre belirlenmiştir.

**Çizelge 2.** Çalışılan toprağa ait fiziksel özellikler

**Table 2.** Soil physically properties of the trial area

Toprak katmanı (cm)	Tarla kapasitesi (mm)	Solma noktası (mm)	Hacim ağırlığı (g cm <sup>-3</sup> )	Kullanılabilir su tutma kapasitesi (mm)	Bünye sınıfı	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)
0-30	105.5	59.9	1.6	45.56	Siltli tınlı	40.10	2.9	56.9
30-60	107.8	65.9	1.5	41.9	Siltli tınlı	35.6	9.6	54.7

Toprağın kimyasal özelliklerini belirlemek için 0-30 cm'lik katmandan örnekler alınmıştır. pH değeri hafif alkali Richards (1954), iletkenliği tuzluluğa sebep olmayacak düzeyde (Kanber, 1992), organik madde miktarı "az" (Nelson and Sommers, 1982), kireç miktarı "oldukça kireçli" (Sağlam, 2008), fosfat miktarı "az" potasyum ise "fazla" (Richards, 1954)'dir. Toprak kimyasal yönden incelendiğinde yer fıstığı yetiştiriciliği açısından sorun oluşturmadığı görülmektedir. Toprağın kimyasal özellikleri Çizelge 3'te verilmiştir.

**Çizelge 3.** Çalışılan toprağa ait kimyasal özellikler

**Table 3.** Soil chemical properties of the trial area

Yıllar	Toprak derinliği (cm)	pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )	Organik madde (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg da <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (kg da <sup>-1</sup> )	Kireç (%)
2019-2020	0-30	7.80	0.023	1.03	3.66	62.00	19.85

### Bitki çeşit ve özellikleri

Denemede NC-7 (Virginia tipi) ve Florispan (Spanish tipi) olmak üzere iki adet yer fıstığı çeşidi kullanılmıştır. NC-7 çeşidi yarı yatık özelliğe, Florispan çeşidi ise tam dik büyüme özelliğine sahiptir. NC-7 çeşidi 140-160 gün, Florispan çeşidi ise 120-125 günde yetiştirme özelliğine sahiptir (Aşık vd., 2018). NC-7 çeşidi orta erkenci özelliğe sahip olup tohumları ince ve açık pembe. Yağ oranı ortalama %50'dir. Türkiye'de en yaygın yetiştirilen çerezlik yer fıstığı çeşitlerinden biridir (Kadiroğlu vd., 2011). Florispan çeşidi erkenci, tohumları yuvarlak ve açık pembe, yağ oranı %53-%55 olup yağlık çeşittir (Kadiroğlu, 2022).

### Deneme deseni, sulama sistemi ve sulama konuları

Deneme faktöriyel deneme desenine göre iki bitki çeşidi, dört sulama seviyesi ve üç tekrerrür olmak üzere yirmi sekiz parselde yürütülmüştür. Tohumlar her bir parselde 4 sıra olacak şekilde 70 cm sıra arası ve 15 cm sıra üzeri mesafede olacak şekilde dizayn edilmiştir. Her bir parselin alanı 14 m<sup>2</sup> olarak ayarlanmıştır.

Denemede sulama faaliyetleri için damla sulama sistemi kullanılmıştır. Lateraller çapı 16 mm, 4 l h<sup>-1</sup> debi ve 25 cm damlatıcı aralığı olan polietilen borulardan seçilmiş ve her bir bitki sırasına bir lateral boru döşenmiştir.

Sulama konuları bitki su ihtiyacının tam karşılandığı konu olan %100 sulama, NC-7<sub>100</sub>-F<sub>100</sub> (kontrol konusu), kontrol konusunun %25 eksiği NC-7<sub>75</sub>-F<sub>75</sub>, kontrol konusunun %50 eksiği NC-7<sub>50</sub>-F<sub>50</sub> ve kontrol konusunun %75 eksiği NC-7<sub>25</sub>-F<sub>25</sub> olarak belirlenmiştir. Sulama toprak nem takibi yapılarak verilmiştir. Toprak nemi gravimetrik yöntemle belirlenmiş ve tarla kapasitesi ile solma noktası arasında tutulması sağlanmıştır. Sulama aralığı 4-6 gün olarak belirlenmiştir.

### Kültürel işlemler

Buğday hasatından sonra ikinci ürün olarak yetiştiriciliği yapılan yer fıstığı çeşitleri için tarla sürülerek ekime hazır hale getirilmiştir. Ekimden önce tarlaya 30 kg/da<sup>-1</sup> 18-46 DAP gübresi verilmiştir (Killi & Beycioglu, 2022). Ekim pnömatik mibzerle 27 Haziran 2020 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Bitkiler vejetatif döneme geçince dekara 15 kg gelecek şekilde üre gübresi (%46) uygulamıştır (Killi & Beycioglu, 2022). Hasat 31 Ekim 2020 tarihinde elle yapılmıştır.

### Sulama ile ilgili gözlemler

Bitkilere verilen sulama suyu her sulamadan önce tam sulamanın yapıldığı konuya ait toprak nem değerinden yola çıkılarak hesaplanmıştır. Sulama suyu hesabında derinlik cinsinden kullanılabilir su tutma kapasitesinden yararlanılmıştır.

Parsellere verilmesi gereken sulama suyu toprak neminin derinlik cinsinden ifadesiyle Eşitlik 1'e göre hesaplanmıştır (Güngör vd., 2012).

$$dn = \frac{(P_{wTK} - P_{wMN}) \times As \times D}{100} \quad (1)$$

Eşitlikte,

dn: net sulama suyu miktarı, mm; P<sub>wTK</sub>: tarla kapasitesi (ağırlık yüzdesine cinsinden), %; P<sub>wMN</sub>: mevcut nem, %; As: hacim ağırlığı, g cm<sup>-3</sup>; D: etkili kök derinliği, mm dir. Tarla kapasitesi ve solma noktası Güngör vd. (2012)'de belirtildiği gibi ölçülmüştür. Etkili kök derinliği 60 cm olarak kabul edilmiştir (Güngör vd., 2012).

Bitki su tüketimi (ET) su bütçesi eşitliğine dayanarak belirlenmiştir (Howell et al., 1986). Bitki su tüketimi Eşitlik 2'ye göre hesaplanmıştır.

$$ET = I + P - R_f - C_r - D_p \pm \Delta S \quad (2)$$

Eşitlikte,

ET: bitki su tüketimi, mm; I: sulama suyu miktarı, mm; P: yağış, mm; R<sub>f</sub>: yüzey akıştan kaynaklanan kayıpları, mm; D<sub>p</sub>: derine sızma, mm; C<sub>r</sub>: kılcal yükseliş, mm; ΔS: toprak nemindeki değişim, mm/60 cm'dir. Çalışma alanında taban suyu problemi olmadığından yüzey akış kayıpları (R<sub>f</sub>) ve kılcal yükselmeler (C<sub>r</sub>) dikkate alınmamıştır ve derine sızmanın (D<sub>p</sub>) olmadığı varsayılmıştır.

Su kullanım (WUE) ve sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) Zhang et al. (2004)'ye göre belirlenmiştir. Su kullanım (WUE) ve sulama suyu kullanım etkinliği sırasıyla Eşitlik 3 ve 4'te verilen eşitliklere göre belirlenmiştir.

$$WUE = \frac{E_y}{ET} \times 100 \quad (3)$$

Eşitlikte;

WUE: Su kullanım etkinliği,  $\text{kg m}^{-3}$ ;  $E_y$ : bitki su tüketimi karşısında elde edilen verim,  $\text{kg da}^{-1}$ ; ET: Bitki su tüketimidir,  $\text{m}^3$

$$IWUE = \frac{E_y}{I} \times 100 \quad (4)$$

Eşitlikte;

IWUE: Sulama suyu kullanım etkinliğini,  $\text{kg m}^{-3}$ ; I: verilen sulama suyu miktarıdır, mm.

Bitki su tüketimine karşı elde edilen yer fıstığı verimine bağlı olarak bitki-verim tepki etmeni ( $K_y$ ) Stewart modeline göre belirlenmiştir (Kadayıfçı & Yıldırım, 2000).  $K_y$  eşitlik 5'e göre belirlenmiştir.

$$\left(1 - \frac{Y}{Y_m}\right) = k_y \left(1 - \frac{ET}{ET_m}\right) \quad (5)$$

Eşitlikte;

$K_y$ : Verim tepki etmeni, Y: elde edilen verim,  $\text{kg da}^{-1}$ ;  $Y_m$ : sulama konuları arasında elde edilen en fazla verim,  $\text{kg da}^{-1}$ ; ET: su tüketimi, mm;  $ET_m$ : Maksimum su tüketimi, mm'dir.

### **Klorofil içeriği**

Konulu sulamalara başlanılınca her sulamadan önce her parselden 5 bitkinin klorofil ölçümleri yapılmış ortalamaları alınmıştır. Klorofil içerikleri SPAD-502 (Minolta Co, Tokyo, Japonya) ile ölçülmüştür.

### **İstatistik analiz**

Elde edilen veriler arasındaki farklılığın düzeyini belirlemek için varyans analizi yapılmıştır. Varyans analizi sonucunda görülen farklılıkların sınıflandırılmasında Duncan testi kullanılmıştır. İstatistiksel analiz için SAS programı kullanılmıştır

## **ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA**

### **Sulama ile ilgili gözlemler**

Yer fıstığı çeşitlerine; ekimden vejetatif aksamlar gelişinceye kadar (17 Ağustos 2020) tüm konulara (%100, %75, %50 ve %25) aynı miktarda su verilmiştir. Daha sonra konulu sulamalara başlanmıştır. Her sulamada uygulanan toplam sulama suyu belirlendikten sonra dönemlik bitki su tüketim değerleri belirlenmiştir. Bitkilere verilen sulama suyu miktarı ve bitki su tüketim değeri %100 sulanan konudan %25 sulanan konuya doğru azalmıştır. %100 konusuna yapılan %25 su kısıtı sonucunda sulama suyu azalırken bitki su tüketimindeki artışın %75 konusundaki toprak nem farkından kaynaklandığını düşündürmüştür. %100 konusuna uygulanan %50 su kısıtı sonucunda bitki su tüketimi %27.71 oranında düşerken %75 su kısıtı sonucunda ise %58.29 oranında düşük sonuçlar elde edilmiştir. Khodadadi Dehkordi (2020), İran koşullarında yer fıstığına uyguladıkları sulama suyu değerlerini 771 mm ile 1279 mm arasında bulurken, bitki su tüketimi değerlerini 622 mm ile 1201 mm arasında hesaplamıştır. Araştırmacıların sonucu çalışmanın sonucuyla benzerdir. Amiri et al. (2015), İran koşullarında birinci ürün

olarak yetiştirdikleri yer fıstığına 60 ile 480 mm su uygulamış ve sırasıyla 252 ile 405 mm bitki su tüketimi değerleri elde etmişlerdir. Araştırmacının elde ettiği sulama suyu miktarı ve bitki su tüketimi değerlerinin çalışmadaki değerlerden düşük olmasının sebebi birinci ürün olarak yetiştiriciliğinin yapılmış olması ve iklimsel farklılıklardan kaynaklanabileceğini düşündürmüştür. Çizelge 4'te bitkilere verilen sulama suyu ve bitki su tüketim değerleri verilmiştir.

**Çizelge 4.** Yer fıstığı çeşitlerine verilen sulama suyu ve bitki su tüketim değerleri

**Table 4.** Irrigation and crop water consumption values given to peanut varieties

Sulama seviyeleri	Sulama suyu (mm)	Bitki su tüketimi (mm)
%100	1230.98	1079.00
%75	1113.72	1100.00
%50	879.84	780.00
%25	513.70	450.00

Birim miktarda tüketilen suya karşılık gelen su kullanım etkinliği ve uygulanan sulama suyu karşısında elde edilen verim miktarıyla belirlenen su kullanım etkinliği NC-7 ve Florispan çeşitleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Çeşitler arasında hem su kullanım etkinliği hemde sulama suyu kullanım etkinliğinde fark çıkmamıştır. Sulamalar arasında yüzde bir önem düzeyinde önemli farklar bulunmuştur. Sulama seviyeleri, su kullanım etkinliği konusunda iki grup oluşturmuştur. En yüksek sulama suyu kullanım etkinliği %50 ve %75 kısıntının yapıldığı konulardan elde edilmiştir. Sulama suyu kullanma etkinliğinde üç grup oluşmuştur. En yüksek değerler, su kullanım etkinliğinde olduğu gibi %50 ve %75 kısıntının yapıldığı konulardan elde edilirken en düşük %100 sulamanın olduğu konuda gözlenmiştir. Khodadadi Dehkordi (2020) su kullanım etkinliğini  $0.06 \text{ kg m}^{-3}$  ile  $0.35 \text{ kg m}^{-3}$  olarak, sulama suyu kullanım etkinliğini ise  $0.081 \text{ kg m}^{-3}$  ile  $0.45 \text{ kg m}^{-3}$  aralığında bulmuştur. Hem su kullanım etkinliği hemde sulama suyu kullanım etkinliği su kısıtı arttıkça artmıştır. Bu durum yer fıstığında birim miktarda tüketilen suya karşı daha fazla verim alınabildiğini göstermiştir. Benzer şekilde Payero et al. (2008) sulama suyu miktarının artmasıyla sulama suyu kullanım etkinliği değerinin azaldığını bildirmişlerdir. Florispan çeşidinin %75 sulanan konusunda sulama suyu kullanım etkinliği değeri su kullanım etkinliği değerine eşit çıkmıştır. Bu durumun nedeni %75 sulanan konuya ait bitki su tüketimi değerinin sulama suyu değerine çok yakın olmasından kaynaklanmaktadır. Çizelge 5'te yer fıstığı çeşitlerine ait su kullanım ve sulama suyu kullanım etkinliği değerleri verilmiştir.

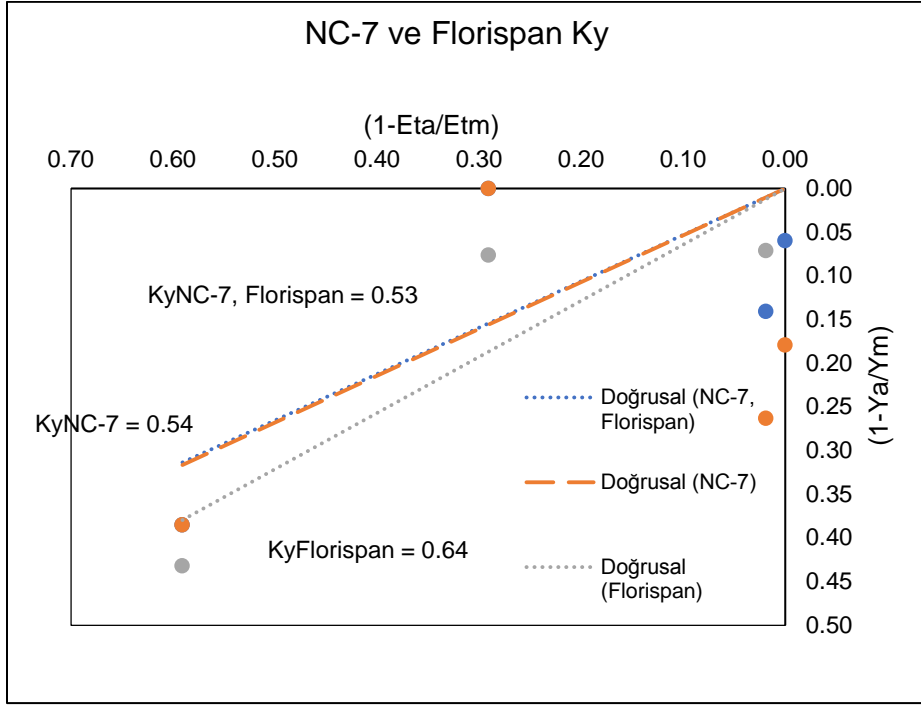
Bitki-verim tepki etmenini belirlemede bitki su tüketimindeki eksilme ile buna karşılık gelen verimdeki azalış değerlendirilmiştir. Bitki verim tepki etmeni 1'den küçükse verimdeki kaybın bitki su tüketimindeki eksiklikten daha az önemli, 1'den büyükse verimdeki kaybın bitki su tüketimi eksikliğinden daha fazla önemli, 1'e eşit olması ise verim kaybının bitki su tüketimi eksikliğine eşit olduğunu göstermektedir (Doorenbos & Kassam, 1979). Bitki verim tepki etmeni her bitki için ayrı ayrı hesaplanmış, NC-7 çeşidi için 0.54, Florispan için 0.64 ve her iki bitki çeşidinin birlikte değerlendirildiği sonuç ise 0.54 olarak bulunmuştur. Khodadadi Dehkordi (2020) Ky değerini yer fıstığında 1.05 ile 1.8 arasında bulmuştur. Sezen vd. (2019) ise Adana koşullarında yer fıstığı Ky değerini sulama onularına göre 0.58 ile 0.91 arasında değiştiğini gözlemlemiştir. Çalışılan yerlerin iklim, toprak ve çeşit özelliği açısından birbirinden farklı olması Ky sonuçlarının da birbirinden farklı değerlerde çıkmasına sebep olmuştur.

**Çizelge 5.** NC-7 ve Florispan çeşitlerine ait su kullanım ve sulama suyu kullanım değerleri

**Table 5.** Water use efficiency and irrigation water use efficiency of NC-7 and Florispan varieties

Sulama seviyeleri	NC-7		Florispan	
	Su kullanım etkinliği	Sulama suyu kullanım etkinliği	Su kullanım etkinliği	Sulama suyu kullanım etkinliği
%100	0.44 <sup>b</sup>	0.39 <sup>c</sup>	0.51 <sup>b</sup>	0.44 <sup>c</sup>
%75	0.48 <sup>b</sup>	0.48 <sup>b</sup>	0.53 <sup>b</sup>	0.53 <sup>b</sup>
%50	0.83 <sup>a</sup>	0.74 <sup>a</sup>	0.70 <sup>a</sup>	0.62 <sup>a</sup>
%25	0.89 <sup>a</sup>	0.78 <sup>a</sup>	0.74 <sup>a</sup>	0.65 <sup>a</sup>

Igbadun et al. (2008), ky değerinin yüksek bir değere sahip olmasını bitkiye uygulanan su stresinin fazla olması ve bunun karşılığında verimdeki azalmanın bitki su tüketimindeki azalmadan yüzde olarak daha fazla olmasından kaynaklandığını görmüşlerdir. Bu bilgiden yola çıkarak Florispan çeşidinin NC-7 çeşidine göre su stresinden daha fazla olumsuz etkilendiği söylenebilir. Şekil 1'de yer fıstığı çeşitlerine ait Ky değeri verilmiştir.

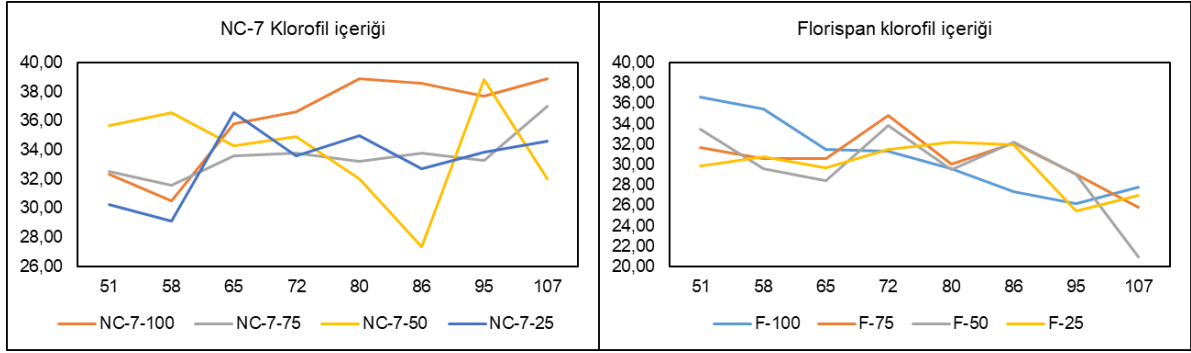


Şekil 1. NC-7 ve Florispan çeşitlerine ait Ky değerleri.

Figure 1. Ky values of NC-7 and Florispan varieties.

### Klorofil içeriği

Konulu sulamalara geçildikten sonra her sulamadan önce klorofil içeriği ölçümleri alınmıştır. Klorofil içeriği değeri NC-7 çeşidinde 27 ile 39 arasında çıkarken florispan çeşidinde bu değer 20 ile 37 arasında değişiklik göstermiştir. NC-7 çeşidinin klorofil içeriğinin yetiştirme dönemi boyunca Florispan'dan daha yüksek çıktığı söylenebilir. Her iki çeşitte de sulamanın klorofil içeriğini artırıcı ya da azaltıcı etkisi vardır yorumu yapılamasa da NC-7 çeşidinin %100 sulama yapılan konusunda en yüksek klorofil içeriği değeri gözlenmiştir. Dönem boyunca klorofil içeriğinde %25 sulanan konuya doğru azalma eğilimi vardır. Hem NC-7 hem de Florispan çeşidinde hasada yaklaştıkça klorofil içeriğinde düşüş görülmüştür. Genel olarak kısa süreli ölçümlerde (4-7 günde bir) sulamanın klorofil içeriğini belirlemede çok etkili olmadığını düşündürmüştür. Songsri et al. (2009) yer fıstığı klorofil içeriğini 13.09 ile 54.54 olarak Nageswara (2001) 21.6 ile 36.7 aralığında bulmuştur. Sonuçlar daha önceki araştırmacıların sonuçları ile benzemektedir. Şekil 2'de NC-7 ve Florispan çeşitlerinin bitki yetiştirme dönemi boyunca klorofil içeriği eğilimleri gösterilmiştir.



Şekil 2. NC-7 ve Florispan çeşitlerine ait klorofil içeri eğilimleri.

Figure 2. Chlorophyll intrusions of NC-7 and Florispan cultivars.

## SONUÇ

Edinilen verilere göre %100 sulanan konudan %25 sulanan konulara doğru, uygulanan sulama suyu miktarının azalmasına karşın, en yüksek bitki su tüketimi değeri %75 sulanan konudan elde edilmiştir. Su ve sulama suyu kullanım etkinliğinin her iki çeşitte de en yüksek %25 ve %50 sulanan konulardan çıkması yer fıstığından kısıntılı sulama karşısında olumlu sonuçlar alındığını göstermiştir. Yer fıstığı bitkisinin Doğu Akdeniz gibi Kurak ve Yarı Kurak iklim bölgelerinde yetiştiriciliği yapılacaksa %75 su kısıtına gidilebileceği sonucuna varılmıştır. Ky değeri Florispan çeşidinde NC-7 çeşidine göre daha yüksek çıkmıştır. Bu durum Florispan çeşidinin su stresine karşı daha hassas olduğunu düşündürmüştür. Bu yüzden bölgede NC-7 gibi çerezlik çeşitlerin yetirilmesi önerilmiştir. Klorofil içeriği her iki bitkide de her ne kadar birbirine yakın sonuçlar verse de Florispandan daha düşük değerler elde edilmiştir. Klorofil içeriğinin belirsiz sonuçlar vermesi sulama zamanının belirlenmesinde SPAD metre ile ölçülen klorofil içeriğinin net sonuçlara imkan vermeyeceğini göstermiştir. Ayrıca klorofil içeriğinin sulama aralığı gibi kısa sürelerde değil de dönemsel olarak ölçüldüğünde daha net sonuçlar alınabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

## KAYNAKLAR

- Amiri, E., A. Abdzad Gohari & A. Mianabadi, 2015. Evaluation of water schemes for peanut, using CSM-CROPGRO-Peanut model. Archives of Agronomy and Soil Science, 61 (10): 1439-1453.
- Anonymous, 2022. Meteoroloji Genel müdürlüğü. (Web sayfası: <https://mgm.gov.tr/tahmin/cbs-en-dusuk-en-yuksek.aspx>) (Erişim tarihi: Haziran 2022).
- Arya, S.S., A.R. Salve & S. Chauhan, 2016. Peanuts as functional food: a review. Journal of food science and technology, 53 (1): 31-41.
- Aşık, F.F., R. Yıldız & H.H. Arıoğlu, 2018. Osmaniye Koşullarına Uygun Yeni Yerfıstığı Çeşitleri İle Bunların Önemli Tarımsal ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 21 (6): 825-836.
- Boukid, F., 2022. Peanut protein-an underutilised by-product with great potential: a review. International Journal of Food Science & Technology, 57 (9): 5585-5591.
- Bouyoucos, G.J., 1951. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. Agronomy Journal, 9 (1951): 434-438.
- Carleton, T.A., 2017. Crop-damaging temperatures increase suicide rates in India. Proceedings of the National Academy of Sciences, 114 (33): 8746-8751.
- Doorenbos, J. & A.H. Kassam, 1979. Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33, Rome FAO, 203 pp.
- Doorenbos, J. & A.H. Kassam, 1986. Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33, Rome FAO, 193 pp.

- Güngör, Y., Z. Erözel & O. Yıldırım, 2012. Sulama Kitabı. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Yayın No:1592. 28 s.
- Gürgülü, H. & M.A. Ul, 2017. İzmir'de yetiştirilen bazı bitkiler için bitki su tüketimi değerleri ve sulama programları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 54 (3): 311-317.
- Hoogenboom, G., 2000. Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its applications. Agricultural and Forest Meteorology, 103 (1-2): 137-157.
- Howell, T.A., M.J. McFarland, D.L. Reddell, K.W. Brown, R.J. Newton & P. Dahmen, 1980. Response of peanuts to irrigation management at different crop growth stages. Texas Water Resources Institute, 103 pp.
- Howell, T.A., J.T. Musick & J.A. Tolck, 1986. Canopy temperature of irrigated winter wheat. Transactions of the ASAE, 29 (6): 1692-1698.
- Igbadun, H.E., B.A. Salim, A.K.P.R. Tarimo & H.F. Mahoo, 2008. Effects of Deficit Irrigation Scheduling on Yields and Soil Water Balance of Irrigated Maize. Irrigation Science, 27 (1): 11-23.
- Kadayıfçı, A. & O. Yıldırım, 2000. Ayçiçeğinin su-verim ilişkileri. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 24 (2): 137-145.
- Kadiroğlu, A., 2022. Yer Fıstığı Yetiştiriciliği. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, 53 s.
- Kadiroğlu, A., H. Baydar & M. Kocatürk, 2011. Yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.)'nda jips uygulamasının verim ve kalite özellikleri üzerine etkisi. Derim, 28 (2): 42-54.
- Kanber, R., Kırdı, C, Tekinel, O, 1992. Sulama Suyu niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yay. No. 21, Ders kitapları. Yayın No. 6, Adana, 341 s.
- Kang, S., Z. Liang, W. Hu & J. Zhang, 1998. Water use efficiency of controlled alternate irrigation on root-divided maize plants. Agricultural Water Management, 38 (1): 69-76.
- Ketring, D.L., 1984. Temperature effects on vegetative and reproductive development of peanut 1, 2. Crop Science, 24 (5): 877-882.
- Khodadadi Dehkordi, D., 2020. The effect of different irrigation treatments on yield and water productivity of *Arachis hypogaea* L. under semi-arid conditions in Iran. Irrigation and Drainage, 69 (4): 646-657.
- Killi, F & T. Beycioglu, 2022. Genetic and environmental variability, heritability and genetic advance in pod yield, yield components, oil and protein content of peanut varieties. Turkish Journal of Field Crops, 27 (1): 71-77.
- Meisner, C.A. & K.J. Karnok, 1992. Peanut root response to drought stress. Agronomy Journal, 84 (2): 159-165.
- Minolta, 1989. Chlorophyll meter SPAD-502. Instruction manual. Minolta Co., Ltd., Radiometric Instruments Operations, Osaka, Japan, 24 pp.
- Nageswara Rao, R.C., H.S. Talwar & G.C. Wright, 2001. Rapid assessment of specific leaf area and leaf nitrogen in peanut (*Arachis hypogaea* L.) using a chlorophyll meter. Journal of Agronomy and Crop Science, 186 (3): 175-182.
- Nelson, D.W. & L.E. Sommer, 1982. "Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter. In: Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, 2nd Edition. ASA-SSSA, Madison, pp. 595-579.
- Payero, J.O., D.D. Tarkalson, S. Irmak, D. Davison & J.L. Petersen, 2008. Effect of Irrigation Amounts Applied with Subsurface Drip Irrigation on Corn Evapotranspiration, Yield, Water Use Efficiency and Dry Matter Production in a Semiarid Climate. Agricultural Water Management, 95 (8): 895-908.
- Perry, C., 2011. Accounting for water use: Terminology and implications for saving water and increasing production. Agricultural Water Management, 98 (12): 1840-1846.
- Pradhan, D., A. Shekoofa & T.R. Sinclair, 2019. Temperature effect on peanut (*Arachis hypogaea* L.) transpiration response to vapor pressure deficit and its recovery. Journal of Crop Improvement, 33 (2): 177-186.
- Prasad, P.V., P.Q. Craufurd & R.J. Summerfield, 1999. Sensitivity of peanut to timing of heat stress during reproductive development. Crop Science, 39 (5): 1352-1357.
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and Improvements of Saline and Alkali Soils. U.S. Dept. Agri. Handbook, No:60, 160 pp.
- Rustom, I.Y.S., M.H. López-Leiva & B.M. Nair, 1996. Nutritional, sensory and physicochemical properties of peanut beverage sterilized under two different UHT conditions. Food Chemistry, 56 (1): 45-53.



- Sağlam, M.T, 2008. Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri. Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:2, 154 s.
- Sepaskhah, A.R. & S.H. Ahmadi, 2010. A review on partial root-zone drying irrigation, *International Journal of Plant Production* 4 (4): 241-258.
- Settaluri, V.S., C.V.K. Kandala, N. Puppala & J. Sundaram, 2012. Peanuts and their nutritional aspects-a review. *Food and Nutrition Sciences*, 3 (12): 1644-1650.
- Sezen, S.M., S. Yucel, S. Tekin & M. Yıldız, 2019. Determination of optimum irrigation and effect of deficit irrigation strategies on yield and disease rate of peanut irrigated with drip system in Eastern Mediterranean. *Agricultural Water Management*, 221 (2019): 211-219.
- Shi, P., X. Li & J. Shen, 2020. Nonlinear modelling of selected micro-and macro-properties of weathered asphalt mixtures. *Construction and Building Materials*, 253 (2020): 119097.
- Songsri, P., S. Jogloy, C.C. Holbrook, T. Kesmala, N. Vorasoot, C. Akkasaeng & A. Patanothai, 2009. Association of root, specific leaf area and SPAD chlorophyll meter reading to water use efficiency of peanut under different available soil water. *Agricultural Water Management*, 96 (5): 790-798.
- Topak, R., B. Acar, R. Uyanöz & E. Ceyhan, 2016. Performance of partial root-zone drip irrigation for sugar beet production in a semi-arid area. *Agricultural Water Management*, 176 (2016): 180-190.
- Zhang, Y., E. Kendy, Y. Qiang, L. Changming, S. Yanjun & S. Hongyong, 2004. Effect of soil water deficit on evapotranspiration, crop yield, and water use efficiency in the north china plain. *Agricultural Water Management*, 64 (2004): 107-122.
- Zhao, Q., P. Li, M. Wang, W. Zhang, W. Zhao & R. Yang, 2020. Fate of phospholipids during aqueous extraction processing of peanut and effect of demulsification treatments on oil-phosphorus-content. *Food Chemistry*, 331 (2020): 127367.
- Zhao, X., J. Chen & F. Du, 2012. Potential use of peanut by-products in food processing: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49 (5): 521-529.

## Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.,2023, 60(1):165-179  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1176739>

Ali Rahmi KAYA<sup>1\*</sup> 

Halil KARAYAĞLI<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam  
Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla  
Bitkileri Bölümü, 46050, Onikişubat,  
Kahramanmaraş, Türkiye

\* Sorumlu yazar (Corresponding author):  
[alirahmikaya@ksu.edu.tr](mailto:alirahmikaya@ksu.edu.tr)

# Pamuk (*Gossypium* sp.) genotiplerinde lif veriminin ve kalite özelliklerinin belirlenmesi\*

## Determination of fiber yield and fiber quality characteristics in cotton (*Gossypium* sp.)

\* Bu çalışma, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi'ne ait BAP Koordinasyon Birimi tarafından "2018/7-17 YLS" nolu proje ile desteklenmiştir.

Received (Alınış): 17.09.2022

Accepted (Kabul Tarihi): 17.02.2023

### ÖZ

**Amaç:** Bu çalışma, Kahramanmaraş'ta yetiştirilen pamuk genotiplerinde, pamuk bitkisinin meyve ve odun dallarından alınan pamuk liflerine ait lif verim ve lif kalite özelliklerini belirlemek amacı ile yürütülmüştür.

**Materyal ve Yöntem:** Çalışmada, materyal olarak 7 pamuk genotipi kullanılmıştır. Pamuk liflerinin lif verimlerine ait veriler tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekrarlolu olarak 2017 yılında kurulan deneme alanından, lif kalite özelliklerine ait veriler ise İSKUR Tekstil Laboratuvarından elde edilmiştir.

**Araştırma Bulguları ve Sonuç:** Araştırma sonuçlarına göre lif verimi 116.50 kg da<sup>-1</sup> ile 225.56 kg da<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. En yüksek lif verimine 225.56 kg da<sup>-1</sup> ile DP 396 çeşidi sahip olmuştur. Meyve dalı lif verimi 111.42 kg da<sup>-1</sup> ile 197.91 kg da<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. En yüksek meyve dalı lif verimine DP 396, DP 332, ST 468, ve BA 119 (sırasıyla 197.91 kg da<sup>-1</sup>, 193.45 kg da<sup>-1</sup>, 181.29 kg da<sup>-1</sup> ve 178.04 kg da<sup>-1</sup>) çeşitleri sahip olmuştur. Odun dalı lif verimi 1.03 kg da<sup>-1</sup> ile 29.63 kg da<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. En yüksek odun dalı lif verimine 29.63 kg da<sup>-1</sup> ile DP 396 sahip olmuştur. Bütün genotiplerde fenotipik ve genotipik özellikler birbirinden farklı olduğu için yetiştirildiği olduğu iklim ve çevre koşullarına tepkiler farklı olmuştur.

**Öneri:** Lif verimi, teknolojik ve diğer kalite özellikleri ile ilgili ilah çalışmalarındaki makineli hasada uygunluk da göz önüne alınarak odun dalını azaltmaya, meyve dalını artırmaya yönelik araştırmaların yapılabileceği teyit edilmiştir.

### ABSTRACT

**Objective:** This study was conducted to determine the fiber yield and fiber quality characteristics of cotton fibers taken from sympodial and monopodial branches of cotton plant in cotton genotypes grown in Kahramanmaraş.

**Material and Methods:** In the study, 7 cotton genotypes were used as material. The data on the fiber yields of cotton fibers were obtained from the experimental area established according to the randomized complete block design with four replications in 2017, and the data on the fiber quality characteristics were obtained from the İSKUR Textile Laboratory.

**Results and Discussion:** According to the results of the study, the lint yield ranged between 116.50 kg da<sup>-1</sup> and 225.56 kg da<sup>-1</sup>, the highest yields were obtained from DP 396 225.56 kg da<sup>-1</sup>. Lint yield of sypodial branches ranged from 111.42 kg da<sup>-1</sup> to 197.91 kg da<sup>-1</sup>. The highest yields were obtained by DP 396 (197.91 kg da<sup>-1</sup>), DP 332 (193.45 kg da<sup>-1</sup>), ST 468 (181.29 kg da<sup>-1</sup>) and BA 119 (178.04 kg da<sup>-1</sup>). Lint yield of monopodial branches ranged from 1.03 kg da<sup>-1</sup> to 18.32 kg da<sup>-1</sup>. While DP 396 (29.63 kg da<sup>-1</sup>) had the highest yield. Since phenotypic and genotypic characteristics of all genotypes were different from each other, the responses of all genotypes to the climatic and environmental conditions in which they have been grown is different.

**Conclusion:** It has been confirmed that breeding studies regarding to yield improvements can be made to decrease the monopodial branches and to increase the sympodial branches by considering the suitability of the machine harvesting.

**Anahtar sözcükler:** *Gossypium* sp., lif kalite özellikleri, lif verimi, meyve dalı, odun dalı, pamuk

**Keywords:** Cotton, fiber technological properties, *Gossypium* sp., lint yield, monopodial branch, sympodial branch

## GİRİŞ

Ülkemiz iklim özelliğinden kaynaklı, orta uzunlukta elyafa sahip *Gossypium hirsutum* L. türüne ait pamukların yetişmesine daha uygundur. Bu nedenle ülkemize yetiştiriciliği yapılan pamuk çeşitlerinin tamamı bu türe aittir. *Gossypium barbadense* L. pamuk türü ise, *Gossypium hirsutum* L. türü pamuk çeşitlerine göre lif teknolojik özellikleri yönünden (özellikle lif uzunluğu açısından) daha üstün değerlere sahiptir. Ancak *Gossypium barbadense* L. çeşidinin ülkemizde ekiminin mümkün olmama nedeni, daha uzun bir yetiştirme dönemine ve yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duymasındır. Yetiştiriciliği en çok yapılan *Gossypium hirsutum* türünde 20.6-34.3 mm arasında olan lif uzunluğu, *G. barbadense* türünde ise 30.48 mm üstü olan lifli pamuklardır (Anonymous, 2022a). Ülkemize *G. barbadense* türüne ait pamuk çeşitlerinin yetiştirme süreleri uzun olduğundan böyle uzun lifli pamukların yetiştirilememesi nedeni ile son yıllarda türler arası melezleme projeleri hayata geçirilmiştir (Kaya & Eryiğit, 2018).

Pamuk lifinin üretimine ve market değerine etki eden temel özellikleri; lif verimi, uzunluk, mukavemet, incelik, renk durumu ve yabancı madde miktarı olarak sıralanabilir. Her geçen gün dünya elyaf tüketimi artmaktadır. 2018 yılı dünya elyaf tüketimi yaklaşık 100 milyon iken, 2030 yılında 140 milyon tona ulaşacağı öngörülmektedir. 2018 yılında yaklaşık 100 milyon tonluk elyaf tüketimindeki petrol bazlı sentetik elyaflar %62.0 ile en yüksek paya sahiptir. Pamuğu da içeren selülozik ve protein bazlı elyaflar %26, odun bazlı selülozik elyaflar %6, diğer doğal elyaflar %5 ve yün %1 civarında kullanım oranına sahiptir (Anonymous, 2022b). 2021 yılındaki toplam elyaf üretimi ise 116 milyon tona yükselmiştir. Pamuk, Türkiye ekonomisinde oldukça önemli bir yere sahiptir. 2019 sezonunda dünyada pamuk ekimi yapılan alan 36.7 milyon hektar, lif üretimi 25.5 milyon ton ve lif verimi ise 695 kg ha<sup>-1</sup>'dir (FAOSTAT, 2022). 2021 sezonunda Türkiye kütlü pamuk ekim alanı 432 279 hektar, üretim 2 250 000 ton, verim 5200 kg ha<sup>-1</sup>'dir. Lif üretimi 814 000 ton, verim 1930 kg ha<sup>-1</sup>'dir. Kahramanmaraş'ta 2021 sezonunda kütlü pamuk ekim alanı 38 080 dekar, üretim 20 360 ton, verim 535 kg da<sup>-1</sup>'dir. Üretim 20 360 ton, verim 198 kg da<sup>-1</sup>'dir (TÜİK, 2022a). Türkiye 2020 yılı lif pamuk ithalatı 1 064 626 ton, ithalat değeri ise 1.65 milyar dolar iken 2021 yılı ilk dokuz aylık lif pamuk ithalatı 896 516 ton, ithalat değeri ise 1.70 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2022b; Anonymous, 2022c). Bu durum göz önüne alındığında yerli pamuk ekim alanlarının artırılması ülke ekonomisi için çok önemlidir.

Yeni çeşit geliştirilmesine yönelik ıslah çalışmalarında; melezlemelerde ebeveyn olarak *G. barbadense* türlerinin materyal olarak kullanılmasının bir sebebi de lif teknolojik özelliklerini artırmanın (Lacape at al., 2007) yanında *Verticillium* hastalığına dayanıklılığı artırmaktır (Erdoğan, 2009). Yine odun dalları direk olarak verim alınabilecek kısımlar değildir. Odun dallarının asıl görevleri bitkinin fizyolojik gelişimine fotosentez sonucu üretilen nişasta ürün ile katkı sunmaktır. Farklı pamuk türlerine ait genotiplerin de odun dalı sayılarının farklılık arz etmesi göz önüne alındığında pamukta odun dalına ait verim, verim unsurları ve lif teknolojik özelliklerinin ortaya konması önem arz etmektedir. İşte yürütülen bu çalışmada da tescil aşamasındaki Hat KMA gibi *G. hirsutum* L. x *G. barbadense* L. türlerinin melezlenmesi ile elde edilmiş bir genotip olan ileri hat melezi de tercih edilmiştir. Böylelikle çeşit adayı bir genotipin potansiyeli, aynı zamanda meyve ve odun dalı değerleri de ortaya konmuş olacaktır.

Bu çalışma 7 farklı pamuk genotipinde meyve ve odun dallarından alınan pamuk liflerine ait lif verimini ve teknolojik ve diğer kalite özelliklerini belirlemek amacı ile yürütülmüştür. Çalışmada artan yağ açığına paralel olarak pamukta lif teknolojik özelliklere ilaveten artık yağ oranı değerlerinin de çalışmalarda ortaya konması ve üzerinde durulması gerektiğinden yağ oranı ve protein oranı gibi özelliklere de yer verilmiştir. Pamuk ile ilgili çalışmalara baktığımızda, meyve dallarının lif teknolojik özelliklerinin ortaya konması adına çalışmalar yapılmakla birlikte, çalışmamızda odun dalları ile ilgili unsurun da ilavesiyle; hem meyve ve hem de odun dallarına ait verim özellikleri ve lif teknolojik özellikleri incelenmiştir.

## MATERYAL VE METOD

### Materyal

Kullanılan ST 468, BA 119, DP 396, Candia, Claudia, DP 332 ve Hat KMA (*Gossypium hirsutum* L. x *Gossypium barbadense* L. ileri hat melezi) Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tar. Arş. Enst. Müd.'nden temin edilmiştir.

Denemede kullanılan pamuk çeşitlerinin özellikleri şu şekildedir:

**ST 468;** May-Agro Toh. San. ve Tic. A.Ş. tarafından tescil ettirilmiş, teknolojik özellikleri bakımından; lif inceliği 4.2-4.4 mic, mukavemet 34-36 g tex<sup>-1</sup>, uzunluk 30-31 mm, çirçir randımanı % 44-45, olgunlaşma grubu orta erkenci, yaprak tüylü, koza büyüklüğü orta, beş çenetli koza oranı % 70-75, bin tohum ağırlığı 106 g, hastalığa toleranslı, makineli hasada uygun, kuraklık stresine toleranslı, adaptasyon kabiliyeti mükemmel, dökmeye karşı toleranslı (Anonymous, 2019d).

**BA 119;** Progen Tohum A.Ş. tarafından tescil ettirilmiş, teknolojik özellikleri bakımından; lif inceliği 4.4-4.6 mic, mukavemet 31-33 g tex<sup>-1</sup>, uzunluk 28-30 mm, parlaklık 70-72, sarılık 7,8-8,2, SCI 140-150, çirçir randımanı % 41-43, olgunlaşma grubu erkenci, yaprak tüylü, bitki boyu orta, bitki yapısı yayvan, koza büyüklüğü orta, koza yapısı oval, hastalığa toleranslı, makineli hasada uygun, kuraklık stresine toleranslı, adaptasyon kabiliyeti mükemmel, dökmeye karşı toleranslı, ikinci ürüne çok uygun, önerilen üretim bölgesi Güney Doğu Anadolu (Anonymous, 2019e).

**DP 396;** Monsanto Gıda ve Tarım Tic. Ltd. Şti. tarafından tescil ettirilmiş, teknolojik özellikleri bakımından; mukavemet 34-38 g tex<sup>-1</sup>, uzunluk 30-31 mm, çirçir randımanı % 42-44, olgunlaşma grubu erkenci, bitki boyu orta, bitki yapısı yarı çalı-yayvan, yaprak orta tüylü, koza büyüklüğü küçük, koza yapısı konik-sivri uçlu, tohum sayısı 10900 adet kg<sup>-1</sup>, hastalığa toleranslı, kuraklık stresine toleranslı, makineli hasada uygun, adaptasyon kabiliyeti GAP bölgesi için mükemmel, dökmeye karşı toleranslı, ikinci ürüne çok uygun, önerilen üretim bölgesi: Urfa Diyarbakır Ege (Anonymous, 2019f).

**Candia;** BASF Türk Kimya San. ve Tic.Ltd. Şti. tarafından tescil ettirilmiş, teknolojik özellikleri bakımından; lif inceliği 4,0-4,3 mic, mukavemet 33-35 g tex<sup>-1</sup>, uzunluk 30-31 mm, üniformite % 85-88, SCI 150 ve üzeri, çirçir randımanı % 43-45, olgunlaşma grubu orta-geç, tohum sayısı 11500 adet kg<sup>-1</sup>, makineli hasada uygun, dökmeye karşı toleranslı, kuraklık stresine toleranslı (Anonymous, 2019g).

**Claudia;** BASF Türk Kimya San. ve Tic.Ltd. Şti. tarafından tescil ettirilmiş, teknolojik özellikleri bakımından; lif inceliği 3,9-4,3 mic, mukavemet 32-34 g tex<sup>-1</sup>, uzunluk 30-32 mm, üniformite % 85-88, SCI 150 ve üzeri, çirçir randımanı: % 44-46, olgunlaşma grubu orta-geç, koza büyüklüğü orta, tohum sayısı 12000 adet kg<sup>-1</sup>, makineli hasada uygun, kuraklık stresine toleranslı, dökmeye karşı toleranslı (Anonymous, 2019h).

**DP 332;** Monsanto Gıda ve Tarım Tic. Ltd. Şti. tarafından tescil ettirilmiş, teknolojik özellikleri bakımından; lif mukavemeti 35-39 g tex<sup>-1</sup>, uzunluk 30-32 mm, çirçir randımanı: % 44-46, olgunlaşma grubu orta erkenci, bitki boyu orta, bitki yapısı yarı çalı-yayvan, yaprak tüysüz, koza büyük, koza yapısı yuvarlak, tohum sayısı 11000 adet kg<sup>-1</sup>, adaptasyon kabiliyeti iyi, hastalığa toleranslı, makineli hasada uygun, kuraklık stresine toleranslı, dökmeye karşı toleranslı, önerilen üretim bölgesi Adana Urfa Diyarbakır Hatay Ege Antalya (Anonymous, 2019ı).

**Hat KMA genotipi;** Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tar. Arş. Enst. Müd. tarafından ıslah çalışmaları yürütülen ve tescil aşamasında olan *Gossypium hirsutum* L. x *Gossypium barbadense* L. melezlenmesi ile elde edilmiş bir genotiptir.

#### **Deneme yerinin özellikleri**

#### **Deneme yılı ve yeri**

Çalışmada, meyve dallarının lif teknolojik özelliklerinin ortaya konması adına çalışmalar yapılmakla birlikte, odun dalları ile ilgili unsurun da ilavesiyle; hem meyve ve hem de odun dallarından alınan pamuk liflerinin anılan özellikleri belirlenmiştir. Materyal olarak ST 468, BA 119, DP 396, Candia, Claudia, DP 332 ve türler arası melezleme ile elde edilen (*Gossypium hirsutum* L. x *Gossypium barbadense* L.) ileri hat melezi (Hat KMA) kullanılmıştır. Pamuk liflerinin lif verimlerine ait veriler Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tar. Arş. Enst. Müd.'nce tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak 2017 yılında

kurulan kurum deneme alanından, lif kalite özelliklerine ait veriler ise Uster HVI ve Uster AFIS cihazları yardımıyla İSKUR Tekstil Laboratuvarından elde edilmiştir.

### **Deneme yerinin toprak özellikleri**

Toprak Analizleri Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tar. Arş. Enst. Müd.'ne ait Toprak Analiz Lab.'nda yapılmıştır. Deneme alanı toprağı, pH 8.09 ile hafif alkali olup, organik maddece %1.23 ile az, % 19.45 ile fazla kireçli, 45.95 kg da<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O ile potasyum ve 18.00 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ile f osfor zenginliğı olan ve tınlı yapıdadır.

### **Deneme yerinin iklim özellikleri**

Kahramanmaraş , coğrafi olarak Doğu Akdeniz Bölgesinde 27° 11'-38° 36' kuzey paralelleri-36° 15'-37° 41' doğu meridyenleri arasında yer alır. Rakım olarak 800 metreye kadar olan bölgelerde Akdeniz iklimi, daha yüksek seviyelerde ise karasal iklim özelliklerinin etkisi altındadır. Denemenin yürütüldüğü 2017 yılına ait olan ortalama sıcaklık, toplam yağış değerleri Meteoroloji İşleri İl Müdürlüğü 2017 Yılı Raporları'na göre, 2017 yılı Mayıs ve Ekim ayları arasındaki sıcaklık değerleri ile uzun yıllar (1927-2017) ortalaması karşılaştırıldığında, Mayıs (19.60 °C) ayında uzun yıllar ortalamasının biraz altında (-0.70 °C) gerçekleşirken, ekimi müteakiben Haziran (26.20 °C), Temmuz (30.90 °C), Ağustos (29.80 °C), Eylül (27.70 °C) aylarında ve hasat işleminin yapıldığı Ekim (19.40 °C) aylarında sıcaklık uzun yıllar (1927-2017) ortalamasının üzerinde (sırasıyla 1.0, 2.5, 1.3, 2.5 ve 0.3 °C) gerçekleşmiştir. Yağış bakımından Mayıs-Ekim ayları arasındaki uzun yıllar ortalaması olarak 105.40 mm toplam yağış düşmesine karşılık 2017 yılı Mayıs-Ekim ayları arasında toplam 151.00 mm yağış almıştır. Yine uzun yıllar ortalamasından 45.60 mm daha fazla yağışın düştüğü 2017 yılı Mayıs-Ekim ayları arasında Haziran (3.10 mm), Temmuz (- mm), Ağustos (- mm), Eylül (- mm), Ekim (42.90 mm) aylarında yağış miktarı uzun yıllar ortalamasının üstünde (-18.80 mm) iken; Mayıs (105 mm) ayında ise yağış miktarı uzun yıllar ortalamasının üstünde (64.40 mm) olmuştur.

### **Metod**

#### **Deneme metodu**

Tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulan, parselleri 0.70 m x 12.00 m x 8 sıra= 67.20 m<sup>2</sup>, her blokta 7 parsel ve bloklar arası aralık ta 3.00 m; toplamda 2234.40 m<sup>2</sup>lik bir alana sahip deneme alanından incelenen özelliklere ait veriler alınmıştır. Kurulmuş olan denemede Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tar. Arş. Enst. Müd. araştırma alanında aynı müdürlükten temin edilen genotiplere (ST 468, BA 119, DP 396, Candia, Claudia, DP 332 ve Hat KMA (ileri hat melezi)) ait tohumluklar kullanılmıştır. Ekim öncesi toprak hazırlığı işlemleri sonbaharda başlamış, sonbaharda ilk olarak derin sürüm yapılmış ve toprak kışı bu şekilde geçirmiştir. Nisan ayında 2 defa diskaro çekildi. Yağışlardan dolayı tarla yüzeyinde yoğunlaşan yabancı ot mücadelesi için Ekimden 20 gün önce total herbisit uygulaması yapılmıştır. Ekimden hemen önce 1 defa diskaro, 2 defa tırmık ve 2 defa tapan çekilmiştir. Deneme alanına; ekimle birlikte 6 kg da<sup>-1</sup> saf azot (N) ve 6 kg da<sup>-1</sup> saf fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) gelecek şekilde kompoze gübre (20-20-0) uygulaması yapılmıştır. Bölge koşullarına göre Nisan ayı içerisinde gerçekleşen ekim işleri bu yıl yoğun yağışlardan dolayı gerçekleştirilememiştir. 30.05.2017 tarihinde ekim gerçekleştirilmiştir. Deneme alanında çıkışların sağlıklı bir şekilde gerçekleştiği gözlenmiştir. 18.06.2017 tarihinde sıra arasındaki yabancı otların yok edilmesi ve toprağı havalandırmak için frezeli çapa ve hemen sonrasında ise sıra üzerindeki yabancı ot mücadelesi için el çapası yapılmıştır. Deneme alanında ekimden sonra çıkışların sağlıklı bir şekilde olduğu gözlemlenmiştir. Bitkilerin daha rahat bir gelişme alanı bulması için 6-8 yapraklı döneme girdiğinde seyreltme işlemi, 12-14 yapraklı dönemde ise tekleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Deneme alanında toprağı havalandırmak, kapilariteyi kırmak ve yabancı ot mücadelesi yapmak amacıyla 2 defa elle ve 2 defa makine ile çapalama yapılmıştır. Ekim ile birlikte verilen taban gübresinin yanı sıra üst gübre olarak, birinci sulama öncesi dekara 6 kg saf azot içerecek Amonyum Sülfat ile üçüncü sulama öncesi dekara 6 kg saf azot olacak şekilde üre gübresi uygulanmıştır. Bitkide yapılan fenolojik gözlemlere göre 7 kez sulama gerçekleştirilmiştir. Sulamalar karık yöntemine göre

geliştirilmiş kontrollü musluklara sahip borular kullanılarak yapılmıştır. Bu sayede tüm karıklara aynı anda ve eşit miktarda su verilmiştir. Ayrıca ilk taraklanma başlangıcında yeşil kurt mücadelesi için 200 g/L Chlorantraniliprole etkili maddesi olan Coregan-20 SC adlı insektisit kullanılmıştır. Hasat işleri 20 Eylül 2017 tarihinde yapılmıştır.

Deneme ile ilgili bazı görüntüler aşağıda verilmiştir (Şekil 1&2).



Şekil 1. Deneme alanından pamuk hasadı ve gözlemler.

Figure 1. Cotton harvest and observations from the trial area.



Şekil 2. Yağ analiz cihazında (sokshalet) ekstraksiyon işlemi ve pamuk yağı örnekleri.

Figure 2. Extraction process and cottonseed oil samples in oil analyzer (soxhalet).

### İncelenen Özellikler ve İzlenen Yöntemler

Çalışmada lif verimlerine ait veriler Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tar. Arş. Enst. Müd.'nce kurulu deneme üzerinden, lif kalite özelliklerine ait veriler ise İSKUR Tekstil Laboratuvarından elde edilmiş olmakla birlikte, ekim öncesi ve sonrası yapılmış olan çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Verim ile ilgili özelliklerden; lif verimi ( $\text{kg da}^{-1}$ ) (lif verimi ( $\text{kg da}^{-1}$ ), meyve dalı lif verimi ( $\text{kg da}^{-1}$ ), odun dalı lif verimi ( $\text{kg da}^{-1}$ ), tohum verimi ( $\text{kg da}^{-1}$ ), (tohum verimi ( $\text{kg da}^{-1}$ ), meyve dalı tohum verimi ( $\text{kg da}^{-1}$ ), odun dalı tohum verimi ( $\text{kg da}^{-1}$ ), protein oranı (%), meyve dalı protein oranı (%), odun dalı protein oranı (%), yağ oranı (%) meyve dalı yağ oranı (%), odun dalı yağ oranı (%)) gibi incelenen özelliklere dair veriler Kaya vd. (2011) ve Kaya vd. (2013) ve Anonymous (2022j)'nin belirttiği yöntem uyarınca saptanmıştır. Protein oranı ÜSKİM laboratuvarında öğütülen çığit örneklerinde Kjeldahl yöntemi ile azot tayini analizi yapıp, ölçülen azot yüzdesi değerleri daha sonra 6.25 katsayısı ile çarpılıp, her örneğe ait ham protein oranının belirlenmesi şeklinde hesaplanmıştır.

Verim ile ilgili incelenen özelliklerde, meyve ve odun dallarına ait toplam lif pamuk ve tohum verim değerlerinin oranları baz alınmıştır. Lif Teknolojik Özelliklerden örnek meyve ve odun dallarına ait kozalardan elde edilen lifler kullanılmış ve bunların teknolojik özellikleri ise Uster HVI (High Volume Instrument) cihazı ile yöntemleri uyarınca belirlenmiştir. Bu lif teknolojik özellikleri şunlardır; uzunluk (mm), incelik (mic.), mukavemet (g/tex), üniformite (%), eğrilebilirlik indeksi (SCI), sarılık derecesi (+b), parlaklık derecesi (% Rd), elastikiyet (%), kısa lif oranı (SFI) (%). Neps miktarı (adet/gram) ise Uster AFIS cihazı ile belirlenmiştir.

### Sonuçların İstatistiksel Değerlendirilmesi

Yukarıda belirtilen karakterlerin gözlem, tartım, ölçüm ve sayımları sonucu bulunan değerlerin varyans analizleri tesadüf blokları deneme deseninde SAS 9.1 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Bazı parsellerde bitki örneklerinde odun dalı yok ise; ona ait veriler veri dosyasında boş bırakılmıştır. Önemli bulunan farklılıklar ise Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuştur.

## ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Farklı pamuk genotiplerinde; pamuk bitkisinin meyve ve odun dallarından alınan pamuk liflerine ait lif verim ve lif kalite özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıdadır.

### Verim ile ilgili özellikler

#### Lif verimi (kg da<sup>-1</sup>)

Denemede kullanılan pamuk genotiplerinin bitki, meyve dalı ve odun dalı lif verimine ait varyans analiz sonuçları ve ortalama değerleri ile oluşan Duncan grupları Çizelge 1 & 2'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Pamuk genotiplerinde bitki, meyve ve odun dalı lif verimi ve tohum verimine ilişkin varyans analiz sonuçları

**Table 1.** Variance analysis results of plant, sympodial and monopodial branch fiber yield and seed yield in cotton genotypes and Duncan groups formed

Varyasyon Kaynakları	SD	LV	MDLV	ODLV	TV	MDTV	ODTV
Çeşit	6	5720.57	4268.35**	431.83	12673.90	8054.01**	948.25
Blok	3	58.83	77.34	75.65	174.27	465.02	196.10
Hata	18	510.88	242.52	163.57	791.34	278.11	340.40
Genel	27						

LV: Lif Verimi (kg da<sup>-1</sup>), MDLV: Meyve Dalı Lif Verimi (kg da<sup>-1</sup>), ODLV: Odun Dalı Lif Verimi (kg da<sup>-1</sup>), TV: Tohum Verimi (kg da<sup>-1</sup>), MDTV: Meyve Dalı Tohum Verimi (kg da<sup>-1</sup>), ODTV: Odun Dalı Tohum Verimi (kg da<sup>-1</sup>)

**Çizelge 2.** Pamuk genotiplerinde bitki, meyve ve odun dalı lif verimi ve tohum verimine ilişkin ortalama değerler ve oluşan Duncan grupları

**Table 2.** Average values of plant, sympodial and monopodial branch fiber yield and seed yield in cotton genotypes and Duncan groups formed

Çeşitler	Lif Verimi (kg da <sup>-1</sup> )**	Meyve Dalı Lif Verimi (kg da <sup>-1</sup> )**	Odun Dalı Lif Verimi (kg da <sup>-1</sup> )	Tohum Verimi (kg da <sup>-1</sup> )**	Meyve Dalı Tohum Verimi (kg da <sup>-1</sup> )**	Odun Dalı Tohum Verimi (kg da <sup>-1</sup> )*
ST 468	198.52 ab	181.29 a	18.32	263.78 b	236.67 b	26.01 ab
BA 119	198.55 ab	178.04 a	20.19	264.76 b	237.75 b	27.33 ab
DP 396	225.56 a	197.91 a	29.63	322.27 a	275.86 a	44.42 a
Candia	142.88 cd	137.81 b	5.22	180.38 c	172.76 c	7.45 b
Claudia	116.50 d	111.48 c	5.76	156.20 c	146.79 d	8.68 b
DP 332	194.50 ab	193.45 a	1.03	246.03 b	244.71 b	1.34 b
Hat KMA	164.18 bc	142.82 b	19.82	262.01 b	233.21 b	30.34 ab
Ortalama	177.24	163.26	14.28	242.20	221.11	20.79
CV (%)	12.75	9.54	89.54	11.61	7.54	88.73

(\*\*) P<0.01

Lif verimine ve meyve dalı lif verimine göre yapılan varyans analizinde genotipler arasındaki farkın istatistiki olarak ( $P < 0.01$  düzeyinde) çok önemli olduğu görülmektedir. Karademir vd. (2017) da genotipler arasında lif verimi bakımından istatistiki olarak önemli farklılıklar bulmuştur. Kütlü pamuk veriminin genotiplere göre değiştiği görülmektedir, bu durum denemelerde kullanılan çeşitlerin farklı genetik yapılarından kaynaklanmış olabilir. Odun dalı lif verimine göre yapılan varyans analizinde genotipler arasındaki farkın istatistiki olarak ( $P > 0.05$  düzeyinde) önemsiz olduğu görülmektedir.

Çizelge 2'de görüldüğü üzere lif verimi  $116.50 \text{ kg da}^{-1}$  ile  $225.56 \text{ (kg da}^{-1})$  arasında değişmiştir ve en yüksek lif verimine  $225.56 \text{ kg da}^{-1}$  ile DP 396 çeşidi sahip olurken, en düşük lif verimi  $116.50 \text{ kg da}^{-1}$  ile Claudia çeşidinden elde edilmiştir. Bu sonuçlar, Karademir vd. (2015), Karademir vd. (2017) bulgularıyla uyum içerisindedir. Meyve dalı lif verimi  $111.42 \text{ kg da}^{-1}$  ile  $197.91 \text{ kg da}^{-1}$  arasında değişmiştir ve en yüksek meyve dalı lif verimine DP 396, DP 332, ST 468, ve BA 119 (sırasıyla  $197.91 \text{ kg da}^{-1}$ ,  $193.45 \text{ kg da}^{-1}$ ,  $181.29 \text{ kg da}^{-1}$  ve  $178.04 \text{ kg da}^{-1}$ ) çeşitleri sahip olurken, en düşük meyve dalı lif verimi  $111.48 \text{ kg da}^{-1}$  ile Claudia çeşidinden elde edilmiştir. Odun dalı lif verimi  $1.03 \text{ kg da}^{-1}$  ile  $29.63 \text{ kg da}^{-1}$  arasında değişmiştir ve en yüksek odun dalı lif verimine  $29.63 \text{ kg da}^{-1}$  ile DP 396 sahip olurken, en düşük verim  $1.03 \text{ kg da}^{-1}$  ile DP 332 çeşidinden elde edilmiştir, Candia ve Claudia çeşitleri ile arasında istatistiki olarak fark bulunmamıştır.

### **Tohum verimi ( $\text{kg da}^{-1}$ )**

Denemede kullanılan pamuk genotiplerinin bitki, meyve dalı ve odun dalı tohum verimine ait varyans analiz sonuçları ve ortalama değerleri ile oluşan Duncan grupları Çizelge 1 & 2'de verilmiştir.

Tohum verimi ve meyve dalı tohum verimine göre yapılan varyans analizinde genotipler arasındaki farkın istatistiki olarak ( $P < 0.01$  düzeyinde) çok önemli olduğu görülmektedir. Odun dalı tohum verimine göre yapılan varyans analizinde genotipler arasındaki farkın istatistiki olarak ( $P < 0.05$  düzeyinde) olduğu görülmektedir.

Çizelge 2'de görüldüğü üzere tohum verimi  $156.20 \text{ kg da}^{-1}$  ile  $322.27 \text{ kg da}^{-1}$  arasında değişmiştir ve en yüksek tohum verimine  $322.27 \text{ kg da}^{-1}$  ile DP 396 çeşidi sahip olurken, en düşük tohum verimi ile  $156.20 \text{ kg da}^{-1}$  Claudia çeşidinden elde edilmiştir, Candia çeşidi ile arasında istatistiki olarak fark bulunmamıştır. Meyve dalı tohum verimi  $146.79 \text{ kg da}^{-1}$  ile  $275.86 \text{ kg da}^{-1}$  arasında değişmiştir ve en yüksek tohum verimine  $275.86 \text{ kg da}^{-1}$  ile DP 396 çeşidi sahip olurken, en düşük tohum verimi  $146.79 \text{ kg da}^{-1}$  ile Claudia çeşidinden elde edilmiştir. Odun dalı tohum verimi  $1.34 \text{ kg da}^{-1}$  ile  $44.42 \text{ kg da}^{-1}$  arasında değişmiştir ve en yüksek tohum verimine  $44.42 \text{ kg da}^{-1}$  ile DP 396 çeşidi sahip olurken, en düşük tohum verimi DP 332, Candia ve Claudia ( $1.34 \text{ kg da}^{-1}$ ,  $7.75 \text{ kg da}^{-1}$  ve  $8.68 \text{ kg da}^{-1}$ ), çeşitlerinden elde edilmiştir.

### **Protein oranı (%)**

Denemede kullanılan pamuk genotiplerinin meyve dalı ve odun dalı protein oranına ait varyans analiz sonuçları ve ortalama değerleri ile oluşan Duncan grupları Çizelge 3 & 4'te verilmiştir.

Meyve dalı protein oranı ve Odun dalı protein oranına göre yapılan varyans analizinde genotipler arasındaki farkın istatistiki olarak ( $P < 0.01$  düzeyinde) çok önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 4'te görüldüğü üzere, meyve dalı protein oranı % 16.52 ile 24.66 arasında değişmiştir ve en yüksek meyve dalı protein oranına %24.66 ile BA 119 çeşidi sahip olurken, ST 468 çeşidi ile arasında istatistiki olarak fark bulunmamıştır. En düşük orana %16.52 ile Claudia çeşidi sahip olurken, Candia çeşidi ile arasında istatistiki olarak fark bulunmamıştır. Odun dalı protein oranı % 19.43 ile 25.41 arasında değişmiştir ve en yüksek odun dalı protein oranı %25.44 ile BA 119 çeşidinden elde edilirken, ST 468 çeşidi ile arasında istatistiki olarak fark bulunmamıştır. En düşük protein oranına %19.43 ile Candia çeşidi sahip olurken, Claudia, DP 332, DP 396 ve Hat KMA genotipleri ile arasında istatistiki olarak fark bulunmamıştır.



**Çizelge 3.** Pamuk genotiplerinin meyve dalı ve odun dalı protein oranı, yağ oranı ve lif uzunluğuna ilişkin varyans analiz sonuçları

**Table 3.** Variance analysis results of sympodial branch and monopodial branch protein ratio, oil ratio and fiber length of cotton genotypes and Duncan groups formed

Varyasyon Kaynakları	SD	MDPO	ODPO	MDYO	ODYO	MDLU	ODLU
Çeşit	6	38.25**	20.69**	16.99*	6.51	9.92**	6.59**
Blok	3	1.77	2.38	8.96	4.96	0.18	0.55
Hata	18	1.09	1.64	3.63	3.63	0.45	0.02
Genel	27						

MDPO: Meyve dalı protein oranı (%), ODPO: Odun dalı protein oranı (%), MDYO: Meyve dalı yağ oranı (%), ODYO: Odun dalı yağ oranı (%), MDLU: Meyve dalı lif uzunluğu (mm), ODLU: Odun dalı lif uzunluğu (mm)

**Çizelge 4.** Pamuk genotiplerinin meyve dalı ve odun dalı protein oranı, yağ oranı ve lif uzunluğuna ilişkin ortalama değerler ve oluşan Duncan grupları

**Table 4.** Average values of sympodial branch and monopodial branch protein ratio, oil ratio and fiber length of cotton genotypes and Duncan groups formed

Çeşitler	Meyve dalı protein oranı (%)**	Odun dalı protein oranı (%)**	Meyve dalı yağ oranı (%)**	Odun dalı yağ oranı (%)	Meyve dalı lif uzunluğu (mm)**	Odun dalı lif uzunluğu (mm)**
ST 468	23.29 a	24.57 a	21.75 a	19.30	26.82 d	27.52 c
BA 119	24.66 a	25.41 a	21.07 a	20.31	27.24 cd	27.83 b
DP 396	19.21 b	20.82 b	18.07 b	18.54	28.11 bc	28.05 b
Candia	16.55 c	19.43 b	21.47 a	18.60	29.09 b	öy
Claudia	16.52 c	20.44 b	16.85 b	16.47	29.06 b	öy
DP 332	20.46 b	20.71 b	22.33 a	19.15	27.47 cd	öy
Hat KMA	19.84 b	20.92 b	20.96 a	20.10	31.43 a	30.69 a
Ortalama	20.08	21.76	20.36	18.92	28.46	28.44 <sup>1</sup>
CV (%)	5.20	5.90	9.36	13.52	2.37	0.46

(\*\*) P<0.01, (\*) P<0.05, öy: yetersiz koza numunesinden dolayı ölçüm yapılamadı. <sup>1</sup>: Ölçüm yapılan değerlerin ortalamaları alınmıştır.

### Yağ oranı (%)

Denemede kullanılan pamuk genotiplerinin meyve dalı ve odun dalı yağ oranına ait varyans analiz sonuçları ve ortalama değerleri ile oluşan Duncan grupları Çizelge 3 & 4'te verilmiştir.

Meyve dalı yağ oranına göre yapılan varyans analizinde genotipler arasındaki farkın istatistiki olarak (P<0.01 düzeyinde) çok önemli olduğu görülmektedir. Odun dalı yağ oranına göre yapılan varyans analizinde genotipler arasındaki farkın düzeyinde istatistiki olarak önemsiz olduğu görülmektedir.

Çizelge 4'te görüldüğü üzere, meyve dalı yağ oranı %16.85 ile %22.33 arasında değişmiştir ve en yüksek meyve dalı yağ oranına %22.33 ile DP 332 çeşidi sahip olurken ST 468, Candia, BA 119 ve Hat KMA genotipleri ile arasında istatistiki olarak fark bulunmamıştır. En düşük meyve dalı yağ oranına %18.07 ile DP 396 çeşidi sahip olmuştur, Claudia çeşidi ile arasında istatistiki olarak fark bulunmamıştır. Odun dalı yağ oranı % 16.47 ile 20.31 arasında değişmiştir.

### Lif teknolojik özellikleri

Lif uzunluğu, lif inceliği, lif mukavemeti, lif üniformitesi, eğrilebilirlik indeksi, sarılık derecesi, parlaklık derecesi, lif elastikiyeti ve kısa lif oranı gibi teknolojik özelliklerinin genotiplere göre değiştiği görülmektedir, bu durum denemelerde kullanılan çeşitlerin farklı genetik yapılarından kaynaklanmış olabilir. Öz & Evcim (2002) de lifin diğer teknolojik özellikleri olan lif uzunluğu, uzunluk üniformitesi, lif mukavemeti ve lif inceliği değerlerinin çeşit özelliklerine bağlı olarak farklı değerler aldığını, söz konusu özelliklerin daha çok çevresel koşullardan etkilendiklerini bildirmektedirler.

### Lif uzunluğu (mm)

Denemede kullanılan pamuk genotiplerinin meyve dalı ve odun dalı lif uzunluğuna ait varyans analiz sonuçları ve ortalama değerleri ile oluşan Duncan grupları Çizelge 3 & 4'te verilmiştir.

Meyve dalı lif uzunluğuna ve odun dalı lif uzunluğuna göre yapılan varyans analizinde genotipler arasındaki farkın  $P < 0.01$  düzeyinde istatistiki olarak çok önemli olduğu görülmektedir. Bozdoğan vd. (2009), Karademir vd. (2015), Kakaç (2018) ve Güneş (1996) da genotipler arasında lif uzunluğu bakımından istatistiki olarak önemli farklılıklar bulmuştur.

Çizelge 4'te görüldüğü üzere meyve dalı lif uzunluğu 26.82 mm ile 31.43 mm arasında değişmiştir ve en yüksek lif uzunluğuna Hat KMA genotipi sahip olurken, en düşük lif uzunluğu ST 468 çeşidinden elde edilmiştir. Odun dalı lif uzunluğu 27.52 mm ile 30.69 mm arasında değişmiştir ve en yüksek lif uzunluğuna Hat KMA genotipi sahip olurken, en düşük lif uzunluğu ST 468 çeşidinden elde edilmiştir. Tespit edilen lif uzunlukları, Güneş (1996), Bozdoğan vd. (2009), Karademir vd. (2015, 2017), Yıldız & Haliloğlu (2017) ve Kakaç (2018)'in tespitleri ile de uyum içerisindedir.

### Lif inceliği (mic.)

Denemede kullanılan pamuk genotiplerinin meyve dalı ve odun dalı lif inceliğine ait varyans analiz sonuçları ve ortalama değerleri ile oluşan Duncan grupları Çizelge 5 & 6'da verilmiştir.

**Çizelge 5.** Pamuk genotiplerinde meyve dalı ve odun dalı lif inceliği, lif mukavemeti ve lif üniformitesine ilişkin varyans analiz sonuçları

**Table 5.** Variance analysis results of sympodial branch and monopodial branch fiber fineness, fiber strength and fiber uniformity in cotton genotypes and Duncan groups formed

Varyasyon Kaynakları	SD	MDLİ	ODLİ	MDLM	ODLM	MDLÜ	ODLÜ
Çeşit	6	3.95**	4.80**	46.56**	31.20**	1.61*	1.72
Blok	3	0.30	0.07	8.42	1.11	1.23	0.55
Hata	18	0.23	0.04	4.20	0.69	0.48	1.11
Genel	27						

MDLİ: Meyve dalı lif inceliği (mic.), ODLİ: Odun dalı lif inceliği (mic.), MDLM: Meyve dalı lif mukavemeti (g tex<sup>-1</sup>), ODLM: Odun dalı lif mukavemeti (g tex<sup>-1</sup>), MDLÜ: Meyve dalı lif üniformitesi (%), ODLÜ: Odun dalı lif üniformitesi (%)

**Çizelge 6.** Pamuk genotiplerinde meyve dalı ve odun dalı lif inceliği, lif mukavemeti ve lif üniformitesine ilişkin ortalama değerler ve oluşan Duncan grupları

**Table 6.** Average values of sympodial branch and monopodial branch fiber fineness, fiber strength and fiber uniformity in cotton genotypes and Duncan groups formed

Çeşitler	Meyve dalı lif inceliği (mic.)**	Odun dalı lif inceliği (mic.)**	Meyve dalı lif Mukavemeti (g tex <sup>-1</sup> )**	Odun dalı lif mukavemeti (g tex <sup>-1</sup> )**	Meyve dalı lif üniformitesi (%)*	Odun dalı lif üniformitesi (%)
ST 468	2.52 c	2.44 c	37.50 b	39.20 a	83.55 b	83.20
BA 119	4.75 ab	4.77 a	33.22 c	33.82 c	82.97 b	82.75
DP 396	2.57 c	2.52 c	42.55 a	40.27 a	84.97 a	84.15
Candia	4.14 b	öy	38.40 b	öy	84.12 ab	öy
Claudia	4.23 b	öy	36.65 b	öy	83.72 b	öy
DP 332	5.01 a	öy	32.27 c	öy	83.42 b	öy
Hat KMA	4.30 ab	4.01 b	37.50 b	37.27 b	84.00 ab	82.70
Ortalama	3.93	3.47 <sup>1</sup>	36.87	37.56 <sup>1</sup>	83.82	83.23 <sup>1</sup>
CV (%)	12.13	5.95	5.56	2.21	0.83	1.27

(\*\*)  $P < 0.01$ , (\*)  $P < 0.05$ , öy: yetersiz koza numunesinden dolayı ölçüm yapılmadı. <sup>1</sup>: Ölçüm yapılan değerlerin ortalamaları alınmıştır.

Meyve dalı lif inceliğine ve odun dalı lif inceliğine göre yapılan varyans analizinde genotipler arasındaki farkın istatistiki olarak ( $P < 0.01$  düzeyinde) çok önemli olduğu görülmektedir. Lif inceliğine dair bulunan sonuçlar, Bozdoğan vd. (2009), Karademir vd. (2015), Karademir vd. (2017), Yıldız & Haliloğlu (2017) ve Güneş (1996) bulgularıyla da uyum içerisinde.

Çizelge 6'da görüldüğü üzere meyve dalı lif inceliği 2.52 mic. ile 5.01 mic. arasında değişmiştir ve en yüksek lif inceliğine 5.01 mic. ile DP 332 çeşidi sahip olurken, en düşük lif inceliği ST 468 (2.52 mic.) ve DP 396 (2.57 mic.) çeşitlerinden elde edilmiştir. Odun dalı lif inceliği 2.44 mic. ile 4.77 mic. arasında değişmiştir ve en yüksek lif inceliğine 4.77 mic. ile BA 119 çeşidi sahip olurken, en düşük lif inceliği ST 468 (2.44 mic.) ve DP 396 (2.52 mic.) çeşitlerinden elde edilmiştir.

Lif inceliği özellikle ST 468 çeşidinde çok düşük çıkmıştır. Ancak tüm numuneler aynı şartlar altında teknolojik analize tabi tutulmuştur. Numune azlığı bazen inceliğin düşük olmasına neden olabilir. Zaten genele bakıldığında, üç çeşidin odun dalı lif incelikleri yetersiz koza numunesinden dolayı ölçüm yapılamamış, yapılanların çoğunda da meyve dalından elde edilenlerden daha düşük çıkmıştır

### **Lif mukavemeti ( $g \text{ tex}^{-1}$ )**

Denemede kullanılan pamuk genotiplerinin meyve dalı ve odun dalı lif mukavemetine ait varyans analiz sonuçları ve ortalama değerleri ile oluşan Duncan grupları Çizelge 5 & 6'da verilmiştir.

Meyve dalı lif mukavemetine ve odun dalı lif mukavemetine göre yapılan varyans analizinde genotipler arasındaki farkın istatistiki olarak ( $P < 0.01$  düzeyinde) çok önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 6'da görüldüğü üzere meyve dalı lif mukavemeti  $32.27 \text{ g tex}^{-1}$  ile  $42.55 \text{ g tex}^{-1}$  arasında değişmiştir ve en yüksek lif mukavemetine  $42.55 \text{ g tex}^{-1}$  ile DP 396 çeşidi sahip olurken, en düşük lif mukavemeti BA 119 ( $33.22 \text{ g tex}^{-1}$ ) ve DP 332 ( $32.27 \text{ g tex}^{-1}$ ) çeşitlerinden elde edilmiştir. Odun dalı lif mukavemeti  $33.82 \text{ g tex}^{-1}$  ile  $40.27 \text{ g tex}^{-1}$  arasında değişmiştir ve en yüksek lif mukavemetine  $39.20 \text{ g tex}^{-1}$  ile ST 468 ve  $40.27 \text{ g tex}^{-1}$  ile DP 396 çeşitleri sahip olurken, en düşük lif mukavemeti  $33.82 \text{ g tex}^{-1}$  ile BA 119 çeşidinden elde edilmiştir.

### **Lif uniformitesi (%)**

Denemede kullanılan pamuk genotiplerinin meyve dalı ve odun dalı lif üniformitesine ait varyans analiz sonuçları ve ortalama değerleri ile oluşan Duncan grupları Çizelge 5 & 6'da verilmiştir.

Meyve dalı lif üniformitesine göre yapılan varyans analizinde genotipler arasındaki farkın istatistiki olarak ( $P < 0.05$  düzeyinde) önemli olduğu görülmektedir. Odun dalı lif üniformitesine göre yapılan varyans analizinde genotipler arasındaki farkın istatistiki olarak ( $P > 0.05$  düzeyinde) önemsiz olduğu görülmektedir.

Çizelge 6'da görüldüğü üzere meyve dalı lif üniformitesi %82.97 ile %84.97 arasında değişmiştir ve en yüksek lif üniformitesine %84.97 ile DP 396 çeşidi sahip olurken, en düşük lif üniformitesi %82.97 ile BA 119 çeşidinden elde edilmiştir, DP 332, ST 468 ve Claudia çeşitleri ile arasında istatistiki olarak fark bulunmamıştır. Odun dalı lif üniformitesi %82.70 ile %84.15 arasında değişmiştir.

### **Eğrilebilirlik indeksi (SCI)**

Denemede kullanılan pamuk genotiplerinin meyve dalı ve odun dalı eğrilebilirlik indeksine ait ortalama değerleri ile oluşan Duncan grupları Çizelge 7 & 8'de verilmiştir.

Meyve dalı eğrilebilirlik indeksine ve odun dalı eğrilebilirlik indeksine göre yapılan varyans analizinde genotipler arasındaki farkın istatistiki olarak ( $P < 0.01$  düzeyinde) çok önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 8'de görüldüğü üzere meyve dalı eğrilebilirlik indeksi 135.25 ile 195.00 arasında değişmiştir ve en yüksek indekse DP 396 çeşidi sahip olurken, en düşük indeks DP 332 çeşidinden elde edilmiş, BA 119 çeşidi ile arasında istatistiki olarak fark bulunmamıştır. Odun dalı eğrilebilirlik indeksi 138.00 ile

185.00 arasında değişmiştir ve en yüksek indekse 185.00 ile DP 396 çeşidi sahip olurken ST 468 çeşidi ile arasında istatistiki olarak fark bulunmamıştır. En düşük indeks BA 119 çeşidinden elde edilmiştir.

**Çizelge 7.** Pamuk genotiplerinde meyve dalı ve odun dalı eğrilebilirlik indeksi, sarılık derecesi ve parlaklık derecesine ilişkin varyans analiz sonuçları

**Table 7.** Variance analysis results of sympodial branch and monopodial branch spinning consistency index, yellowness degree, reflectance degree in cotton genotypes and Duncan groups formed

Varyasyon Kaynakları	SD	MDEİ	ODEİ	MDS	ODSD	MDPD	ODPD
Çeşit	6	1765.75**	1676.25**	2.80**	1.86**	15.08**	1.87
Blok	3	203.27	11.31	0.22	0.00	0.39	2.00
Hata	18	154.50	61.53	0.25	0.21	2.76	3.60
Genel	27						

MDEİ: Meyve dalı eğrilebilirlik indeksi, ODEİ: Odun dalı eğrilebilirlik indeksi, MDS: Meyve dalı sarılık derecesi (+b), ODSD: Odun dalı sarılık derecesi (+b), MDPD: Meyve dalı parlaklık derecesi (Rd), ODPD: Odun dalı parlaklık derecesi (Rd).

**Çizelge 8.** Pamuk genotiplerinde meyve dalı ve odun dalı eğrilebilirlik indeksi, sarılık derecesi ve parlaklık derecesine ilişkin ortalama değerler ve oluşan Duncan grupları

**Table 8.** Average values of sympodial branch and monopodial branch spinning consistency index, yellowness degree, reflectance degree in cotton genotypes and Duncan groups formed

Çeşitler	Meyve dalı eğrilebilirlik indeksi**	Odun dalı eğrilebilirlik indeksi**	Meyve dalı sarılık derecesi (+b)**	Odun dalı sarılık derecesi (+b)**	Meyve dalı parlaklık derecesi (Rd)**	Odun dalı parlaklık derecesi (Rd)
ST 468	171.50 b	177.00 a	10.12 a	10.40 a	75.68 c	76.07
BA 119	136.00 c	138.00 c	10.15 a	10.10 ab	75.62 c	75.92
DP 396	195.00 a	185.00 a	8.82 bc	8.80 c	77.07 bc	77.02
Candia	169.00 b	öy	8.15 c	öy	81.27 a	öy
Claudia	159.00 b	öy	8.32 c	öy	78.47 b	öy
DP 332	135.25 c	öy	9.85 a	öy	77.92 bc	öy
Hat KMA	166.50 b	166.50 b	9.37 ab	9.40 bc	77.00 bc	75.27
Ortalama	161.75	164.43 <sup>1</sup>	9.26	9.64 <sup>1</sup>	77.58	76.13 <sup>1</sup>
CV (%)	7.68	4.77	5.45	4.81	2.14	2.49

(\*\*) P<0.01, öy: yetersiz koza numunesinden dolayı ölçüm yapılamadı. <sup>1</sup>: Ölçüm yapılan değerlerin ortalamaları alınmıştır.

### Sarılık derecesi (+b)

Denemede kullanılan pamuk genotiplerinin meyve dalı ve odun dalı sarılık derecesine ait varyans analiz sonuçları ve ortalama değerleri ile oluşan Duncan grupları Çizelge 7 & 8'de verilmiştir.

Meyve dalı sarılık derecesine ve odun dalı sarılık derecesine göre yapılan varyans analizinde genotipler arasındaki farkın istatistiki olarak (P<0.01 düzeyinde) çok önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 8'de görüldüğü üzere meyve dalı sarılık derecesi 8.15 ile 10.15 arasında değişmiştir ve en yüksek sarılık derecesine 10.15 ile BA 119 çeşidi sahip olurken, ST 468 ve Hat KMA genotipleri ile arasında istatistiki olarak fark bulunmamıştır. En düşük sarılık derecesi Candia (8.15) ve Claudia (8.32) çeşitlerinden elde edilmiştir. Odun dalı sarılık derecesi 8.80 ile 10.40 arasında değişmiştir ve en yüksek sarılık derecesine ST 468 çeşidi sahip olurken, en düşük sarılık derecesi DP 396 çeşidinden elde edilmiştir.

### Parlaklık derecesi (Rd)

Denemede kullanılan pamuk genotiplerinin meyve dalı ve odun dalı parlaklık derecesine ait varyans analiz sonuçları ve ortalama değerleri ile oluşan Duncan grupları Çizelge 7 & 8'de verilmiştir.

Meyve dalı parlaklık derecesine göre yapılan varyans analizinde genotipler arasındaki farkın istatistiki olarak (P<0.01 düzeyinde) çok önemli olduğu görülmektedir. Odun dalı parlaklık derecesine göre yapılan

varyans analizinde genotipler arasındaki farkın istatistiki olarak ( $P>0.05$  düzeyinde) önemsiz olduğu görülmektedir.

Çizelge 8'de görüldüğü üzere meyve dalı parlaklık derecesi 75.62 ile 81.27 arasında değişmiştir ve en yüksek sarılık derecesine Candia sahip olurken, en düşük parlaklık derecesi ST 468 (75.68) ve BA 119 (75.62) çeşitlerinden elde edilmiştir. Odun dalı parlaklık derecesi 75.27 ile 77.02 arasında değişmiştir.

### Lif elastikiyeti (kopma uzaması) (%)

Denemede kullanılan pamuk genotiplerinin meyve dalı lif elastikiyetine ait varyans analiz sonuçları ve ortalama değerleri ile oluşan Duncan grupları Çizelge 9 & 10'da verilmiştir.

**Çizelge 9.** Pamuk genotiplerinde meyve dalı ve odun dalı lif elastikiyeti, kısa lif oranı ve neps miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları

**Table 9.** Variance analysis results of sympodial branch and monopodial branch fiber elongation, short fiber index and neps content in cotton genotypes and Duncan groups formed

Varyasyon Kaynakları	SD	MDLE	ODLE	MDKLO	ODKLO	MDNM	ODNM
Çeşit	6	1.88**	1.25*	4.12*	1.05	1392.45	9786.26**
Blok	3	0.15	0.08	0.15	0.24	1199.00	873.15
Hata	18	0.22	0.17	1.12	1.17	744.17	779.28
Genel	27						

MDLE: Meyve dalı lif elastikiyeti (%), ODLE: Odun dalı lif elastikiyeti (%), MDKLO: Meyve dalı kısa lif oranı (%), ODKLO: Odun dalı kısa lif oranı (%), MDNM: Meyve dalı neps miktarı (adet/g) ODNM: Odun dalı neps miktarı (adet/g)

Meyve dalı lif elastikiyetine göre yapılan varyans analizinde genotipler arasındaki farkın istatistiki olarak ( $P<0.01$  düzeyinde) çok önemli olduğu görülmektedir. Odun dalı lif elastikiyetine göre yapılan varyans analizinde genotipler arasındaki farkın istatistiki olarak ( $P<0.05$  düzeyinde) önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 10'da görüldüğü üzere meyve dalı lif elastikiyeti 6.12 ile 8.22 arasında değişmiştir ve en yüksek elastikiyete DP 332 sahip olurken, en düşük elastikiyet Hat KMA genotipinden elde edilmiştir. Odun dalı lif elastikiyeti 6.57 ile 7.90 arasında değişmiştir ve en yüksek elastikiyete ST 468 sahip olurken, en düşük elastikiyet Hat KMA genotipinden elde edilmiştir.

**Çizelge 10.** Pamuk genotiplerinde meyve dalı ve odun dalı lif elastikiyeti, kısa lif oranı ve neps miktarına ilişkin ortalama değerler ve oluşan Duncan grupları

**Table 10.** Average values of sympodial branch and monopodial branch fiber elongation, short fiber index and neps content in cotton genotypes and Duncan groups formed

Çeşitler	Meyve dalı lif elastikiyeti (%)**	Odun dalı lif elastikiyeti (%)*	Meyve dalı kısa lif oranı (%)*	Odun dalı kısa lif oranı (%)	Meyve dalı neps miktarı (adet/g)	Odun dalı neps miktarı (adet/g)**
ST 468	7.50 abc	7.90 a	8.95 a	8.73	78.25	58.00 b
BA 119	8.07 ab	7.75 ab	8.92 a	8.77	92.25	74.50 b
DP 396	7.37 bc	7.05 bc	6.90 bc	8.42	72.25	83.25 b
Candia	7.17 c	öy	7.50 abc	öy	74.00	öy
Claudia	7.35 bc	öy	8.27 ab	öy	58.50	öy
DP 332	8.22 a	öy	8.60 a	öy	111.00	öy
Hat KMA	6.12 d	6.57 c	6.40 c	7.53	103.25	182.67 a
Ortalama	7.40	7.33 <sup>1</sup>	7.93	8.40 <sup>1</sup>	84.21	96.64 <sup>1</sup>
CV (%)	6.29	5.63	13.33	12.89	32.39	28.88

(\*\*)  $P<0.01$ , (\*)  $P<0.05$ , öy: yetersiz koza numunesinden dolayı ölçüm yapılamadı. <sup>1</sup>: Ölçüm yapılan değerlerin ortalamaları alınmıştır.

### **Kısa lif oranı (%)**

Denemede kullanılan pamuk genotiplerinin meyve dalı ve odun dalı kısa lif oranına ait varyans analiz sonuçları ve ortalama değerleri ile oluşan Duncan grupları Çizelge 9 & 10'da verilmiştir.

Meyve dalı parlaklık derecesine göre yapılan varyans analizinde genotipler arasındaki farkın istatistiki olarak ( $P < 0.05$  düzeyinde) önemli olduğu görülmektedir. Odun dalı parlaklık derecesine göre yapılan varyans analizinde genotipler arasındaki farkın istatistiki olarak ( $P > 0.05$  düzeyinde) önemsiz olduğu görülmektedir.

Çizelge 10'da görüldüğü üzere meyve dalı kısa lif oranı %6.40 ile %8.95 arasında değişmiştir ve en yüksek kısa lif oranına %8.95 ile ST 468 çeşidi sahip olurken, BA 119 ve DP 332 çeşitleri ile arasında istatistiki olarak fark bulunmamıştır. En düşük kısa lif oranı %6.40 ile Hat KMA genotipinden elde edilmiştir. Odun dalı kısa lif oranı ise 7.53 ile 8.77 arasında değişmiştir.

### **Neps miktarı (adet/g)**

Denemede kullanılan pamuk genotiplerinin meyve dalı neps miktarına ait varyans analiz sonuçları ve ortalama değerleri ile oluşan Duncan grupları Çizelge 9 & 10'da verilmiştir.

Meyve dalı neps miktarına göre yapılan varyans analizinde genotipler arasındaki farkın istatistiki olarak ( $P > 0.05$  düzeyinde) önemsiz olduğu görülmektedir. Odun dalı neps miktarına göre yapılan varyans analizinde genotipler arasındaki farkın istatistiki olarak ( $P < 0.01$  düzeyinde) çok önemli olduğu görülmektedir.

Çizelge 10'da görüldüğü üzere meyve dalı neps oranı 58.50 adet/g ile 111.00 adet/g arasında değişmiştir. Odun dalı neps oranı 58.00 adet/g ile 182.67 adet/g arasında değişmiştir ve en yüksek neps oranına 111.00 adet/g ile Hat KMA genotipi sahip olurken, en düşük neps miktarı 58.00 adet/g ile ST 468 çeşidinden elde edilmiştir, BA 119 ve DP 396 58.00 çeşitleri ile arasında istatistiki olarak fark bulunmamıştır.

## **SONUÇ**

Bu çalışma, Kahramanmaraş bölgesinde yetiştirilen 7 farklı pamuk genotipinde meyve ve odun dallarından alınan pamuk liflerine ait lif verim ve lif kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Denemede genotiplere ait; lif verimi, tohum verimi, protein oranı ile protein verimi, yağ oranı ile yağ verimi, lif teknolojik özelliklerinden uzunluk, incelik, mukavemet, üniformite, eğrilebilirlik indeksi, sarılık derecesi, parlaklık derecesi, lif elastikiyeti ile kısa lif oranı ve neps miktarı gibi özellikler incelenmiştir.

Bütün genotiplerde fenotipik ve genotipik özellikler birbirinden farklı olduğu için yetiştirildiği iklim ile çevre koşullarına tepkiler farklı olmuştur. Bu yüzden genotiplere ait incelenen özelliklerden 9'u (lif verimi, odun dalı lif verimi, tohum verimi, odun dalı tohum verimi, odun dalı yağ oranı, odun dalı lif üniformitesi, odun dalı parlaklık derecesi, odun dalı kısa lif oranı, meyve dalı neps miktarı) dışındaki 30 özellik arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

Genotiplerde toplamda bitki, meyve dalı, ve odun dallarına ait incelenen özelliklerin ortalama değerleri ve bunların katkı ve kıyaslama dağılımı aşağıdaki gibidir:

177.24 kg da<sup>-1</sup>lık ortalama lif verimine, meyve dalı lif veriminin (163.26 kg da<sup>-1</sup>) katkısı % 92.11 olarak gerçekleşirken, odun dalı lif veriminin (14.28 kg da<sup>-1</sup>) katkısı % 7.89 olarak gerçekleşmiştir.

Tohum verimine (242.20 kg da<sup>-1</sup>) meyve dalı tohum veriminin (221.11 kg da<sup>-1</sup>) katkısı % 91.30 olurken odun dalı tohum veriminin (20.79 kg da<sup>-1</sup>) katkısı % 8.70 olarak tespit edilmiştir.

Meyve dalı protein oranı % 20.08, odun dalı protein oranı ise % 21.76 olarak bulunmuştur.

Meyve dalı yağ oranı % 20.36 olarak tespit edilirken, odun dalı yağ oranı ise % 18.92 olarak bulunmuştur.

Meyve dalı lif uzunluğu 28.46 mm, odun dalı lif uzunluğu ise 28.44 mm olarak tespit edilmiştir.

Meyve dalı lif inceliği 3.93 mic. olurken, odun dalı lif inceliği 3.47 mic. olmuştur.

Meyve dalı lif mukavemeti 36.87 g tex<sup>-1</sup> olarak tespit edilmişken, odun dalı lif mukavemeti ise 37.56 g tex<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur.

Meyve dalı lif üniformitesi % 83.82 iken, odun dalı lif üniformitesi % 83.23 olarak bulunmuştur.

Meyve dalı eğrilebilirlik indeksi 161.75, odun dalı eğrilebilirlik indeksi 164.43 olarak tespit edilmiştir.

Meyve dalı parlaklık ve sarılık derecesi sırası ile 9.26, 77.58 olarak bulunurken, odun dalı parlaklık ve sarılık derecesi ise sırası ile 9.64, 76.13 olarak tespit edilmiştir.

Meyve dalı lif elastikiyeti % 7.40, odun dalı lif elastikiyeti ise % 7.33 olmuştur.

Kısa lif oranları meyve dalında % 7.93, odun dalında ise %8.40 olarak tespit edilmiştir.

Neps miktarı meyve dalında 84.21 adet/g, odun dalında ise 96.64 adet/g olarak bulunmuştur.

Yürülen bu araştırma tek yıllık bir çalışma olup, denemelerden daha güvenilir sonuç alabilmek ve sağlıklı önerilerde bulunabilmek için benzer çalışmaların tekrarlanmasında fayda vardır. İslah çalışmalarında lif verimine ve teknolojik değerlere olumlu etkide bulunabilecek pamuk bitkisinin her bir organı ve bunlara ait değerleri ve lif teknolojik özellikleri üzerinde kıyaslamaların yapılması elzemdir.

Yapılan tek yıllık araştırma sonucuna göre odun dalına ait lif verimi ve tohum verimleri ile diğer bazı kalite özelliklerinin, toplamda bitkiye ait değerlerle kıyaslandığında kayda değer bir etkisi olmamış, ancak odun dalı sayısı en yüksek olan Hat KMA, ST 468, BA 119 ve DP 396 genotiplerinin lif verimi değerleri yüksek bulunmuştur. Özellikle odun dalı yüksek olan bu genotiplerin ortalama lif verimi değerlerinde de meyve dalının katkısı % 88.84 olmuştur, dolayısıyla verimle ilgili İslah çalışmalarında makineli hasada uygunluk da göz önüne alınarak odun dalını azaltmaya, meyve dalını artırmaya yönelik araştırmaların yapılabileceği teyit edilmiştir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi'ne ait BAP Koordinasyon Birimi tarafından "2018/7-17 YLS" nolu proje ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Anonymous, 2022a. Preselenmiş pamukların tek balya standardizasyonuna ve kontrolüne ilişkin tebliğ. ( Web sayfası: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/08/20090821-19.htm>) (Erişim tarihi: 25 Ocak 2022).
- Anonymous, 2022b. Sanayi ve teknoloji bakanlığı tekstil, hazır giyim ve deri ürünleri sektörleri raporu (2021). (Web sayfası: <https://www.oftso.org.tr/indir/TekstilHazirgiyimveDeriUrunleriSektorleriRaporu2021.pdf>) (Erişim tarihi: 11 Eylül 2022).
- Anonymous, 2022c. Tarımsal ekonomi ve politika geliştirme enstitüsü (durum tahmin pamuk 2021) (Web sayfası: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Durum-Tahmin%20Raporlar%C4%B1/2021%20Durum-Tahmin%20Raporlar%C4%B1/Pamuk%20Durum%20Tahmin%20Raporu%202021-349%20TEPGE.pdf>) (Erişim tarihi: 11 Eylül 2022).
- Anonymous, 2022d. ST 468 Pamuk çeşidi özellikleri. (Web sayfası: <https://www.may.com.tr/tr/ProductViews/ProductDetail/d2cee2d2-9e46-4ff5-b1ce-145f0a2a3321>) (Erişim tarihi: 11 Eylül 2022).
- Anonymous, 2022e. BA 119 Pamuk çeşidi özellikleri. (Web sayfası: [http://www.progenseed.com/24\\_Pamuk-Tohumu-BA-119.html](http://www.progenseed.com/24_Pamuk-Tohumu-BA-119.html)) (Erişim tarihi: 11 Eylül 2022).
- Anonymous, 2022f. DP 396 Pamuk çeşidi özellikleri. (Web sayfası: <http://settohum.com/pamuk/dp-396>) (Erişim tarihi: 11 Eylül 2022).

- Anonymous, 2022g. Candia pamuk çeşidi özellikleri. (Web sayfası: <https://www.agro.basf.com.tr/tr/%C3%9Cr%C3%BCnler/%C3%9Cr%C3%BCn-Bilgileri/Tohum/Candia.html#section-benefits>) (Erişim tarihi: 11 Eylül 2022).
- Anonymous, 2022h. Claudia pamuk çeşidi özellikleri. (Web sayfası: [https://www.agro.basf.com.tr/Documents/migrated\\_files/product\\_files\\_files/brochures\\_files/claudia\\_brosur\\_2020.pdf](https://www.agro.basf.com.tr/Documents/migrated_files/product_files_files/brochures_files/claudia_brosur_2020.pdf)) (Erişim tarihi: 11 Eylül 2022).
- Anonymous, 2022i. DP 332 pamuk çeşidi özellikleri. (Web sayfası: <http://settohum.com/pamuk/dp-332>) (Erişim tarihi: 11 Eylül 2022).
- Anonymous, 2022j. Gıda tarım ve hayvancılık bakanlığı tohumluk tescil ve sertifikasyon merkez müdürlüğü pamuk (*Gossypium* L.) tarımsal değerleri ölçme denemeleri teknik talimatı. (Web sayfası: <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Duyuru%20Belgeleri/PAMUK%20TEKN%C4%B0K%20TAL%20MATI%202018.pdf>) (Erişim tarihi: 11 Eylül 2022).
- Bozdoğan, İ., L. Efe, & S. Mustafayev, 2009. Doğal krem renkli pamuk (*G. hirsutum* L.) hattı ile bölge standart çeşitleri Maraş-92 ve Sayar-314'ün (*G. hirsutum* L.) bazı agronomik ve teknolojik özellikleri bakımından değerlendirilmesi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 12 (1): 53-61.
- Erdoğan, O., 2009. Bazı bamuk çeşit adaylarının *Verticillium solgunluk* hastalığı etmeni (*Verticillium dahliae* Kleb.)'ne karşı duyarlılıklarının belirlenmesi. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6 (2): 9-16.
- FAOSTAT, 2022. FAO istatistik verileri (kültü ve lif pamuk Dünya pamuk ekiliş, üretim ve verim değerleri). (Web sayfası: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>) (Erişim tarihi: 09 Eylül 2022).
- Güneş, H.Y., 1996. Harran Ovası Koşullarında Standart ve Ümitvar Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) Çeşitlerinde Odun ve Meyve Dallarında Oluşan Kozaların Koza ve Lif Teknolojik Özellikleri Yönünden Karşılaştırılması. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 80 s.
- Kakaç, H., 2018. Şanlıurfa-Suruç Ovası Koşullarında Farklı Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) Genotiplerinin Verim ve Lif Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 79 s.
- Karademir, Ç., E. Karademir & U. Sevilmiş, 2017. Bazı pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) genotiplerinin verim ve lif teknolojik özellikler bakımından değerlendirilmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27 (2): 183-191. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.271024>
- Karademir, E., Ç. Karademir, R. Ekinci & U. Sevilmiş, 2015. İleri generasyonlardaki pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) hatlarında verim ve lif kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırma Dergisi*, 2 (2): 100-107.
- Kaya, A.R. & T. Eryiğit, 2018. "Pamuk Yetiştiriciliği. 16-35". Pamuk Tarımı (Ed. Y. Alptekin). Tarım Gündem Dergisi Yayınları. ISBN: 978-605-245-209-7, Ankara, 112 s.
- Kaya, A.R., T. Eryiğit & B. Arslan, 2011. Kahramanmaraş koşullarında bazı pamuk (*Gossypium hirsutum* L. ve *Gossypium barbadense* L.) çeşitlerinin türler arası melezlemelerle elde edilen hatların (*G. hirsutum* L. x *G. barbadense* L.) verim, verim unsurlarının belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1 (2): 97-105.
- Kaya, A. R., T. Eryiğit & B. Arslan, 2013. Kahramanmaraş koşullarında bazı pamuk (*Gossypium hirsutum* L. ve *Gossypium barbadense* L.) çeşitlerinin ve türler arası melezlemelerle elde edilen hatların (*G. hirsutum* L. x *G. barbadense* L.) lif teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3 (3): 65-72.
- Lacape J. M., T. B. Nguyen, B. Hau & M. Giband, 2007. "Targeted Introgression of Cotton Fibre Quality Quantitative Trait Loci Using Molecular Markers, 67-80". In: Market-assisted selection: Current Status and Future Perspectives in Crops, livestock, forestry and fish. (Eds. E Guimarães, J. Ruane, B. Scherf, A. Sonnino & J Dargie), FAO: Rome, 494 pp.
- Öz, E., & H. Ü. Evcim, 2002. Makinalı hasadın pamuk lif teknolojik özellikleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39 (2): 119-126.
- TÜİK, 2022a. Türkiye İstatistik Kurumu bitkisel üretim istatistikleri (kültü ve lif pamuk Türkiye ve Kahramanmaraş pamuk ekiliş, üretim ve verim değerleri). (Web sayfası: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>) (Erişim tarihi: 09 Eylül 2022).
- TÜİK, 2022b. Türkiye İstatistik Kurumu genel ticaret sistemi verileri (lif pamuk Türkiye ithalat miktar ve değerleri). (Web sayfası: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>) (Erişim tarihi: 09 Eylül 2022).
- Yıldız, Z. & H. Haliloğlu, 2017. Pamukta çeşit tercihinde dekara gelir yaklaşımı. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6 (ICAFOP Special Issue 12/21/17): 261-270. <https://doi.org/10.17100/nevbittek.334863>





**Derleme**  
(Review)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (1) 181-195  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1074706>

Berna BAŞ<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup> Gaziantep Üniversitesi Fen-Edebiyat  
Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 27310,  
Şehitkamil, Gaziantep, Türkiye

\*Sorumlu yazar (Corresponding author):

[bas@gantep.edu.tr](mailto:bas@gantep.edu.tr)

## PCD-otofajinin bitki immünesitesiyle korelasyonu\*

### Correlation with plant immunity of PCD-autophagy

Received (Alınış): 17.02.2022

Accepted (Kabul Tarihi): 15.08.2023

#### ÖZ

Önemli bir katabolik olay olan otofaji bitkilerin gelişim süreçlerinde ve biyotik/abiyotik strese verdiği tepki sonucunda istenmeyen/hasarlı yapıların/moleküllerin sitoplazmik içerikle beraber vakuollerin içine alınarak litik enzimlerle parçalanması ve nihayet sitoplazmanın tasfiyesiyle hücre ölümü olayıdır. Otofaji konukçu-patojen interaksyonlarında bitki immünesisinin düzenlenmesinde birçok önemli role sahiptir. Patojen organizmaların yaşam stratejilerine göre bitkilerde otofaji yoluyla hipersensitif reaksiyon (HR) ölümleri ya baskılanmakta ya da teşvik edilmektedir. Aslında otofaji bitki hücrelerinin biyotik faktörlere karşı kendini korumak ve homeostazı stabil tutmak amacıyla patojenleri veya patojene ait yapıları ortadan kaldırmak suretiyle yeni bir adaptasyon yolu olarak da düşünülebilir. HR hücre ölümlerinde otofajinin moleküler mekanizması kesin olarak bilinmese de, otofajiye dahil olan proteolitik enzimlerin HR hücre ölümlerini desteklemesi nedeniyle, bitki ETI (Effector-Triggered Immunity) immün sistemin bileşenlerinden olan HR programlı hücre ölüm kapsamında ele alınmaktadır. Otofaji bitki immünesisinde anti-patojenik yeni bir sistem olmaya aday doğal bir hücrel prosedir. Yeni çalışmalar, bitki immünesisinde HR-PCD (HR-Programmed Cell Death) sürecinde hücre yıkımının otofajiyile bağlantılı olduğunu düşündürmektedir. Bu derleme otofajik sistem ağının bitki immünesitesiyle koreleli olduğunu örneklerle açıklamaktadır.

#### ABSTRACT

Autophagy, a major catabolic reaction, is cell death by lysis of undesirable/damaged structures/molecules with some cytoplasmic contents engulfed by vacuoles and result finally in degradation of whole cytoplasm as a part of developmental processes and to respond biotic/abiotic stresses for homeostasis. Autophagy has multifunctional significant roles in regulation of plant immunity during host-pathogen interactions. Hypersensitive reaction (HR) deaths caused by autophagy can either inhibited or induced depending on life strategies of the pathogen organisms. In fact, autophagy can be considered as a kind of any adaptation way ridding of pathogenes or a section of pathogen properties to maintain the cell itself and for stability of cellular homeostasis versus biotic factors. Although molecular mechanisms of autophagy in HR cell death is unknown, HR that is considered as ETI (Effector-Triggered Immunity) defense from tiered of plant immune system is involved in programmed cell death due to encouraged HR cell death of proteolytic enzymes in autophagy. As a candidate to be novel antipathogenic system in plant immunity, autophagy is already naturally available cellular process. Recent evidences suggest that cell degradation during HR-PCD (HR-Programmed Cell Death) in plant immunity is linked to autophagy process. This review explains with examples that the autophagic system network is correlated with plant immunity.

**Anahtar sözcükler:** Bitki immünesitesi,  
hipersensitif tepki, otofaji, programlı hücre  
ölümü

**Keywords:** Plant immunity, hypersensitive  
reaction, autophagy, programmed cell  
death

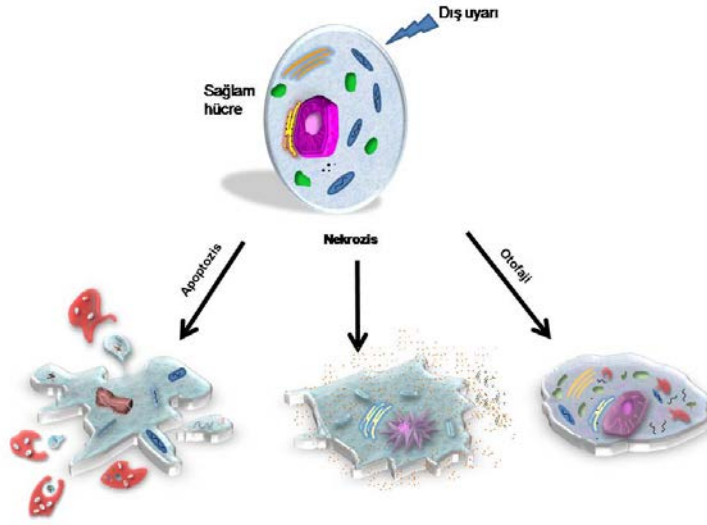
## GİRİŞ

Canlılar aleminin çeşitli şubelerinde görülen programlı hücre ölümü, organizmaların hayatta kalmak için ya özel hücre/doku gelişimlerinin bir parçası olarak ya da genetik sebepler ve biyotik/abiyotik stresler nedeniyle zarar gören, yaşlanan hücre-doku-organ-herhangi bir yapıyı uzaklaştırmak amacıyla ölüm ile yaşam arasında karar vermek zorunda olduğu önemli bir süreçtir. Hücre intiharı olarak da bilinen programlı hücre ölüm süreci, çok hücreli organizmalarda genetik olarak kontrol edilen içsel bir mekanizmadır (Latrasse et al., 2016). Çeşitli PCD tipleri, hayvanlarda hasarlı hücreleri elemine etmede önemli rollere sahip olan apoptozisten, çok-hücreli canlı topluluklarındaki hücreye-özerk nekroze ve fungal heterokaryon uyumsuzluğu da dahil (**HI**; **Heterokaryon Incompatibility**) geniş canlı topluluklarında görülmektedir (Paoletti, 2016; Daskalov et al., 2017; Gonçalves et al., 2017; Nirmala & Lopus, 2020). Programlı hücre ölüm yollarının mekanizması, ölü hücre morfolojisi ve meydana gelen biyolojik hasarlar canlı alemlerinde önemli farklılıklar göstermektedir. Buna rağmen ökaryotik PCD ile ilgili proteinlerin domain bölgelerindeki evrimsel yönden benzerlik dikkate değer bir sonuçtur (Paoletti & Clavé, 2007; Bernoux et al., 2011; Williams et al., 2014; Hauenstein et al., 2015; Daskalov et al., 2016; Urbach & Ausubel, 2017; Ve et al., 2017; Zhang et al., 2017; Nanson et al., 2019).

Geniş kapsamlı bir fenomen olan HR, kısaca bitkilerin büyük çoğunda bulunan, hastalık dayanıklılığıyla ilgili olan ve patojenin penetrasyon noktasında meydana gelen hızlı ve lokal hücre ölümüdür (Balint-Kurti, 2019). Bu nedenle HR ölümleri bir immün strateji olarak kabul edilse de infeksiyon noktasından uzak bölgelerdeki sistemik reaksiyonları (SAR: sistemik kazanılmış dayanıklılık örneğindeki gibi) da aktifleyebilmesinden dolayı infeksiyon noktasındaki lokal savunma tepkimelerinden genetik olarak farklıdır (Pitsili et al., 2020). Bitkilerde HR-otofaji bağlantısını ilk kez rapor eden Liu et al. (2005), otofajik gen *ATG* ortologu olan *BECLIN1* ile yaptığı çalışmada otofajik geni mutant bitki varyetelerinde patojen infeksiyonuna karşı HR-PCD'nin de sınırlandığını ortaya koymuştur. Bitkilerde hipersensitif reaksiyon üzerinde bir asırı aşkın süreden beri çalışılmasına rağmen, HR'yi düzenleyen moleküler mekanizmalar henüz tam olarak ortaya çıkarılamamış (Salguero-Linares & Coll, 2019), hemde bitki immünite kapsamında HR-ölümüyle ilgili otofajinin moleküler mekanizması da henüz netlik kazanmamıştır. Ancak otofajinin fizyolojisiyle ilgili birçok sonuçlar göstermektedir ki, otofajide yer alan proteolitik enzimlerin HR ölümlerini teşvik etmesinden dolayı bitkilerde ETI immünite kapsamında ele alınan HR otofajik bir olay olup programlı bir hücre ölüm şeklidir (Minina et al., 2014; Wu et al., 2014; Bozhkov, 2018). Sunulan derlemede, bitki hastalık gelişiminde ve patojenle teşvik edilen otolitik olmayan PCD ile bağlantılı HR tepkimeyi kontrol eden genel mekanizmaların fizyolojisi son gelişmelerle ele alınmıştır.

### Hücre ölüm çeşitleri

Morfolojik değişimlerle makroskobik olarak ortaya çıkan hücre ölümlerine ait isimlendirmeler hayvanlarda morfolojik, biyokimyasal ve fonksiyonel bir perspektiften ele alınarak 12 çeşit programlı hücre ölüm modalitesi tanımlanmıştır (Galluzzi et al., 2018). Ölü hücreler ile bunların parçalarının atık olduğu morfotiplerin atılma mekanizmalarına göre hayvansal hücre ölümü üç farklı sınıfta incelenmektedir; **1) apoptozis**, **2) otofaji**, **3) nekrozis** (Galluzzi et al., 2018). Buna göre **apoptozis**; sitoplazmada büzülme-çekilmeler, kromatinde yoğunlaşma-kümeleşme (piknozis), nüklear parçalanma (karyoreksis), plazma membranında kabarcıklanma, küçük yeni veziküllerin oluşumuyla sonuçlanan ki, bunlar genellikle apoptotik cisimcikler olup bu cisimciklerin fagositik aktiviteli komşu hücreler tarafından alınarak lizozomlar içinde parçalanmasıyla sonuçlanır, **otofaji**; sitoplazmada büyük vakuol benzeri yapıların oluşması ve fagositik olarak lizozomal parçalanmayla sonuçlanır, **nekrozis** ise yukarıda açıklanan diğer iki ölüm tipinin belirleyici özelliklerini göstermeyen, fagositik ve lizozomal aktivite olmaksızın hücre atıklarının uzaklaştırılmasıyla ortaya çıkar (Şekil 1).



**Şekil 1.** Hücre-içi veya -dışı uyarı üzerine gelişen ökaryotik hücre ölüm şekilleri (hayvan hücreleri esas alınmıştır).

**Figure 1.** Eukaryotic cell death types upon inter-cellular or intra-cellular stimulus (based on animal cells).

### Ökaryotik programlı hücre ölümleri arasındaki farklar

PCD sınıflandırılması aşağıdaki açıklamalarda görüleceği gibi genellikle sitolojik değişimlere dayalı morfo-değişimlerdir. Hayvanlarda en iyi bilinen programlı ölüm modaliteleri, apoptozis, nekroptozis, piroptozis ve benzerleri olup, apoptozis hücrenin normal gelişiminde anomali veya hasarlı DNA tespit edildiği zaman iç/dış sinyal molekülleriyle içsel yollardan aktif hale geçerken nekroptozis hücre dışı faktörlere bağlı hasarlar nedeniyle gelişen kontrolsüz hücre ölüm şeklidir ve patojen istilası sırasında apoptozisin engellendiği durumlarda patojenlere karşı gelişen sekonder ölümdür, piroptozis ise infeksiyöz organizmalara karşı gelişen primer bir hücre tepkisidir ve immün sistem aracılığıyla harekete geçer (Frank & Vince, 2019).

Hayvan hücrelerine kıyasla bitki hücrelerinin yapısı ve organizasyonları farklı olduğu için PCD sürecinde farklı özelliklere sahiptir. Hayvanlarda morfolojik kriterlere göre yukarıda açıklanan üç temel ölüm mekanizmasından apoptozis, bitkiler için uygun değildir çünkü bitkilerde dolaşımda fagositik hücreler yoktur. Ancak bitkilerde otofaji benzeri vakuolar hücre ölümleri ile nekrozis modelleri hayvan hücrelerine benzerlik göstermektedir (van Doorn et al., 2011). Yine bitki ETI-immüiteyle ilgili HR tipi hücre ölümü, hayvanlardaki nekroptosis ve piroptosisle karşılaştırıldığında ölüm şekli morfolojik, moleküler ve mekanizmalar benzerliği göstermektedir (Coll et al., 2011).

### Bitki PCD sınıflandırılması ve kriterleri

Programlı hücre ölüm süreci ilk olarak bitkilerde tanımlanmasına rağmen bitkilerde PCD olaylarının moleküler mekanizması, hayvansal organizmalara göre daha az bilinmektedir (Locato & Gara, 2018). van Doorn (2011), bitkilerdeki PCD sınıflandırılmasını detaylı olarak rapor etmiş ve bitkilerde programlı hücre ölümlerinin tanımlanmış kriterlerden ziyade belirleyici morfolojik kriterlere göre sınıflandırmanın daha doğru olduğunu bildirmiştir. Buna göre *in situ*'da bitki-PCD iki ana sınıfta ele alınır;

#### 1) otolitik PCD

- 1a) özel hücre tipine bağlı PCD
- 1b) bitki veya organ yaşlanmasına bağlı PCD
- 1c) abiyotik streslere bağlı PCD

#### 2) otolitik olmayan PCD

- 2a) Biyotik faktörlere bağlı PCD

**1) Otolitik PCD:** Tonoplastlarda yırtılmaların meydana gelmesinden sonra bütün sitoplazmanın ve bazen de hücre duvarının büyük bir kısmının hızla tasfiye edilmesiyle meydana gelen hücre ölümü otolitik-PCD'nin tipik özelliğidir, bitkilerin normal gelişim sürecinde ve abiyotik stresle ortaya çıkmaktadır (van Doorn, 2011; Valandro et al., 2020). Vakuol membranları yırtılınca sitoplazmaya salınan litik enzimler hücrenin içeriğini kimyasal olarak parçalayarak mekanik yıkımlara neden olmaktadır (Bozhkov, 2018). Bu tarz nekrotik hücre ölümleri hayvansal hücrelerle kıyaslanırsa otofajiye benzerlik göstermektedir. Kalsiyum iyonlarının hücreye giriş-çıkış akışında değişim, reaktif oksijen türlerinin (ROS) birikimi, sitoplazmanın asitleşmesi, DNA parçalanması, mitojenle-aktiflenen protein kinazların (MAPK; Mitogen-Activated Protein Kinases) tetiklenmesi gibi çeşitli hücresel sinyaller PCD'lerinin teşvik edilmesinde rol oynamaktadırlar (van Durme & Nowack, 2016).

Üç kategoride incelenen otolitik PCD'den birincisi angiospermelerde normal bitki gelişim sürecinde kaçınılmaz olup ksilem hücreleri, anter tapetum hücreleri ve kök uç hücreleri gibi özel hücre tiplerinin farklılaşma programı sonucunda hücre türüne özgü teşvik edilmektedir (Plackett et al., 2011; Bollhöner et al., 2012; Fendrych et al., 2014; van Hautegeem et al., 2015). İkincisi yaşam döngüsünü tamamlayacak olan bitkilerde ya bütün bitki düzeyinde veya dokularda organ yaşlanmasına bağlı-teşvik edilen otolitik PCD'dir (Thomas, 2013; van Hautegeem et al., 2015). Üçüncüsü ise aşırı UV-radyasyon, ısı ve ışık stresi, kuraklık, tuz stresi, ozon, herbisit vb maddelerin yarattığı kirlilik, yüksek miktarlarda ağır metaller gibi abiyotik stresler de otolitik PCD'ne neden olmaktadır (Petrov et al., 2015).

**2) Otolitik olmayan PCD:** Otolitik olmayan PCD ise çevresel faktörlere bağlı biyotik olarak gelişen PCD şeklidir ve patojenle teşvik edilen lokal hücre ölümleri ya da HR tepkimeleri kapsamaktadır (Wu et al., 2014). Bitki-patojen interaksyonları sırasında meydana gelen otolitik olmayan-PCD'inde bitki hücresinde tonoplast yırtılmaları olmakla beraber sitoplazma hemen tasfiye olmamakta ve vakuol benzeri oluşumlar artmaktadır (van Doorn, 2011). Otolitik PCD ve otolitik olmayan PCD tiplerinin morfolojik olarak hem benzerlikleri hemde farklılıkları vardır. Otolitik PCD'leri vakuolar hücre ölümleriyle karakterize edilirken, otolitik olmayan PCD'de ise hem nekrozis hem de vakuolar oluşumlar gibi özellikler ortaya çıkmaktadır (van Doorn et al., 2011).

### Bitkilerde PCD

Hayvan hücrelerinde bulunan PCD-iliği genler veya homologları bitki genomunda mevcut değildir (van Doorn, 2011). Bitkilerde programlı hücre ölümü, hem bitki gelişiminin ayrılmaz bir parçası olarak, hem de biyotik/abiyotik çevresel faktörlere tepkime reaksiyonu olarak meydana gelmektedir (Latrasse et al., 2016). Bitkilerde PCD genel olarak hipersensitif reaksiyonla özdeş olarak kullanılmakta, bazen bitkilerdeki HR tepkimesi memelilerdeki apoptozis yerine sınırlı bir kapsamda kullanılırken bazen de HR sınır çizilmeden genel olarak PCD yerine kullanılmaktadır. van Doorn (2011), bitkileri memeli hücre ölümleriyle kıyaslayarak, bitki HR tepkimelerini otofaji ve nekrotik hücre ölümleri içine dahil etmiştir. Bitkilerde apoptozis memelilerden oldukça farklıdır ve otofajiye en yakın form ise hipersensitif reaksiyondur (van Doorn, 2011). Bitki hücrelerinde ne apoptotik cisimcikler ne de fagositoza benzer aktivite bulunmamaktadır, otofaji ise sadece otofaji morfolojisiyle ilgilidir (van Doorn, 2011).

### Bitki PCD'de otofajinin rolü

Ele alınan makalede otofaji kelimesi biçimsel olarak hayvansal organizmalarda kullanılan anlamdan ziyade, tanısı yapılan morfolojik kriterlere uygunluk içinde "vakuolar hücre ölümleri"ni kapsayıcı şekilde kullanılmıştır.

Ökaryotik organizmaların biyotik/abiyotik strese adaptasyonunda önemli rollere sahip olan otofaji, önemli bir katabolik olaydır. Evrensel bir mekanizma olan otofaji, hücrenin "kendi-kendini yemesi" anlamındadır ve hasarlı/toksik atıkları ayrıştırarak uzaklaştırır böylece stres döneminde ya da hücrenin gelişim sürecinde hücreye geri-dönüşümle besin maddesi de sağlanmış olur (Li & Vierstra, 2012; Liu & Bassham, 2012). Bitkilerde ki otofajiye ait üç çeşit mekanizma tanımlanmıştır (van Doorn & Papini, 2013); **a)**

**mikrotofaji**, atık materyal bir miktar sitoplazmik içerikle beraber önce vakuol membranıyla çepeçevre sarılarak vakuol içine alınır ve burada vakuol hidrolazlarıyla ayrıştırılır. **b) makrotofaji**, sitoplazmada gerçekleşen çift membranlı organellerde ayrıştırma işlemi olup vakuolden ayrı olarak oluşan küçük tübül yapılar (endoplazmik retikulum benzeyen) çift membranlı ve litik enzimlere sahiptir. Atık materyal sitoplazmanın bir kısmıyla beraber tübül yapının içine alınır, ardından litik enzimlerle ayrıştırılır. Bu tübül yapılar giderek genişler ve vakuol benzeri yapıya dönüşür. **c) megaotofaji** bitkilerde görülen PCD'nin son aşamasıdır ve tonoplastların yırtılmasıyla sitoplazmaya geçen vakuolar hidrolazlar yardımıyla bütün sitoplazma tasviye edilir.

Otofaji biyolojik kapsama bağlı olarak bitkilerde hücre ölümlerini başlatan, baskılayan, düzenleyen özelliklere sahip olup, patojen infeksiyonuyla gelişen lokal hipersensitif tepkiyle ilgili hücre ölümlerinin başlatıcısı, terminal olarak farklılaşmış hücrelerde ise vakuolar hücre ölümlerinin sorumlusu ve yıkıcı nekrozların önleyicisi, ayrıca homeostatik ve yaşlanma karşıtı görevleriyle de otofajinin hücre ölümlerindeki rolleri analizi karmaşık hale getirmektedir (Minina et al., 2014).

### Bitki immünesinde programlı hücre ölümleri ve kontrolü

PCD her zaman bitkinin yarar sağlayacağı bir mekanizma olmayabilir. Kontrollü PCD ölüm şekli olan hipersensitif tepkinin aktiflenmesi biyotrof patojenlerin gelişimini sınırlar (Dickman & Figueiredo, 2013; Faris & Friesen, 2020). Çünkü biyotrof patojenler sağlıklı konukçu bitkiyi infekte ederek canlı hücreleri öldürmeden besin tedarik ederler, konukçunun immün sistemini kontrol altına almaya çalışırlar (Giraldo & Valent, 2013). Nekrotrofik patojenlerse sağlıklı konukçu bitkiyi infekte ederek canlı hücreleri/dokuları öldürürler ve besinlerini ölü materyalden temin ederler (Schulmeyer & Yahr, 2017). Bu nedenle HR tepkime nekrotrofik patojenlerin gelişimini teşvik edebilir (Dickman & Figueiredo, 2013; Faris & Friesen, 2020). Hemibiyotroflar da biyotroflara benzer şekilde infeksiyonun başlangıcında canlı hücreleri/dokuları öldürmeden infekte ederler ve infeksiyon bölgesine tamamen yerleştikten sonra nekrotrofik faza geçerler (Schulmeyer & Yahr, 2017).

Biyotrofik ve hemibiyotrofik patojenlerin HR'yi teşvik etmesiyle ilgili birçok çalışmalar bulunmaktadır (Bai et al., 2012; Liu et al., 2012; Chang et al., 2016). Biyotrofik ve hemibiyotrofik patojenlere karşı konukçu da gelişen HR tipi hücre ölümleri, nekrotrofların toksinleriyle mi veya bitkinin PCD genleriyle mi gelişmekte olduğu halen net olarak bilinmemektedir. Ancak nekrotrofik lezyonlar nekrotrofik patojenlerle PCD'nin aktif olarak kullanılması sonucunda geliştiği rapor edilmiştir (Kabbage et al., 2013). Bu grupta yer alan patojenlerin ürettiği toksinler ve efektör proteinler bitki PCD'ni teşvik etmektedir (Mengiste, 2012). Nekrotrofik patojenler salgıladıkları toksinler ve litik enzimlerle konukçu bitki hücrelerinde ölüme neden olsa da bu konuda yapılan çalışmalar nekrotrofik patojenlerin infekte ettiği hücreler de pasif ölümün gerçekleşmediğini göstermektedir (Zhou, 2016). Yani nekrotrofikler, bitkilerde PCD'yi teşvik ederek nekrotik lezyonlar oluşturmaktadır.

### Bitkilerde PCD'nin düzenlenmesi

Bitkilerde biyotik bir işaret algılanınca PCD'nin başlaması ve olayın yürütülmesinden sorumlu bir ağ mekanizmasının olması beklenir. Bu sinyalizasyon ağ sistem düzenleyicilerinin ya genlerin ifade edilmesi ya da transkripsiyonel/translasyonel düzenlemeyle çalıştığı varsayılabilir. Bitki PCD'nin ön hazırlığından sorumlu düzenleyiciler 2 grupta değerlendirilebilir; 1) enzim aracılı faktörler (proteazlar ve nükleazlar) 2) transkripsiyon faktörleri.

**1) Enzim Aracılı Faktörler (proteazlar ve nükleazlar);** HR hücre ölümlerinde önemli rollere sahip olan proteaz grubuna dahil 3 grup enzim mevcut olup bunlar **sistein proteazlar** (papain-benzeri sistein proteazlar (PLCP), vakuolar prosesleme enzimleri (VPE), metakaspazlar), **treonin proteazlar** (ubikutin-proteozomal sistem) ve **serin proteazlar** (subtilazlar olup iki örnek mevcuttur, bunlar da saspaz ve fitaspaz)'dır (Salguero-Linares & Coll, 2019). Bu enzimlerde aşağıda örneklendiği şekilde patojene ve bitki türüne bağlı olarak vakuol/sitoplazma/apoplastik boşlukta bulunmaktadır. Bitki temel immünesinde

eksojen bir patojen bitki hücresiyle ilk önce apoplastik boşluklarda karşılaştığı için genellikle HR'ye dahil olan proteaz grubu enzimler genel olarak apoplastik boşluklarda bulunmaktadır ve HR ölümüne aracılık etmektedir (Misas-Villamil et al., 2013; Misas-Villamil et al., 2016; Balakireva & Zamyatnin, 2018).

**Sistein Proteazlar (VPE'ler);** VPE'ler genel bir HR düzenleyicisi değildir (Salguero-Linares & Coll, 2019). Bir sistein proteaz grubundan olan VPE grubu enzimler, bitki vakuollerinde bulunan proteinlerin olgunlaşması ve aktiflenmesinden sorumludur (Hatsugai et al., 2015). Hızlı ve lokal hücre ölüm şekli olan HR ölümlerinde vakuollerin bozulmasıyla meydana gelen tonoplast yırtılmaları hidrolitik enzimleri açığa çıkarmakta ve hücre ölümlerine yardım etmektedir. Vakuollerde lokalize olan VPE'ler protein öncülleri olarak sentezlenmekte ve otokatalitik olarak aktif forma geçerek vakuol çöküntüsüne neden olmaktadır (Hatsugai et al., 2015). Soru "kendi-kendini aktifleme (otokatalize) nasıl kontrol edilmektedir" yani "geri-bildirim (feed-back) mekanizmasıyla mı çalışmaktadır, geri-bildirim nasıl çalışmaktadır" gibi sorular cevap beklemektedir. Nekrotrofik fungus *Fusarium moniliforme*'nin mısır bitkisinde ürettiği toksin fumonisin B1 ve bakteriyel elisitör harpin ile teşvik edilen HR-benzeri hücre ölümlerinde VPE'lere ihtiyaç duyulmakla beraber, fungal nep1 ve oomycetes boehmerin elisitörleri ile HR-benzeri ölümlerde VPE aktivitesi gerekli değildir (Kuroyanagi et al., 2005; Zhang et al., 2010). Soru "genel bir mekanizma olmayan VPE'ler hangi grup patojene ait sistemdir"?

**Sistein Proteazlar (PLCP'ler);** Zimojen olarak sentezlenen PLCP, apoplastlarda, vakuollerde ve lizozomlarda bulunur ve apoplastik boşluğa salgılanınca aktif hale geçerler (Zamyatnin, 2015; Salguero-Linares & Coll, 2019). PLCP grubunda yer alan cathepsin B olmadığında bitki-HR tepki de zarar görmektedir (Salguero-Linares & Coll, 2019).

**Sistein Proteazlar (Metakaspazlar MC);** MC enzimleriyle ilgili sonuçlar bitkilerde genellikle MC tekli geni kullanılarak elde edilmiş olup bütün metakaspazları kapsayıcı ve karşılaştırmalı çalışmalar yoktur. Hücresel lokalizasyonları da fonksiyonları da halen çalışılmaktadır. Hayvansal hücre apoptozisinin düzenlenmesinden sorumlu olan kilit konumundaki enzimler proteaz enzim ailesinden olan kaspaz (caspase)'lardır (Kumar et al., 1992; Yuan et al., 1993; Kumar et al., 1994; Salvesen et al., 2016; Ramirez & Salvesen, 2018; Grilo & Mantalaris, 2019). Bitkilerde, funguslarda ve protozoanlarda PCD için kaspazlar bulunmayıp kaspaz-benzeri proteazlar (veya metakaspazlar) benzer görevleri üstlenmişlerdir (Baskett, 2012; Lord & Gunawardena, 2012). Bitki metakaspaz enzimleri çeşitli çevresel biyotik/abiyotik faktörlere tepki geliştirmede önemli roller üstlenmişlerdir (Ahmad et al., 2012; Zhang et al., 2013; Coll et al., 2014; Wang & Zhang 2014; Balakireva et al., 2018; Yao et al., 2020). Bitkilerde yapısal düzen ve amino asit motif desenine göre iki tip metakaspaz geni bulunur; tip I metakaspazlar (*AtMC1-AtMC3*) ve tip II metakaspazlar (*AtMC4-AtMC9*)'dır (Balakireva & Zamyatnin, 2018). *Arabidopsis*'te tip I metakaspazlardan *AtMC1* ve *AtMC2* genleri HR-hücre ölümünü antagonistik olarak kontrol eder. *AtMC1* hücre ölümlerinde pozitif regülatör olarak çalışırken *AtMC2* ise negatif regülatör olarak çalışmaktadır (Coll et al., 2010). Tip II metakaspazlardan *AtMC4* biyotik ve abiyotik strese bağlı hücre ölümlerinin pozitif düzenleyicisi (Watanabe & Lam, 2011), *AtMC8* geni UV ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile teşvik edilen hücre ölümlerinde ihtiyaç duyulmakta (He et al., 2008), *AtMC9* geni de iletim demetleri hücre ölümlerinde işlevseldir (Bollhöner et al., 2013; Tsiatsiani et al., 2013). Çeşitli bitkilerde PCD'de önemli fonksiyonlara sahip olan metakaspazlardan bazıları; buğdayda *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* fungusuyla teşvik edilen hücre ölümlerinde *TaMCA4* geni çalışmaktadır (Wang et al., 2012), biber metakaspaz geni *Camc9* bitki savunma genlerinin ifade edilmesinde ve reaktif oksijen türleri (ROS: Reactive Oxygen Species) üretimiyle düzenlenen patojenle tetiklenen hücre ölümlerinin pozitif düzenleyicisi (Kim et al., 2013), Norveç çalı bitkisinde *mcll-Pa* geni ise hem vakuolar hücre ölümlerinin ilerlemesi hem de nekrozisin baskılanmasından sorumludur (Minina et al., 2013). Bitki metakaspaz enzimleri hayvansal kaspazlarla fonksiyonel benzerliğe sahip olup evrimsel olarak uzak akraba bağlantılıdır ve substrat özgüllüğü farklıdır (Sueldo & van der Hoorn, 2017). Sistein proteazlardan olan bitki metakaspazlar, sitoplazma/nükleus/apoplastlarda da bulunurlar, PCD ve RNA susturma görevleri üstlenmiştir (Balakireva & Zamyatnin, 2018). Bitkilerde metakaspaz-otofaji yolu genetik olarak baskılandığı zaman vakuolar PCD'de

baskılanmakta ancak nekrotik hücre ölümü teşvik edilmekte olup suspensor farklılaşması ve embriyonik blokaj başarısızlığa uğramaktadır (Minina et al., 2013). Metakaspazların sinyalizasyon yolları halen tam bilinmemektedir.

*Arabidopsis thaliana*'da tip I metakaspaz geni 9 adet, tip II metakaspaz geni 6 adet toplam 15 gen (AtMC geni) tanısı bulunmaktadır (Valandro et al., 2020). Biyoinformatik ve moleküler biyolojik çalışma sonuçlarına göre, *Arabidopsis thaliana*'nın *in vitro*'da *Fusarium*'dan fumonisin B1 toksini, nekrotrofik fungal patojen *Alternaria brassicicola* ve hemibiyotrofik bakteri *Pseudomonas syringae* pv *tomato*'ya karşı tip I metakaspaz geninin dokuzu da PCD'inde farklı düzeylerde farklı dokularda ifade edilmektedir (Kwon & Hwang, 2013).

**Treonin proteazlar (ubikuitin-proteazomal sistem);** düzenleyici küçük bir protein olan ubikuitin proteini hasarlı veya hücre için gereksiz olan proteinlere bağlanarak proteazomlarda (proteinlerden meydana gelen bir çok alt üniteye sahip kompleks bir yapı) hidrolitik yıkıma neden olurlar, ayrıca hücrenin gelişim programı ve stres tepkilerinde önemli rollere sahiptir (Sharma et al., 2016). Bitki proteazomu HR'nin pozitif düzenleyicisidir (Thomas & van der Hoorn, 2018). Bu proteazom içinde yer alan PBA1/β1 alt ünite bir treonin proteazdır, kaspas-3-benzeri aktiviteye sahiptir ve HR kapsamı içinde detaylı olarak çalışılmıştır (Hatsugai et al., 2009). Elde edilen sonuçlara göre, avirüent patojen infeksiyonu sırasında bitki hücrelerinin büyük santral vakuolü hücre membranıyla füzyona uğrar ve içeriğindeki antimikrobik protein/hidrolitik enzimleri bakterilerin geliştiği apoplastik boşluğa bırakılır ve böylece patojen gelişimi engellenmeye çalışılır. PBA1/β1 alt ünitesi zarar gören bitki varyetesinin HR gücü azalmakta veya avirüent patojene daha duyarlı hale gelmektedir. Sonuç olarak HR'ye dayalı PCD'leride engellenmiş olmaktadır. Proteazomun diğer alt üniteleri RPN1a ise mildiyö ve mildiyö-tetiklenen hücre ölümlerine karşı bitkinin dayanıklılığı için gereklidir, benzer şekilde RPT2a ve RPN8a alt ünitelerde meydana gelen bir kaos mildiyö dayanıklılığını ve mildiyö-tetiklenen hücre ölümlerini zayıflatmaktadır (Yao et al., 2012). Kısaca özetlenirse, biyotrof olan mildiyönün gelişimi HR'ye dayalı PCD'le teşvik edilen hücre ölümüyle sınırlandırılmaktadır, bu yolda işlevsel olan bitki aracı moleküllerinden biri zarar gördüğünde patojenin gelişimine de olanak sağlanmaktadır. O halde nekrotrofikler mi teşvik edilmektedir?

Bitkilerde hayvansal kaspaz benzeri aktiviteye sahip subtilisin-benzeri proteinlerin diğer ismi **subtilazlar** olup serin proteazlar grubuna dahildir ve bitkilerde HR kapsamında iki örneği bulunmaktadır saspazlar ve fitaspazlar olmak üzere (Salguero-Linares & Coll, 2019). **Saspazlar;** genetik veya biyokimyasal verileri henüz yeterli olmayan saspazlarla ilgili sınırlı örnekler mevcuttur. Saspazlar zimojen şeklinde inaktif formda sürekli olarak bulunan bir enzimdir ve PDC sırasında apoplastlara hareket etmektedir (Balakireva & Zamyatnin, 2018). Örneğin yulafta victoria yanıklığına neden olan nekrotrofik fungus *Cochliobolus victoriae*'dan salgılanan konukçuya özel victorin toksini bitkide HR-benzeri hücre ölümlerine neden olmaktadır. İlgili toksinin substratı Rubisco *in vitro*'da kloroplast membranını yırtılmasıyla parçalanmaktadır, bitkinin victorin duyarlılığında saspazlar Rubisco'nun parçalanmasına ve PCD'e öncülük etmektedir (Balakireva & Zamyatnin, 2018). Diğer subtilaz örneği StSBTc3 ise *Phytophthora infestans*'ın patates infeksiyonu sırasında apoplastlara yerleşmekte ve sürekli sentezlenmekte olup *in vitro* çalışmalarda PCD'ni ve sitoplazmada büzülme-çekilmeleri teşvik etmektedir (Fernández et al., 2012).

**Serin Proteazlar (Fitaspazlar); Fitaspazlar'** amino asit motif deseni saspazlardan farklı olup TMV-ile teşvik edilen PCD'de aktif olmaktadır (Chichkova et al., 2010). Fitaspazlar normal şartlarda sürekli olarak apoplastlarda aktif olarak mevcut olup PCD sırasında sitoplazmaya geçmektedir (Chichkova et al., 2012).

Genel olarak PCD ile ilgili proteaz örnekleri yukarıda açıklandığı şekilde bazı bitkilerde mevcut ancak özel olarak biyokimyasal, genetik, biyoinformatik veya kısaca "omics" kapsamında çalışmalar konuya netlik



kazandıracak düzeyde bulunmamaktadır. Dolayısıyla PCD'ni ilgilendiren kapsamlı genelleme yapmak veya mekanizmalar geliştirmek zorlaşmaktadır.

**Nükleazlar;** Nükleaz enzimleri, konukçu bitkinin amino asit katabolizmasıyla lokal PCD'ni kontrol etmekte (Domínguez et al., 2012; Moyano et al., 2018) ayrıca konukçuyu infekte eden patojeninde nükleik asitlerini katabolize edebilmektedirler (Sugawara et al., 2016; Gobert et al., 2021). Patateste *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CLso) tarafından neden olunan zebra chip hastalığıyla infekteli yumrulara nükleaz aktivitesi artmaktadır ve bu nükleazların aktivitesi HR'de rol oynayan CLso-ile teşvik edilen oksidatif stresle düzenlenmektedir (Kumar et al., 2022). Kofaktör olarak  $Zn^{+2}$ 'yi kullanan patates nükleazların aktivitesi,  $Zn^{+2}$ 'nin metalik  $Zn$ 'ye indirgenmesi sonucunda inhibe olmaktadır, böylece nükleazların aktivitesi hücrenin redoks potansiyelinden etkilenmektedir (Kumar et al., 2017). *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea*'nın avirü lent irki ile infekteli soya'da HR tepki sürecinde 45-50 kb büyüklüğünde tespit edilen DNA fragmentlerinin endonükleaz aktivitesiyle geliştiği bildirilmiştir (Levine et al., 1996). HR tepki sırasında gelişen sitosolik  $Ca^{+2}$  iyon artışı oksidatif patlamaya neden olmakta ve hücre ölümleri gelişmektedir. Dolayısıyla endonükleazların artışında  $Ca^{+2}$  bağlı olduğu için HR ölümlerinde DNA parçalanmaktadır (Moyano et al., 2020). Bakteriyel yanıklığa neden olan *Acidovorax avenae* ile infeksiyon sonrası çeltikte gen ifade seviyesi yükselen bir endonükleaz *IREN* (Immune-Related Endonuclease; Bağışıklıkla-İlgili Endonükleaz) geni HR hücre ölümleriyle ilgili DNA'nın parçalanmasından sorumludur (Kaneda et al., 2009). HR hücre ölümü sırasında, IREN nükleusa göç etmekte fakat HR tepkimenin hızını artırmamaktadır, yine de nüklear DNA'nın parçalanmasıyla hücre gelişiminde baskılanmaktadır (Ootsubo et al., 2016). TMV ve *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* ile infekteli tütün yapraklarında gelişen HR hücre ölüm sürecinde DNA yıkımları tespit edilmiş ancak mekanizması net olmamakla beraber bu hücre ölümleri deoksiribonükleaz aktivitesindeki artışla ilişkilendirilmiştir (Mittler et al., 1997). Bitkilerde endonükleazların PCD ile ilgili araştırmaları abiyotik faktörlerden elde edilmiş olup biyotik faktörlere dayalı çalışmalar daha azdır.

**2) Transkripsiyon Faktörleri;** Hayvansal organizmalarda genellikle PCD mekanizmasının transkripsiyon sonrası düzenlenmesi nedeniyle ilgili transkripsiyon regülatörleri yardımıyla hücre ölüm yolları hem teşvik edilmekte hem de baskılanmaktadır (Fuchs & Steller 2011; Zhai et al., 2012; Aubrey et al., 2018). Bitkiye-özgü en büyük transkripsiyon faktörleri ailesinden olan NAC (NAM, ATAF ve CUC) proteinleri, transkripsiyonun tekrar programlanmasından sorumludur (Nuruzzaman et al., 2010). Bitki NAC proteinleri bitkilerin hem gelişim döneminde, hem de biyotik/abiyotik stresle teşvik edilen PCD'yi düzenleyici özelliğe de sahiptirler (Ogata et al., 2012; Mendes et al., 2013; Yang et al., 2014; Zhang et al., 2014; Wang et al., 2017; Ogita et al., 2018; Yuan et al., 2019). Çeltikte HR hücre ölümleriyle bağlantılı olan OsNAC4 proteinin fonksiyonları detaylı olarak çalışılmış ve konukçuya özgü olmayan savunma tepkime sürecinde ilgili protein düzeyinde artış gözlenmiş, PCD karakteristik morfolojisiyle ilgili plazma membranının üniter yapısında kayıplar, nüklear DNA'nın parçalanması gibi sonuçlar ortaya çıkmıştır (Kaneda et al., 2009). Aynı çalışmada OsNAC4 geni zarar görmüş çeltikte, avirü lent bakteri *Acidovorax avenae* ırkına karşı ise HR ölüm tepkisi azalmıştır. *Arabidopsis*'te bulunan NAM proteinlerinden olan NAC4 proteini HR tepkimesinin pozitif düzenleyicisi olup, avirü lent *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*'nun mutant ırkına (NAC4'ün aşırı ifade edildiği ve miR164 susturulmuş mutant ırk) tepki olarak bitkide aşırı miktarda NAC4 nedeniyle HR-hücre ölüm belirtileri de artmıştır (Lee et al., 2017). *Arabidopsis*'te miR164, RNA grubundan moleküller olup bazı NAC transkripsiyon faktör genlerinin mRNA'sını parçalar ve NAC işlevine engel olur (Fang et al., 2014).

Bitkilerde ve hayvanlarda otofaji oksidatif stresle teşvik edildiği için (Pérez-Pérez et al., 2012; Filomeni et al., 2015) reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimi, otofaji ve PCD'nin düzenleyicisi olarak hareket edebilir, benzer şekilde PCD'e özgü yeni transkripsiyon düzenleyicilerinin keşfiyle bitki savunma reaksiyonlarında yeni mekanizmalar geliştirilebilir.

## SONUÇLAR VE GELECEKTEKİ BEKLENTİLER

Bitkilerde ofofaji-aracılı sinyalizasyon olaylarının daha iyi anlaşılması için birçok araştırma çalışmalarına ihtiyaç vardır. Bu derlemede bitki PCD-otofaji'nin karmaşık mimarisinin bitki immünesiyle bağlantısını kurmak amacıyla son gelişmeler kısaca gözden geçirilmiştir. Bitki immünesinin bileşenlerinden, bitki reseptörlerine, R-proteinlerine, patojen efektörlere, elisitörlere dayanarak hücre yüzeyinden nükleusa kadar biyotik sinyal yollarının bütün ana/ara yolları dahil ofofajiyle bağlantı yolları nelerdir? Cevap bekleyen bu gibi sorular ilerleyen zaman içinde özellikle bitki-patojen interaksyonlarında ofofajinin bileşenlerini ortaya çıkarmada önemli bilgiler sağlayacaktır. Bitki patosistemlerde ofofajinin immün yolculuğunun ortaya çıkarılması, bitki hastalık dayanıklılığına alternatif stratejilere öncülük edecek ve potansiyel uygulama alanlarının ortaya çıkışını da sağlayacaktır. Ele alınan makale kapsamında çıkarılabilecek dersler/sorular/beklentiler özetle;

1) Biotrofik organizmalar için bitkide HR'ye dayalı-otofaji daha uygun görünmekte olup nekrotrofik organizmaları teşvik edebilir.

2) Otofajiyle ilgili proteaz/nükleaz/RNaz gibi enzim aktiviteli aracı moleküller genellikle kofaktörle çalışırlar. Kofaktör ihtiyacı olan bu enzimlerin redoks potansiyelleri değiştirilerek ya bitkinin güç kazanması ya da patojen organizmaların bitki hücrelerini/proteazlarını/nükleazlarını hedefleyen enzimleri bloke edilerek bitki immünesine destek yolları tasarlanabilir mi?

3) Patojenlere ait PCD sistemini hedef alan metabolit araştırmalarıyla bitki korumaya yönelik yeni kimyasalların ortaya çıkarılması bitki biyoteknolojisinde önemli sonuçlar sunabilir.

4) Ürün verimini düşüren yabancı otlar için bazı farmasötik firmaları PCD ile araştırma çalışmaları yapmaktadırlar. Pestisid-üretim endüstrisi, yabancı otlarda PCD'de işlevsel proteinleri araştırmakta ve direkt bu moleküllere saldıran herbisitlerle yabancı otların programlı yok edilmesini hedeflemektedirler (B-Debate, 2013). Buradan elde edilecek pragmatik sonuçlar ileride patojenler için de tasarlanabilecektir. Ancak bitki PCD-otofaji'nin, biyotrof-nekrotroflarda gösterdiği zıt etkiye benzer şekilde yabancı otlar ile kültür bitkilerinde PCD-otofaji'nin etki mekanizması karşılaştırmalı olarak henüz bilinmemektedir. Bu yolla tasarlanan bir herbisid, kültür bitkisine de zarar verir mi? Henüz bilinmemektedir, PCD-otofaji ile ilgili edinilen sonuçlar sınırlı sayıda bazı kültür bitkileri ve *Arabidopsis*'e ait verilerdir.

Gelecek yıllarda yeni verilerle bu sorularda hem çeşitlenecek hemde yeni çözüm önerileri geliştirilecektir. İlgili makalede değerlendirildiği gibi, bitki PCD'nin immünesiye yönlendirilmesiyle ilgili araştırmalar yeni ortaya çıkarılmaktadır ve bu konu temel moleküler mekanizmaların ortaya çıkışını sağlayacak önemli ökaryotik bir sistem olarak gelecekte de yer alacaktır.

## KAYNAKLAR

- Ahmad, R., Y. Zuily-Fodil, C. Passaquet, O. Bethenod, R. Roche & A. Repellin, 2012. Ozone and aging up-regulated type II metacaspase gene expression and global metacaspase activity in the leaves of field-grown maize (*Zea mays* L.) plants. *Chemosphere*, 87 (7): 789-795. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.12.081>
- Aubrey, B.J., G.L. Kelly, A. Janic, M.J. Herold & A. Strasser, 2018. How does p53 induce apoptosis and how does this relate to p53-mediated tumour suppression? *Cell Death and Differentiation*, 25 (1): 104-113. <https://doi.org/10.1038/cdd.2017.169>
- B-Debate, 2013. International Center for Scientific Debate Barcelona (Web page. <https://www.bdebate.org/en/news/programmed-cell-death-plants-can-help-tackle-increased-food-needs>) (Date accessed: Mart 2022)
- Bai, S., J. Liu, C. Chang, L. Zhang, T. Maekawa, Q. Wang, W. Xiao, Y. Liu, J. Chai, F.L. Takken, P. Schulze-Lefert & Q.H. Shen, 2012. Structure-function analysis of barley NLR immune receptor MLA10 reveals its cell compartment specific activity in cell death and disease resistance. *PLoS pathogens*, 8 (6):e1002752. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1002752>

- Balakireva, A.V. & A.A. Zamyatnin, 2018. Indispensable role of proteases in plant innate immunity. *International Journal of Molecular Sciences*, 19 (2): 629. <https://doi.org/10.3390/ijms19020629>
- Balakireva, A.V., A.A. Deviatkin, V.G. Zgoda, M.I. Kartashov, N.S. Zhemchuzhina, V.G. Dzhavakhiya, A.V. Golovin & A.A. Zamyatnin, Jr., 2018. Proteomics analysis reveals that caspase-like and metacaspase-like activities are dispensable for activation of proteases involved in early to biotic stress in *Triticum aestivum* L. *International Journal of Molecular Sciences*, 19 (12): 3991. <https://doi.org/10.3390/ijms19123991>
- Balint-Kurti, P., 2019. The plant hypersensitive response: concepts, control and consequences. *Molecular Plant Pathology*, 20 (8): 1163-1178. <https://doi.org/10.1111/mpp.12821>
- Baskett, J.A., 2012. A type II metacaspase interacts with rps1-k-2 in soybean and analysis of the soybean metacaspase gene family. College of Agriculture and Life Sciences, Iowa State University, Thesis. Iowa, USA. 65 pp. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2011.02.009>
- Bernoux, M., T. Ve, S. Williams, C. Warren, D. Hatters, E. Valkov, X. Zhang, J.G. Ellis, B. Kobe & P.N. Dodds, 2011. Structural and functional analysis of a plant resistance protein TIR domain reveals interfaces for self-association, signaling, and autoregulation. *Cell Host & Microbe*, 9 (3): 200-211. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2011.02.009>
- Bollhöner, B., B. Zhang, S. Stael, N. Denance, K. Overmyer, D. Goffner, F. van Breusegem & H. Tuominen, 2013. Post mortem function of AtMC9 in xylem vessel elements. *The New Phytologist*, 200 (2): 498-510. <https://doi.org/10.1111/nph.12387>
- Bollhöner, B., J. Prestele & H. Tuominen, 2012. Xylem cell death: emerging understanding of regulation and function. *Journal of Experimental Botany*, 63 (3): 1081-1094. <https://doi.org/10.1093/jxb/err438>
- Bozhkov, P.V., 2018. Plant autophagy: mechanisms and functions. *Journal of Experimental Botany*, 69 (6): 1281–1285. <https://doi.org/10.1093/jxb/ery070>
- Chang, H.X., L.L. Domier, O. Radwan, C.R. Yendrek, M.E. Hudson & G.L. Hartman, 2016. Identification of multiple phytotoxins produced by *Fusarium virguliforme* including a phytotoxic effector (FvNIS1) associated with sudden death syndrome foliar symptoms. *Molecular plant-microbe interactions: MPMI*, 29 (2): 96-108. <https://doi.org/10.1094/MPMI-09-15-0219-R>
- Chichkova, N.V., A.I. Tuzhikov, M. Taliansky & A.B. Vartapetian, 2012. Plant phytaspases and animal caspases: structurally unrelated death proteases with a common role and specificity. *Physiologia Plantarum*, 145 (1): 77-84. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2011.01560.x>
- Chichkova, N.V., J. Shaw, R.A. Galiullina, G.E. Drury, A.I. Tuzhikov, S.H. Kim, M. Kalkum, T.B. Hong, E.N. Gorshkova, L. Torrance, A.B. Vartapetian & M. Taliansky, 2010. Phytaspase, a relocatable cell death promoting plant protease with protease with caspase specificity. *The EMBO Journal*, 29 (6): 1149-1161. <https://doi.org/10.1038/emboj.2010.1>
- Coll, N.S., A. Smidler, M. Puigvert, C. Popa, M. Valls & J.L. Dangl, 2014. The plant metacaspase AtMC1 in pathogen-triggered programmed cell death and aging: functional linkage with autophagy. *Cell death and differentiation*, 21 (9): 1399-1408. <https://doi.org/10.1038/cdd.2014.50>
- Coll, N.S., D. Vercammen, A. Smidler, C. Clover, F. van Breusegem, J.L. Dangl & P. Epple, 2010. Arabidopsis type I metacaspases control cell death. *Science*, 330 (6009):1393-1397. <https://doi.org/10.1126/science.1194980>
- Coll, N.S., P. Epple & J.L. Dangl, 2011. Programmed cell death in the plant immune system. *Cell Death and Differentiation*, 18 (8): 1247-1256. <https://doi.org/10.1038/cdd.2011.37>
- Daskalov, A., B. Habenstein, R. Sabaté, M. Berbon, D. Martinez, S. Chaignepain, B. Couлары-Salin, K. Hofmann, A. Loquet & S.J. Saupe, 2016. Identification of a novel cell death-inducing domain reveals that fungal amyloid-controlled programmed cell death is related to necroptosis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113 (10): 2720-2725. <https://doi.org/10.1073/pnas.1522361113>
- Daskalov, A., J. Heller, S. Herzog, A. Fleißner & N.L. Glass, 2017. Molecular mechanisms regulating cell fusion and heterokaryon formation in filamentous fungi. *Microbiology Spectrum*, 5 (2): FUNK0015-2016. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.FUNK-0015-2016>
- Dickman, M.B. & P. de Figueiredo, 2013. Death be not proud-cell death control in plant fungal interactions. *PLoS Pathogens*, 9 (9): e1003542. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1003542>
- Domínguez, F., J. Moreno & F.J. Cejudo, 2012. The scutellum of germinated wheat grains undergoes programmed cell death: identification of an acidic nuclease involved in nucleus dismantling. *Journal of Experimental Botany*, 63 (15): 5475-5485. <https://doi.org/10.1093/jxb/ers199>
- Fang, Y., K. Xie & L. Xiong, 2014. Conserved miR164-targeted NAC genes negatively regulate drought resistance in rice. *Journal of Experimental Botany*, 65 (8): 2119-2135. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru072>

- Faris, J.D. & T.L. Friesen, 2020. Plant genes hijacked by necrotrophic fungal pathogens. *Current Opinion in Plant Biology*, 56: 74-80. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2020.04.003>
- Fendrych, M., T. van Hautegeem, M. van Durme, Y. Olvera-Carrillo, M. Huysmans, M. Karimi, S. Lippens, C.J. Guérin, M. Krebs, K. Schumacker & M.K. Nowack, 2014. Programmed cell death controlled by ANAC033/SOMBRERO determines root cap organ size in *Arabidopsis*. *Current Biology*, 24 (9): 931-940. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.03.025>
- Fernández, M.B., G.R. Daleo & M.G. Guevara, 2012. DEVDase activity is induced in potato leaves during *Phytophthora infestans* infection. *Plant Physiology and Biochemistry*, 61: 197-203. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.10.007>
- Filomeni, G., D. De Zio & F. Cecconi, 2015. Oxidative stress and autophagy: the clash between damage and metabolic needs. *Cell Death & Differentiation*, 22 (3): 377-388. <https://doi.org/10.1038/cdd.2014.150>
- Frank, D. & J.E. Vince, 2019. Pyroptosis versus necroptosis: similarities, differences, and crosstalk. *Cell Death and Differentiation*, 26 (1): 99-114. <https://doi.org/10.1038/s41418-018-0212-6>
- Fuchs, Y. & H. Steller, 2011. Programmed cell death in animal development and disease. *Cell*, 147 (4): 742-758. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2011.10.033>
- Galluzzi, L., I. Vitale, S.A. Aaronson, J.M. Abrams, D. Adam, P. Agostinis, E.S. Alnemri, L. Altucci, I. Amelio, D.W. Andrews, M. Annicchiarico-Petruzzelli, A.V. Antonov, E. Arama, E.H. Baehrecke, N.A. Barlev, N.G. Bazan, F. Bernassola, M.J.M. Bertrand, K. Bianchi, M.V. Blagosklonny, K. Blomgren, C. Borner, P. Boya, C. Brenner, M. Campanella, E. Candi, D. Carmona-Gutierrez, F. Cecconi, F.K. Chan, N.S. Chandel, E.H. Cheng, J.E. Chipuk, J.A. Cidlowski, A. Ciechanover, G.M. Cohen, M. Conrad, J.R. Cubillos-Ruiz, P.E. Czabotar, V. D'Angiolella, T.M. Dawson, V.L. Dawson, V. De Laurenzi, R. De Maria, K.M. Debatin, R.J. DeBerardinis, M. Deshmukh, N. Di Daniele, F. Di Virgilio, V.M. Dixit, S.J. Dixon, C.S. Duckett, B.D. Dynlacht, W.S. El-Deiry, J.W. Elrod, G.M. Fimia, S. Fulda, A.J. García-Sáez, A.D. Garg, C. Garrido, E. Gavathiotis, P. Golstein, E. Gottlieb, D.R. Green, L.A. Greene, H. Gronemeyer, A. Gross, G. Hajnoczky, J.M. Hardwick, I.S. Harris, M.O. Hengartner, C. Hetz, H. Ichijo, M. Jäättelä, B. Joseph, P.J. Jost, P.P. Juin, W.J. Kaiser, M. Karin, T. Kauffmann, O. Kepp, A. Kimchi, R.N. Kitsis, D.J. Klionsky, R.A. Knight, S. Kumar, S.W. Lee, J.J. Lemasters, B. Levine, A. Linkermann, S.A. Lipton, R.A. Lockshin, C. López-Otín, S.W. Lowe, T. Luedde, E. Lugli, M. MacFarlane, F. Madeo, M. Malewicz, W. Malorni, G. Manic, J.C. Marine, S.J. Martin, J.C. Martinou, J.P. Medema, P. Mehlen, P. Meier, S. Melino, E.A. Miao, J.D. Molkentin, U.M. Moll, C. Muñoz-Pinedo, S. Nagata, G. Nuñez, A. Oberst, M. Oren, M. Overholtzer, M. Pagano, T. Panaretakis, M. Pasparakis, J.M. Penninger, D.M. Pereira, S. Pervaiz, M.E. Peter, M. Piacentini, P. Pinton, J.H.M. Prehn, H. Puthalakath, G.A. Rabinovic, M. Rehm, R. Rizzuto, C.M.P. Rodriguez, D.C. Rubinsztein, T. Rudel, K.M. Ryan, E. Sayan, L. Scorrano, F. Shao, Y. Shi, J. Silke, H.U. Simon, A. Sistigu, B.R. Stockwell, A. Strasser, G. Szabadkai, S.W.G. Tait, D. Tang, N. Tavernarakis, A. Thorburn, Y. Tsujimoto, B. Turk, T. Vanden Berghe, P. Vandenabeele, M.G. Vander Heiden, A. Villunger, H.W. Virgin, K.H. Vousden, D. Vucic, E.F. Wagner, H. Walczak, D. Wallach, Y. Wang, J.A. Wells, W. Wood, J. Yuan, Z. Zakeri, B. Zhivotovsky, L. Zitvogel, G. Melino & G. Kroemer, 2018. Molecular mechanisms of cell death: recommendations of the nomenclature committee on cell death. *Cell Death & Differentiation*, 25 (3): 486-541. <https://doi.org/10.1038/s41418-017-0012-4>
- Giraldo, M.C. & B. Valent, 2013. Filamentous plant pathogen effectors in action. *Nature Reviews Microbiology*, 11 (11): 800-814. <https://doi.org/10.1038/nrmicro3119>
- Gobert, A., Y. Quan, M. Arrivé, F. Waltz, N. Da Silva, L. Jomat, M. Cohen, I. Jupin & P. Giegé, 2021. Towards plant resistance to viruses using protein-only RNase P. *Nature Communications*, 12 (1): 1007. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21338-6>
- Gonçalves, A.P., J. Heller, A. Daskalov, A. Videira & N.L. Glass, 2017. Regulated forms of cell death in fungi. *Frontiers in Microbiology*, 8: 1837. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01837>
- Grilo, A.L. & A. Mantalaris, 2019. Apoptosis: A mammalian cell bioprocessing perspective. *Biotechnology Advances*, 37 (3): 459-475. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2019.02.012>
- Hatsugai, N., K. Yamada, S. Goto-Yamada & I. Hara-Nishimura, 2015. Vasculature processing enzyme in plant programmed cell death. *Frontiers in Plant Science*, 6: 234. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00234>
- Hatsugai, N., S. Iwasaki, K. Tamura, M. Kondo, K. Fuji, K. Ogasawara, M. Nishimura & I. Hara-Nishimura, 2009. A novel membrane fusion-mediated plant immunity against bacterial pathogens. *Genes & Development*, 23 (21): 2496-2506. <https://doi.org/10.1101/gad.1825209>
- Hauenstein, A.V., L. Zhang & H. Wu, 2015. The hierarchical structural architecture of inflammasomes, supramolecular inflammatory machines. *Current Opinion in Structural Biology*, 31: 75-83. <https://doi.org/10.1016/j.sbi.2015.03.014>

- He, R., G.E. Drury, V.I. Rotari, A. Gordon, M. Willer, T. Farzaneh, E.J. Woltering & P. Gallois, 2008. Metacaspase-8 modulates programmed cell death induced by ultraviolet light and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in *Arabidopsis*. The Journal of Biological Chemistry, 283 (2): 774-783. <https://doi.org/10.1074/jbc.M704185200>
- Kabbage, M., B. Williams & M.B. Dickman, 2013. Cell death control: the interplay of apoptosis and autophagy in the pathogenicity of *Sclerotinia sclerotiorum*. PLoS Pathogens, 9 (4):e1003287. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1003287>
- Kaneda, T., Y. Taga, R. Takai, M. Iwano, H. Matsui, S. Takayama, A. Isogai & F.S. Che, 2009. The transcription factor OsNAC4 is a key positive regulator of plant hypersensitive cell death. The EMBO Journal, 28 (7): 926-936. <https://doi.org/10.1038/emboj.2009.39>
- Kim, S.M., C. Bae, S.K. Oh, & D. Choi, 2013. A pepper (*Capsicum annuum* L.) metacaspase 9 (*Camc9*) plays a role in pathogen-induced cell death in plants. Molecular Plant Pathology, 14 (6): 557-566. <https://doi.org/10.1111/mpp.12027>
- Kumar, G.N.M., C.G. Kannangara & N.R. Knowles, 2022. Nucleases are upregulated in potato tubers afflicted with zebra chip disease. Planta, 255 (3): 54. <https://doi.org/10.1007/s00425-022-03832-3>
- Kumar, G.N.M., L.O. Knowles & N.R. Knowles, 2017. Zebra chip disease enhances respiration and oxidative stress of potato tubers (*Solanum tuberosum* L.). Planta, 246 (4): 625-639. <https://doi.org/10.1007/s00425-017-2714-8>
- Kumar, S., M. Kinoshita, M. Noda, N.G. Copeland & N.A. Jenkins, 1994. Induction of apoptosis by the mouse Nedd2 gene, which encodes a protein similar to the product of the *Caenorhabditis elegans* cell death gene ced-3 and the mammalian IL-1 beta-converting enzyme. Genes and Development, 8 (14): 1613-1626. <https://doi.org/10.1101/gad.8.14.1613>
- Kumar, S., Y. Tomooka & M. Noda, 1992. Identification of a set of genes with developmentally down-regulated expression in the mouse brain. Biochemical and Biophysical Research Communications, 182 (3): 1155-1161. [https://doi.org/10.1016/0006-291x\(92\)91747-e](https://doi.org/10.1016/0006-291x(92)91747-e)
- Kuroyanagi, M., K. Yamada, N. Hatsugai, M. Kondo, M. Nishimura & I. Hara-Nishimura, 2005. Vacuolar processing enzyme is essential for mycotoxin-induced cell death in *Arabidopsis thaliana*. The Journal of Biological Chemistry, 280 (38): 32914-32920. <https://doi.org/10.1074/jbc.M504476200>
- Kwon, S.I. & D.J. Hwang, 2013. Expression analysis of the metacaspase gene family in *Arabidopsis*. Journal of Plant Biology, 56 (6): 391-398. <https://doi.org/10.1007/s12374-013-0290-4>
- Latrasse, D., M. Benhamed, C. Bergounioux, C. Raynaud & M. Delarue, 2016. Plant programmed cell death from a chromatin point of view. Journal of Experimental Botany, 67 (20): 5887-5900. <https://doi.org/10.1093/jxb/erw329>
- Lee, M.H., H.S. Jeon, H.G. Kim & O.K. Park, 2017. An *Arabidopsis* NAC transcription factor NAC4 promotes pathogen-induced cell death under negative regulation by microRNA164. The New Phytologist, 214 (1): 343-360. <https://doi.org/10.1111/nph.14371>
- Levine, A., R.I. Pennell, M.E. Alvarez, R. Palmer & C. Lamb, 1996. Calcium-mediated apoptosis in a plant hypersensitive disease resistance response. Current Biology, 6 (4): 427-437. [https://doi.org/10.1016/s0960-9822\(02\)00510-9](https://doi.org/10.1016/s0960-9822(02)00510-9)
- Li, F. & R.D. Vierstra, 2012. Autophagy: a multifaceted intracellular system for bulk and selective recycling. Trends in Plant Sciences, 17 (9): 526-537. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2012.05.006>
- Liu, Y. & D.C. Bassham, 2012. Autophagy: pathways for self-eating in plant cells. Annual Review of Plant Biology, 63: 215-237. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042811-105441>
- Liu, Y., M. Schiff, K. Czymmek, Z. Tallóczy, B. Levine & S.P. Dinesh-Kumar, 2005. Autophagy regulates programmed cell death during the plant innate immune response. Cell, 121 (4): 567-577. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2005.03.007>
- Liu, Z., Z. Zhang, J.D. Faris, R.P. Oliver, R. Syme, M.C. McDonald, B.A. McDonald, P.S. Solomon, S. Lu, W.L. Shelver, S. Xu & T.L. Friesen, 2012. The cysteine rich necrotrophic effector SnTox1 produced by *Stagonospora nodorum* triggers susceptibility of wheat lines harboring Snn1. PLoS pathogens, 8 (1):e1002467. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1002467>
- Locato, V. & L. De Gara, 2018. "Programmed Cell Death in Plants: An Overview, 1-8". In: Programmed Cell Death Methods and Protocol, 1st ed. (Ed: De Gara L, Locato V.) Vol. 1743. Humana Press, New York, NY, 198 pp. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7668-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7668-3_1)
- Lord, C.E. & A.H. Gunawardena, 2012. Programmed cell death in *C. elegans*, mammals and plants. European journal of cell biology, 91 (8): 603-613. <https://doi.org/10.1016/j.ejcb.2012.02.002>

- Mendes, G.C., P.A. Reis, I.P. Calil, H.H. Carvalho, F.J. Aragao & E.P. Fontes, 2013. GmNAC30 and GmNAC81 integrate the endoplasmic reticulum stress- and osmotic stress-induced cell death responses through a vacuolar processing enzyme. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110 (48): 19627-19632. <https://doi.org/10.1073/pnas.1311729110>
- Mengiste, T., 2012. Plant Immunity to necrotrophs. *Annual Review of Phytopathology*, 50: 267-294. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-081211-172955>
- Minina, E.A., L.H. Filonova, K. Fukada, E.I. Savenkov, V. Gogvadze, D. Clapham, V. Sanchez-Vera M.F. Suarez, B. Zhivotovsky, G. Daniel, A. Smertenko & P.V. Bozhkov, 2013. Autophagy and metacaspase determine the mode of cell death in plants. *The Journal of Cell Biology*, 203 (6):917–927. <https://doi.org/10.1083/jcb.201307082>
- Minina, E.A., P.V. Bozhkov & D. Hofius, 2014. Autophagy as initiator or executioner of cell death. *Trends in Plant Science*, 19 (11): 692-697. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2014.07.007>
- Misas-Villamil, J.C., G. Toenges, I. Kolodziejek, A.M. Sadaghiani, F. Kaschani, T. Colby, M. Bogyo & R.A. van der Hoorn, 2013. Activity profiling of vacuolar processing enzymes reveals a role for VPE during oomycete infection. *The Plant Journal*, 73 (4): 689-700. <https://doi.org/10.1111/tj.12062>
- Misas-Villamil, J.C., R.A. van der Hoorn & G. Doehlemann, 2016. Papain-like cysteine proteases as hubs in plant immunity. *The New Phytologist*, 212 (4): 902-907. <https://doi.org/10.1111/nph.14117>
- Mittler R., L. Simon & E. Lam, 1997. Pathogen-induced programmed cell death in tobacco. *Journal of Cell Sciences*, 110 (11): 13333-1344. <https://doi.org/10.1242/jcs.110.11.1333>
- Moyano, L., M.D. Correa, L.C. Favre, F.S. Rodríguez, S. Maldonado & M.P. López-Fernández, 2018. Activation of nucleases, PCD and mobilization of reserves in *Araucaria angustifolia* megagametophyte during germination. *Frontiers of Plant Science*, 9: 1275. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01275>
- Moyano, L., M.P. López-Fernández, A. Carrau, J.M. Nannini, S. Petrocelli, E.G. Orellano & S. Maldonado, 2020. Red light delays programmed cell death in non-host interaction between *Pseudomonas syringae* pv *tomato* DC3000 and tobacco plants. *Plant Science: an international journal of experimental plant biology*, 291: 110361. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110361>
- Nanson, J.D., B. Kobe & T. Ve, 2019. Death, TIR, and RHIM: Self-assembling domains involved in innate immunity and cell-death signaling. *Journal of Leukocyte Biology*, 105 (2): 363-375. <https://doi.org/10.1002/JLB.MR0318-123R>
- Nirmala, J.G. & M. Lopus, 2020. Cell death mechanisms in eukaryotes. *Cell Biology and Toxicology*, 36 (2): 145-164. <https://doi.org/10.1007/s10565-019-09496-2>
- Nuruzzaman, M., R. Manimekalai, A.M. Sharoni, K. Satoh, H. Kondoh, H. Ooka & S. Kikuchi, 2010. Genome-wide analysis of NAC transcription factor family in rice. *Gene*, 465 (1-2): 30-44. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2010.06.008>
- Ogata, T., Y. Kida, T. Arai, Y. Kishi, Y. Manago, M. Murai & Y. Matsushita, 2012. Overexpression of tobacco ethylene response factor NERF3 gene and its homologues from tobacco and rice induces hypersensitive response-like cell death in tobacco. *Journal of General Plant Pathology*, 78 (1): 8-17. <https://doi.org/10.1007/s10327-011-0355-5>
- Ogita, N., Y. Okushima, M. Tokizawa, Y.Y. Yamamoto, M. Tanaka, M. Seki, Y. Makita, M. Matsui, K. Okamoto-Yoshiyama, T. Sakamoto, T. Kurata, K. Hiruma, Y. Saijo, N. Takahashi & M. Umeda, 2018. Identifying the target genes of SUPPRESSOR OF GAMMA RESPONSE 1, a master transcription factor controlling DNA damage response in Arabidopsis. *The Plant Journal: for cell and molecular biology*, 94 (3): 439-453. <https://doi.org/10.1111/tj.13866>
- Ootsubo, Y., T. Hibino, T. Wakazono, Y. Mukai & F.S. Che, 2016. IREN, a novel EF-hand motif-containing nuclease functions in the degradation of nuclear DNA during hypersensitive response cell death in rice. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 80 (4): 748-760. <https://doi.org/10.1080/09168451.2015.1123610>
- Paoletti, M, 2016. Vegetative incompatibility in fungi: from recognition to cell death, whatever does the trick. *Fungal Biology Reviews*, 30 (4): 152-162. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2016.08.002>
- Paoletti, M. & C. Clavé, 2007. The fungus-specific HET domain mediates programmed cell death in *Podospora anserina*. *Eukaryotic Cell*, 6 (11): 2001-2008. <https://doi.org/10.1128/EC.00129-07>
- Pérez-Pérez, M.E., S.D. Lemaire, S.D. & J.L. Crespo, 2012. Reactive oxygen species and autophagy in plants and algae. *Plant Physiology*, 160 (1): 156-164. <https://doi.org/10.1104/pp.112.199992>
- Petrov, V., J. Hille, B. Mueller-Roeber & T.S. Gechev, 2015. ROS-mediated abiotic stress-induced programmed cell death in plants. *Frontiers in Plant Science*, 6: 69. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00069>

- Pitsili, E., U.J. Phukan & N.S. Coll, 2020. Cell Death in Plant Immunity. Cold Spring Harbor Perspectives in Biology, 12 (6): a036483. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a036483>
- Plackett, A.R., S.G. Thomas, Z.A. Wilson & P. Hedden, 2011. Gibberelin control of stamen development: a fertile field. Trends in Plant Science, 16: (10): 568-578. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2011.06.007>
- Ramirez, M. & G.S. Salvesen, 2018. A primer on caspase mechanisms. Seminars in cell & developmental biology, 82: 79–85. <https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2018.01.002>
- Salguero-Linares, J. & N.S. Coll, 2019. Plant proteases in the control of the hypersensitive response. Journal of Experimental Botany, 70 (7): 2087-2095. <https://doi.org/10.1093/jxb/erz030>
- Salvesen, G.S., A. Hempel & N.S. Coll, 2016. Protease signaling in animal and plant-regulated cell death. The FEBS journal, 283 (14): 2577–2598. <https://doi.org/10.1111/febs.13616>
- Schulmeyer, K.H. & T.L. Yahr, 2017. Post-transcriptional regulation of type III secretion in plant and animal pathogens. Current Opinion in Microbiology, 36: 30-36. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2017.01.009>
- Sharma, B., D. Joshi, P.K. Yadav, A.K. Gupta & T.K. Bhatt, 2016. Role of Ubiquitin-Mediated Degradation System in Plant Biology. Frontiers in Plant Sciences, 7: 806. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00806>
- Sueldo, D.J. & R. van der Hoorn, 2017. Plant life needs cell death, but does plant cell death need Cys proteases?. The FEBS Journal, 284 (10): 1577-1585. <https://doi.org/10.1111/febs.14034>
- Sugawara, T., E.A. Trifonova, A.V. Kochetov & Y. Kanayama, 2016. Expression of an extracellular ribonuclease gene increases resistance to Cucumber mosaic virus in tobacco. BMC Plant Biology, 16 (Suppl 3): 246. <https://doi.org/10.1186/s12870-016-0928-8>
- Thomas, E.L. & R. van der Hoorn, 2018. Ten Prominent Host Proteases in Plant-Pathogen Interactions. International Journal of Molecular Sciences, 19 (2): 639. <https://doi.org/10.3390/ijms19020639>
- Thomas, H., 2013. Senescence, ageing and death of the whole plant. The New Phytologist, 197 (3): 696-711. <https://doi.org/10.1111/nph.12047>
- Tsiatsiani, L., E. Timmerman, P.J. De Bock, D. Vercammen, S. Stael, B. van de Cotte, A. Staes, M. Goethals, T. Beunens, P. van Damme, K. Gevaert & F. van Breusegem, 2013. The *Arabidopsis* metacaspase9 degradome. The Plant Cell, 25 (8): 2831-2847. <https://doi.org/10.1105/tpc.113.115287>
- Urbach, J.M. & F.M. Ausubel, 2017. The NBS-LRR architectures of plant R-proteins and metazoan NLRs evolved in independent events. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 114 (5): 1063-1068. <https://doi.org/10.1073/pnas.1619730114>
- Valandro, F., P.K. Menguer, C. Cabreira-Cagliari, M. Margis-Pinheiro & A. Cagliari, 2020. Programmed cell death (PCD) control in plants: New insights from the *Arabidopsis thaliana* deathosome. Plant Science: an international journal of experimental plant biology, 299: 110603. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110603>
- van Doorn W.G. & A. Papini, 2013. Ultrastructure of autophagy in plant cells: a review. Autophagy, 9 (12): 1922-1936. <https://doi.org/10.4161/auto.26275>
- van Doorn W.G., 2011. Classes of programmed cell death in plants, compared to those in animals. Journal of Experimental Botany, 62 (14): 4749-4761. <https://doi.org/10.1093/jxb/err196>
- van Doorn, W.G., E.P. Beers, J.L. Dangl, V.E. Franklin-Tong, P. Gallois, I. Hara-Nishimura, A.M. Jones, M. Kawai-Yamada, E. Lam, J. Mundy, L.A. Mur, M. Petersen, A. Smertenko, M. Taliany, F. van Breusegem, T. Wolpert, E. Woltering, B. Zhivotovsky & P.V. Bozhkov, 2011. Morphological classification of plant cell deaths. Cell Death and Differentiation, 18 (8): 1241-1246. <https://doi.org/10.1038/cdd.2011.36>
- van Durme, M. & M.K. Nowack, 2016. Mechanisms of developmentally controlled cell death in plants. Current Opinion in Plant Biology, 29: 29-37. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2015.10.013>
- van Hautegeem, T., A.J. Waters, J. Goodrich & M.K. Nowack, 2015. Only in dying, life: programmed cell death during plant development. Trends in Plant Science, 20 (2): 102-113. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2014.10.003>
- Ve, T., P.R. Vajjhala, A. Hedger, T. Croll, F. DiMaio, S. Horsefield, X. Yu, P. Lavrencic, Z. Hassan, G.P. Morgan, A. Mansell, M. Mobli, A. O'Carroll, B. Chauvin, Y. Gambin, E. Sieracki, M.J. Landsberg, K.J. Stacey, E.H. Egelman & B. Kobe, 2017. Structural basis of TIR-domain-assembly formation in MAL- and MyD88-dependent TLR4 signaling. Nature Structural & Molecular Biology, 24 (9): 743-751. <https://doi.org/10.1038/nsmb.3444>
- Wang, L. & H. Zhang, 2014. Genomewide survey and characterization of metacaspase gene family in rice (*Oryza sativa*). Journal of Genetics, 93 (1): 93-102. <https://doi.org/10.1007/s12041-014-0343-6>
- Wang, X., R. Guo, M. Tu, D. Wang, C. Guo, R. Wan, Z. Li & X. Wang, 2017. Ectopic expression of the wild grape WRKY transcription factor VqWRKY52 in *Arabidopsis thaliana* enhances resistance to the biotrophic pathogen powdery mildew but not to the necrotrophic pathogen *Botrytis cinerea*. Frontiers in Plant Sciences, 8: 97. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00097>

- Wang, X., X. Wang, H. Feng, C. Tang, P. Bai, G. Wei, L. Huang & Z. Kang, 2012. *TaMCA4*, a novel wheat metacaspase gene functions in programmed cell death induced by the fungal pathogen *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. *Molecular plant-microbe interactions: MPMI*, 25 (6): 755-764. <https://doi.org/10.1094/MPMI-11-11-0283-R>
- Watanabe, N. & E. Lam, 2011. Arabidopsis metacaspase 2d is positive mediator of cell death induced during biotic and abiotic stresses. *The Plant Journal*, 66 (6): 969-982. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2011.04554.x>
- Williams, S.J., K.H. Sohn, L. Wan, M. Bernoux, P.F. Sarris, C. Segonzac, T. Ve, Y. Ma, S.B. Saucet, D.J. Ericsson, L.W. Casey, T. Lonhienne, D.J. Winzor, X. Zhang, A. Coerd, J.E. Parker, P.N. Dodds, B. Kobe & J.D. Jones, 2014. Structural basis for assembly and function of a heterodimeric plant immune receptor. *Science*, 344 (6181): 299-303. <https://doi.org/10.1126/science.1247357>
- Wu, L., H. Chen, C. Curtis & Z.Q. Fu, 2014. Go in for the kill: How plants deploy effector-triggered immunity to combat pathogens. (Corrected). *Virulence*, 5 (7): 710-721. <https://doi.org/10.4161/viru.29755>
- Yang, Z.T., M.J. Wang, L. Sun, S.J. Lu, D.L. Bi, L. Sun, Z.T. Song, S.S. Zhang, S.F. Zhou & J.X. Liu, 2014. The membrane-associated transcription factor NAC089 controls ER-stress-induced programmed cell death in plants. *PLoS Genetics*, 10 (3): e1004243. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1004243>
- Yao, C., Y. Wu, H. Nie & D. Tang, 2012. RPN1a, a 26S proteasome subunit, is required for innate immunity in Arabidopsis. *The Plant Journal*, 71 (6): 1015-1028. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2012.05048.x>
- Yao, S., S. Luo, C. Pan, W. Xiong, D. Xiao, A. Wang, J. Zhan & L. He, 2020. Metacaspase MC1 enhances aluminum-induced programmed cell death of root tip cells in Peanut. *Plant and Soil*, 448 (1): 479-494. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04448-w>
- Yuan, J., S. Shaham S, S. Ledoux, H.M. Ellis & H.R. Horvitz, 1993. The *C. elegans* cell death gene *ced-3* encodes a protein similar to mammalian interleukin-1 beta-converting enzyme. *Cell*, 75 (4): 641-652. [https://doi.org/10.1016/0092-8674\(93\)90485-9](https://doi.org/10.1016/0092-8674(93)90485-9)
- Yuan, X., H. Wang, J. Cai, D. Li & F. Song, 2019. NAC transcription factors in plant immunity. *Phytopathology Research*, 1 (1): 1-13. <https://doi.org/10.1186/s42483-018-0008-0>
- Zamyatnin, A.A.Jr., 2015. Plant proteases involved in regulated cell death. *Biochemistry (Mosc). Biokhimiia*, 80 (13): 1701-1715. <https://doi.org/10.1134/S0006297915130064>
- Zhai, Z., N. Ha, F. Papagiannouli, A. Hamacher-Brady, N. Brady, S. Sorge, D. Bezdan & I. Lohmann, 2012. Antagonistic regulation of apoptosis and differentiation by the cut transcription factor represents a tumor-suppressing mechanism in drosophila. *PLoS Genetics*, 8 (3): e1002582. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1002582>
- Zhang, B., O. van Aken, L. Thatcher, I. De Clercq, O. Duncan, S.R. Law, M.W. Murcha, M. van der Merwe, H.S. Seifi, C. Carrie, C. Cazonelli, J. Radomiljac, M. Höfte, K.B. Singh, F. van Breusegem & J. Whelan, 2014. The mitochondrial outer membrane AAA ATPase AtOM66 affects cell death and pathogen resistance in *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Journal: for cell and molecular biology*, 80 (4): 709-727. <https://doi.org/10.1111/tpj.12665>
- Zhang, C., P. Gong, R. Wei, S. Li, X. Zhang, Y. Yu & Y. Wang, 2013. The metacaspase gene family of *Vitis vinifera* L.: characterization and differential expression during ovule abortion in stenopermocarpic seedless grapes. *Gene*, 528 (2): 267-276. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2013.06.062>
- Zhang, H., S. Dong, M. Wang, W. Wang, W. Song, X. Dou, X. Zheng & Z. Zhang, 2010. The role of vacuolar processing enzyme (VPE) from *Nicotiana benthamiana* in the elicitor-triggered hypersensitive response and stomatal closure. *Journal of Experimental Botany*, 61 (13): 3799-3812. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq189>
- Zhang, X., M. Bernoux, A.R. Bentham, T.E. Newman, T. Ve, L.W. Casey, T.M. Raaymakers, J. Hu, T.I. Croll, K.J. Schreiber, B.J. Staskawicz, P.A. Anderson, K.H. Sohn, S.J. Williams, P.N. Dodds & B. Kobe, 2017. Multiple functional self-association interfaces in plant TIR domains. *The Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114 (10): E2046-E2052. <https://doi.org/10.1073/pnas.1621248114>
- Zhou, J.M., 2016. Plant Pathology: A Life and Death Struggle in Rice Blast Disease. *Current Biology: CB*, 26 (18): R843-R845. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.08.038>





Çiğdem TAKMA<sup>1</sup>  
Öznr İŞÇİ GÜNERİ<sup>2</sup>  
Yakut GEVREKÇİ<sup>1</sup>  
Yavuz AKBAŞ<sup>1</sup>

## Investigation of Stillbirth Rate Using Logistic Regression Analysis in Holstein Friesian Calves

Siyah Alaca Buzağılarda Ölü Doğum Oranının Lojistik Regresyon Analizi İle İncelenmesi

<sup>1</sup> Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Ege, 35100, Izmir /Turkey  
<sup>2</sup> Department of Statistics, Faculty of Science, University of Muğla Sıtkı Koçman, 48300, Muğla, Turkey

Alınış (Received): 12.11.2015      Kabul tarihi (Accepted): 08.04.2016

corresponding author: cigdem.takma@ege.edu.tr.

### Key Words:

Holstein Friesian, stillbirth, logistic regression, calf

### Anahtar Sözcükler:

Siyah Alaca, ölü doğum, lojistik regresyon, buzağı

### ABSTRACT

Logistic regression analysis is a method to determine the reason-result relationship of independent variable(s) with dependent variable, which has binary or multiple categorical structures. In this study, sex of calf, parity and calving year-season effects on stillbirth were analyzed with binary logistic regression analysis. Study material was obtained from the USA National Association of Animal Breeders collected among 2003-2005 with a total of 404460 birth records of single born calves. According to the results, sex of calf, parity and calving year-season effects on stillbirth were found statistically significant ( $P<0.05$ ). The model showed good fit, based on Hosmer-Lemeshow goodness of fit statistics ( $P>0.12$ ). When all variables were analyzed together in the same model, stillbirth rate of female calves compared to male calves was found to be more than 1.03 times higher. In addition, risk of stillbirth was decreased by increasing parity. On the other hand, the risk of stillbirth in summer calves was found to be higher than winter calves. In our country, data sets on stillbirth rates should be collected and risk factors that have an effect on stillbirth must be detected and then calf deaths could be controlled here, too.

### ÖZET

Lojistik regresyon analizi ikili veya çoklu kategorik yapıdaki bağımlı değişkenin bağımsız değişkenlerle neden sonuç ilişkisini belirlemede yararlanılan bir yöntemdir. Bu çalışmada buzağı ölü doğum oranları üzerine buzağı cinsiyeti, laktasyon sırası ve buzağılama yıl-mevsim etkileri ikili lojistik regresyon analizi ile incelenmiştir. Çalışmanın materyali ABD Ulusal Hayvan Yetiştiricileri Birliği'ne kayıtlı 2003-2005 yılları arasında yetiştirilen toplam 404460 adet tek doğan buzağının doğum kayıtlarıdır. Analiz sonuçlarına göre buzağı cinsiyeti, laktasyon sırası ve buzağılama yıl-mevsim değişkenlerinin buzağı ölü doğumlarına etkileri önemli ( $P<0.05$ ) bulunmuştur. Hosmer-Lemeshow uyum iyiliği testi ile modelin iyi uyum gösterdiği belirlenmiştir ( $P>0.12$ ). Tüm değişkenler aynı modelde birlikte analiz edildiğinde, dişilerdeki ölü doğum oranının erkeklerle göre 1.03 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, laktasyon sırasının artmasıyla ölü doğum oranının azaldığı saptanmıştır. Diğer yandan, yaz doğumlarındaki ölü doğum oranı kış doğumlarından fazla bulunmuştur. Ülkemizde ölü doğum oranına ilişkin kayıtlar toplanmalı ve bu oran üzerine etkili olabilecek risk faktörleri belirlenmeli ve böylece buzağı ölümleri kontrol altına alınabilmelidir.

## INTRODUCTION

Several methods are used to explain the cause-result relationships in scientific research. Although the choice of method is significantly related with structure of the variables in the research, often simple or multiple regression analysis can be used. In the data set that was applied to these methods, dependent (Y), independent variables (X) and the error term must be normally distributed. On the other hand, sometimes the dependent variable takes two (binary - dichotomous) or more than two-class (polychotomous) whereas in fact it should be a continuous variable (Sharma, 1996). In this case the regression assumptions cannot be provided (Johnson and Wichern, 2005) and Least Squares parameter estimates lose the properties of best linear and unbiased estimator (BLUE) (Park, 2010).

In such cases logistic regression analysis is preferred. Because logistic regression analysis is a method with independent variables, even a combination of both of them is continuous or discrete and dependent variable is discrete (Antonogeorgos et al., 2009; Çokluk et al., 2010). Logistic regression analysis can be divided into three groups depending on the structure of the dependent variable. If structure of dependent variable is categorical with two groups: binary, if classified with more than two groups: nominal, if it has ranking scale: ordinal logistic regression analysis is used (Cook et al., 2001; Stephenson, 2008). Recently, logistic regression analysis is increasingly common in all disciplines. It's easy using the development of parameter estimation methods, the availability of software and interpreting the results in a meaningful way are the main causes of this interest.

There is not enough research in which stillbirth rates of calves are analyzed by logistic regression analysis. Yakubu et al., (2014) examined the breed, season, parity, and litter number on effects of abortion and stillbirth in 5,268 goats from four different goat breeds in Nigeria. As a result of binary logistic regression analysis, the related factors have been identified of the abortion and stillbirth risk factors. Zadeh (2014) studied the effect of dystocia on stillbirth from a total of 16 herds and 104,572 Holstein calf records with logistic regression analysis. According to the results of the study, in cows with birth difficulties the incidence of stillbirth increased, and yield characteristics decreased. Similarly, Atashi (2011) investigated the effects of risk factors on stillbirth and stillbirth effects on lactation performance in 5,201 Holsteins. According to logistic regression

analysis results, calving year, parity and dystocia increases the incidence of stillbirth, whereas there is no effect by calving season. Also, stillbirth is high in the first calving and dystocia increases the risk of stillbirth. Meyer et al. (2001) investigated the mortality gestation period, calving year, calving season, sex, parity and dystocia effects on 666,341 Holstein's stillbirth rates of multiparous and primiparous cows in the USA. These factors were significant. Bicalho et al. (2007) revealed that sex of calf, parity and dystocia had significant effects on 13,608 Holstein calves reared in the UK.

In this study, the effects of calf sex, parity, calving year and season on stillbirth were examined according to the binary logistic regression analysis and are intended to remedy the lack of literature on this subject.

## MATERIAL and METHOD

### Material

The material of this study consists of Holstein calf birth records collected within the period 2003 to 2005 from 3,980 herds belonging to members of US National Animal Breeders Association in Columbia and Missouri. The calves of 404,460 Holstein cows with 15 different parities were scored as calf live (0) and stillbirth (1) if they were live or defined as death within 48 h from parturition, respectively.

The months of collected birth records were classified as May to September (1, summer), October to April (2, winter) and years grouped as 2003 (1) 2004 (2) and 2005 (3). These groups were combined into a single year-season categorical variable (2003/May-September-1, 2003-2004/October-April-2, 2004/May-September-3, 2004-2005/October-April-4 and 2005/May-September-5). Also, due to the lack of observations in the six and subsequent lactation records were evaluated under the sixth lactation.

### Method

Logistic regression analysis uses maximum likelihood method rather than the least squares method. The values of the estimated parameters are adjusted iteratively until the maximum likelihood value for the estimated parameters is obtained. That is, maximum likelihood approaches try to find estimates of parameters that make the data actually observed most likely (Hair et al., 2006). Moreover, the probability of logistic regression analysis is based on the odds ratio and logarithm of the odds. Odds ratio is defined as the ratio of the probability that an event will occur divided by the

probability that the event will not occur (Mertler and Vannatta, 2005). In other words, odds ratio regression represents the odds change in the dependent variable for a change of one unit in the independent variable and tells us how many times more likely the event is to happen than not happen.

This interpretation is similar to that of the linear regression coefficient. The only difference is that the change in the dependent variable is the change of log odds in the logistic regression. Probability of the dependent variable can be calculated from the odds ratio. When the exponential beta (odds ratio) is greater than one indicates that independent variable is an important risk factor and values close to zero also indicate important risk factors for the variable but it has negative effect on the dependent variable.

The selection of independent variables in the logistic regression model is also an important issue. For the selection of model variables, each of the independent variables is analyzed with a dependent variable using univariate logistic regression analysis. Then the variables that have probability values under 0.25 are proposed in the model. On the other hand, before analysis, the presence of multicollinearity among independent variables should be examined. If the correlation values among the variables are less than 0.90, it is assumed that there is no multicollinearity (Tabachnick and Fidell, 2007).

In this study, sex of calf, parity and calving year-season effects on stillbirth were analyzed with binary logistic regression analysis by the following model:

$$P(Y) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3)}}$$

where  $P(Y)$  is the probability of stillbirth levels,  $X_1$ ,  $X_2$  and  $X_3$  sex of calf, parity and calving year-season effects, respectively,  $\beta_0$ , constant;  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  and  $\beta_3$  are the coefficients of regression. The first level of the independent variables was selected as reference category and compared to other levels. Odds ratios were used as a comparison criterion. The statistical significance of each coefficient ( $\beta$ ) in the model was tested with the Wald-statistic has a chi-square distribution with degree of freedom equal to total number of covariates in the model to test the null hypothesis (Field, 2005):

$$W = \frac{\hat{\beta}}{S(\hat{\beta})}$$

where  $\hat{\beta}$  represents the estimated parameters and  $S(\hat{\beta})$  are their respective standard errors. The goodness-of-fit of the logistic regression model was evaluated with Hosmer and Lemeshow test statistic ( $\hat{C}_g^*$ ). The Hosmer-Lemeshow statistic evaluates the goodness-of-fit by creating 10 ordered groups of subjects and then compares the actual number in each group (observed) to the number predicted by the logistic regression model (predicted) and calculated as follows (Hosmer and Lemeshow, 2000):

$$\hat{C}_g^* = \sum_{k=0}^1 \sum_{k=1}^{10} \frac{(O_{k_1} - E_{k_1})^2}{E_{k_1}}$$

The test statistic follows a chi-squared distribution with  $n-2$  degrees of freedom. For the test statistic, non-significance outcome is desirable, which indicates that the model prediction does not significantly differ from the observed.

Binary logistic regression procedure in SPSS 20 was applied for descriptive statistics and for the factors affecting stillbirth, which were presented in this study, before the univariate logistic regression analysis was carried out for determining the potential risks of variables. Later the multivariate logistic analysis for the variables, which had  $P$ -value  $\leq 0.25$ , was applied with the enter method that enters all variables at the same time.

## RESULTS and DISCUSSION

The incidences of stillbirth for Holstein calves by different levels of sex, parity, calving year and year-season variables were shown in Table 1. The overall stillbirth rates for male and female calves were 51.4% and 48.6%, respectively. Although the stillbirth rate was similar for male and female calves, it was higher at first lactation than other lactations. Approximately half of the stillbirths (52.1%) were in the first lactation. On the other hand, the stillbirth rate of calves born from May to September 2004 was 41.8% and greater than other year-seasons (Table 1).

In this study, before applying binary logistic regression analysis, presence of multicollinearity among variables was examined. The Spearman correlation coefficients and their statistical significance are given in Table 2. As can be seen in Table 2, the correlations among variables were less than 0.70 (Tabachnick and Fidell, 2007) and accordingly it was determined that there was no multicollinearity among variables.

**Table 1.** Live and stillbirth frequencies of studied characters

Sex	Calf frequencies	live (%)	Stillbirth frequencies	(%)
Male	193520	51.4	14170	50.3
Female	182774	48.6	13995	49.7
<b>Parity</b>	-	-	-	-
1	111160	29.5	14670	52.1
2	114404	30.4	5637	20
3	72895	19.4	3492	12.4
4	77835	20.7	4366	15.5
5	21057	5.6	1207	4.3
6≤	15441	4.1	953	3.4
<b>Year-Season</b>	-	-	-	-
1	40446	10.7	3351	11.9
2	107150	28.5	7046	25
3	147933	39.3	11760	41.8
4	6402	1.7	421	1.5
5	74363	19.8	5587	19.8

**Table 2.** Spearman correlation coefficients and probabilities among sex of calf, parity and year-season of calving variables

		Parity	Year-Season
Sex	Correlation Coefficient	-0.02	-0.00
	Probability	0.00	0.69
Parity	Correlation Coefficient	1	-0.02
	Probability	-	0.00

Results of the univariate logistic regression analysis for the potential risk factors on stillbirth are shown in Table 3. As seen in Table 3, the P-values of the variable effects were found to be  $\leq 0.25$ . Therefore, all variables were assumed to be risk factors and they were included in the multivariate logistic regression model. The results of the multivariate logistic regression analysis are shown in Table 4.

Compared to the reference category (male calves), the stillbirth rate of female calves was 1.05 times higher than male calves. Moreover, the risk of stillbirth decreased with increasing parity numbers. In addition, the stillbirth risk for calves born at third and fifth levels of year-season variable were found to be greater than for those born at second and fourth levels (Table 4).

**Table 3.** Univariate logistic regression results between stillbirth and sex of calf, parity and year-season of calving factors

Variables	B	SE	Wald	df	p	OR-Exp(B)	95% Confidence	
Female	0.05	0.01	13.09	1	0.00	1.05	1.02	1.07
Constant	-2.61	0.01	90235.12	1	0.00	0.07		
Parity			5896.28	5	0.00			
2	-0.99	0.02	3686.46	1	0.00	0.37	0.36	0.39
3	-1.01	0.02	2722.17	1	0.00	0.36	0.35	0.38
4	-0.91	0.02	1477.96	1	0.00	0.40	0.39	0.42
5	-0.83	0.03	729.62	1	0.00	0.43	0.41	0.46
≤6	-0.76	0.04	484.87	1	0.00	0.47	0.44	0.50
Constant	-2.03	0.01	53151.52	1	0.00	0.13		
Year-Season			188.73	4	0.00			
2	-0.23	0.02	112.54	1	0.00	0.79	0.76	0.83
3	-0.04	0.02	4.12	1	0.04	0.96	0.92	1.00
4	-0.23	0.05	18.70	1	0.00	0.79	0.72	0.88
5	-0.10	0.02	18.55	1	0.00	0.91	0.87	0.95
Constant	-2.49	0.02	19197.81	1	0.00	0.08		

**Table 4.** Binary logistic regression results for stillbirth rate of calves

Variables	N	B	SE	Wald	df	p	OR-Exp(B)	95% Confidence Intervals	
Male	207690	-	-	-	-	-	Reference	-	-
Female	196770	0.03	0.01	4.38	1	0.04	1.03	1.00	1.05
Parity	404460			5885.85	5	0.00		-	-
1	125830	-	-	-	-	-	Reference	-	-
2	120041	-0.98	0.02	3675.80	1	0.00	0.37	0.36	0.39
3	76387	-1.01	0.02	2714.39	1	0.00	0.36	0.35	0.38
4	43543	-0.91	0.02	1482.47	1	0.00	0.40	0.39	0.42
5	22264	-0.84	0.03	734.43	1	0.00	0.43	0.41	0.46
≤6	16395	-0.76	0.04	486.72	1	0.00	0.47	0.44	0.50
Year-Season				187.41	4	0.00		-	-
1	43797	-	-	-	-	-	Reference	-	-
2	114196	-0.24	0.02	115.41	1	0.00	0.79	0.76	0.83
3	159693	-0.05	0.02	6.63	1	0.01	0.95	0.91	0.99
4	6823	-0.29	0.05	28.70	1	0.00	0.75	0.67	0.83
5	79951	-0.11	0.02	24.06	1	0.00	0.89	0.86	0.94
Constant	-	-1.93	0.02	9074.52	1	0.00	0.15	-	-

Hosmer-Lemeshow test observed and expected values of the decimal risk group are presented in

Table 5. Hosmer-Lemeshow statistics related with these risk groups are calculated as follows:

$$\hat{C}_g^* = \frac{(41301 - 41322.140)^2}{41322.140} + \frac{(35763 - 35723.236)^2}{35723.236} + \dots + \frac{(7886 - 7844.191)^2}{7844.191} = 12.68$$

**Table 5.** Contingency table for Hosmer and Lemeshow test

	Calf live		Stillbirth		Total
	Observed	Expected	Observed	Expected	Observed
1	41301	41322.140	1777	1755.860	43078
2	35763	35723.236	1595	1634.764	37358
3	33127	33157.704	1661	1630.296	34788
4	31407	31424.089	1615	1597.911	33022
5	31385	31348.515	1591	1627.485	32976
6	39273	39318.071	2152	2106.929	41425
7	36990	36959.199	2091	2121.801	39081
8	33542	33636.408	3147	3052.592	36689
9	38127	37983.829	4650	4793.171	42777
10	55379	55420.809	7886	7844.191	63265

The results of Hosmer-Lemeshow test statistic and its probability are given in Table 6. From these results it can be said that the logistic regression model provided a good fit.

**Table 6.** Chi-Square value and probability of Hosmer-Lemeshow test statistic

Step	Chi-Square value	df	p
1	12.68	8	0.12

In this study sex, parity and calving year - season variables are examined to determine if these are risk factors or not on stillbirth ratios. The effects of variables were determined by logistic regression analysis in which all factor were contained. According to the results of analysis, all levels of sex, parity and calving year-season variables were found to have a significant effect on stillbirth rates. Similar results have been reported by Meyer et al. (2001), Bicalho et al. (2007) and Atashi (2011).

When the variables were examined in detail, stillbirth rates were found to be similar for male and female calves. However, by fitting the logistic regression model, females have 3% higher stillbirth rates than males. This result is not similar to that of Bicalho et al. (2001), who reported that stillbirth rates of female calves were 23% lower than those of male calves. Meyer et al. (2001) reported that stillbirth rates of female calves were 7% lower than male calves for primiparous cows. However, female calves of multiparous cows have a stillbirth rate 12% higher than that of male calves. These results are higher than our results, but show a similar trend. On the other hand, in this study the effect of parity was found to be an important risk for stillbirth, but the risk was decreased by increased number of parity. Indeed, stillbirth rates of 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup>, 4<sup>th</sup>, 5<sup>th</sup> and 6<sup>th</sup> lactations were significantly lower than first lactation (P<0.05).

Compared to the first lactation (as a reference category) the stillbirth risks of other lactations were 0.37, 0.36, 0.40, 0.43 and 0.47 times lower, respectively. These results are consistent with the results of Meyer et al. (2001), Bicalho et al. (2007) and Atashi (2011).

This study showed that the year-season effect was associated with the risk of stillbirth. Compared to stillbirths in the months of May to September 2003 (as a reference category), the other levels of year-season effects showed 0.79, 0.95, 0.75 and 0.89 times lower stillbirth rates, respectively. Meyer et al. (2001) reported that stillbirth risk was higher in summer than in the winter season. This result is in agreement with our findings that the summer season had higher risk of stillbirth. However, Atashi (2011) found the calving season did not significantly affect stillbirths.

As a result, calving mortality can be reduced by improvements in herd management considering the mentioned risk factors. However, there are other

factors that may affect stillbirth such as pelvic size of dam, gestation length, birth weight of calf and nutrition etc. Knowledge of these factor effects is important to keep stillbirth under control. On the other hand, there are not adequate and reliable statistics on calf death and its causes. The stillbirth ratio ranged between from 2% to 48% in the EU countries. In the United States, almost 7% of Holstein calves died within the first 48 hours of birth (Meyer, Berger and Koehler, 2000). In addition, it was found that the birth of dead calves caused \$125 million/year in economic loss (Salfer, 2005). Much consideration should be given to birth records for accurate decisions. Reducing stillbirths by breeding programs will increase productivity and at the same time benefit the farmer economy.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank the US National Association of Animal Breeders for providing data.

## REFERENCES

- Antonogeorgos G, D.B. Panagiotakos, K.N. Priftis and A. Tzonou. 2009. Logistic regression and linear discriminant analyses in evaluating factors associated with asthma prevalence among 10- to 12-years-old children: divergence and similarity of the two statistical methods. *International Journal of Pediatrics*, 2009:2009.
- Atashi H. 2011. Factors affecting stillbirth and effects of stillbirth on subsequent lactation performance in a Holstein dairy herd in Isfahan. *Iranian Journal of Veterinary Research*, Shiraz University 12:24-30.
- Bicalho RC, K.N. Galvao, S.H. Cheong, R.O. Gilbert, L.D. Warnick and C.L. Guard. 2007. Effect of stillbirth on dam survival and reproduction performance in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 90:2797-2803.
- Çokluk Ö, G. Şekercioğlu and S. Büyüköztürk. 2010. *Multivariable Statistics for Social Sciences (In Turkish)*. Pegem Akademi Yayıncılık, Ankara.
- Cook D, P. W.M. Dixon, M.S. Duckworth, K. Kaiser, W.Q. Koehler, W.Q. Meeker and W.R. Stephenson. 2001. Binary response and logistic regression analysis. Part of the Iowa State University NSF/ILI project, Beyond Traditional Statistical Methods. Available at [http://www.public.iastate.edu/~stat415/stephenson/stat415\\_chapter3.pdf](http://www.public.iastate.edu/~stat415/stephenson/stat415_chapter3.pdf) (accessed 3 August 2015).
- Field A. 2005. *Discovering Statistics Using SPSS*. 2<sup>nd</sup> ed. London: Sage.
- Hair J, B. B. Black, B. Babin, R. Anderson and R. Tatham. 2006. *Multivariate Data Analysis*, 6<sup>th</sup> ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
- Hosmer D.W. and S. Lemeshow. 2000. *Applied Logistic Regression*. John Wiley & Sons, New York.
- Johnson R.A. and D.W. Wichern. 2005. *Applied Multivariate Statistical Analysis*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Mertler C.A. and R.A. Vannatta. 2005. *Advanced and Multivariate Statistical Methods: Practical Application and Interpretation*, 3<sup>rd</sup> ed. Pyrczak, Los Angeles.
- Meyer C.L., P.J. Berger, K.J. Koehler, J.R. Thompson and C.G. Sattler. 2001. Phenotypic trends in incidence of stillbirth for Holsteins in the United States. *Journal of Dairy Science*. 84:515-523.
- Meyer C.L., P.J. Berger and K.J. Koehler. 2000. Interactions among factors affecting stillbirths in Holstein cattle in the United States. *Journal of Dairy Science*. 83:2657-2663.
- Park, H.M. 2010. Regression models for binary dependent variables using STATA, SAS, R, LIMDEP, and SPSS. The university information technology services (UITS) center for statistical and mathematical computing, Indiana University. Available at <http://www.iu.edu/~statmath/stat/all/cdvm/cdvm.pdf> (accessed 3 August 2015).
- Salfer J. 2005. "Don't kill your calves with kindness" *Dairy Star*, Available at <http://www.extension.umn.edu/agriculture/dairy/health-and-comfort/dont-kill-your-calves-with-kindness/> (accessed 3 August 2015).
- Sharma S. 1996. *Applied Multivariate Techniques*, John Wiley & Sons, USA.
- Stephenson B. 2008. Binary response and logistic regression analysis. Available at [http://www.public.iastate.edu/~stat415/Stephenson/stat415\\_chapter3.pdf](http://www.public.iastate.edu/~stat415/Stephenson/stat415_chapter3.pdf) (accessed 3 August 2015).
- Tabachnick B.G. and Fidell L.S. 2007. *Using Multivariate Statistics*, 5<sup>th</sup> ed. Pearson.
- Yakubu A., M.M. Muhammed and I.S. Musa-Azara. 2014. Application of multivariate logistic regression model to assess factors of importance influencing prevalence of abortion and stillbirth in Nigerian Goat Breeds. *Biotechnology Animal Husbandry* 30:79-88.
- Zadeh N.G.H. 2014. Effect of dystocia on the productive performance and calf stillbirth in Iranian Holsteins. *Journal of Agricultural Science and Technology* 16:69-78.

Hatice CAMCI<sup>1</sup>  
Harun ÇOBAN<sup>2</sup>

## Süperior Seedless (*Vitis vinifera* L.) Üzüm Çeşidinde GA<sub>3</sub>, Salkım Ucu Kesme ve Bilezik Alma Uygulamalarının Üzüm Verim ve Kalitesine Etkileri\*

The Effects of Applications GA<sub>3</sub>, Cluster Tipping and Girdling on Yield and Quality in Superior Seedless (*Vitis vinifera* L.) Grape Variety

<sup>1</sup>Ahmetli Gıda Tarım ve Hayvancılık İlçe Müdürlüğü,  
45450 Manisa / Türkiye

<sup>2</sup>Celâl Bayar Üniversitesi Akhisar Meslek  
Yüksekokulu 45560 Akhisar- Manisa / Türkiye

\*İlk yazarın Yüksek Lisans tezinden alınmıştır.  
Alınış (Received): 29.02.2016 Kabul tarihi (Accepted): 09.05.2016

Sorumlu yazar: [dochcoban@hotmail.com](mailto:dochcoban@hotmail.com)

### Anahtar Sözcükler:

Asma, Süperior Seedless, GA<sub>3</sub>, bilezik alma, salkım ucu kesme

### Key Words:

Grapevine, Superior Seedless, GA<sub>3</sub>, girdling, cluster tipping

### ÖZET

**B**u çalışma, 2015 yılı vejetasyon periyodunda Ahmetli ilçesi'nde 7 yaşında yerli köklü olarak yetiştirilen Süperior Seedless (*Vitis vinifera* L.) sofralık üzüm çeşidinde gerçekleştirilmiştir. Deneme tesadüf blokları desenine göre 7 uygulama ve 3 tekerrürlü olarak düzenlenmiştir. Tüm kültürel uygulamalar ben düşme döneminde yapılırken, GA<sub>3</sub> 10 ppm olarak somak uzatmak için (salkım uzunluğu 7-8 cm ulaştığında) uygulanmıştır. Kontrol asmalara sadece su püskürtülmüştür. Bu çalışmanın amacı, Salkım Ucu Kesme (SUK), Bilezik Alma (BA), Salkım Ucu Kesimi + Bilezik Alma (SUK+BA), Gibberellik Asit + Bilezik Alma (GA<sub>3</sub>+BA) ve Gibberellik Asit + Salkım Ucu Kesimi + Bilezik Alma (GA<sub>3</sub>+ SUK +BA) uygulamaların üzüm verim ve bazı kalite özellikleri üzerine etkilerini ortaya koymaktır. Süperior Seedless'de tüm uygulamalar verim, salkım ağırlığı, salkım eni ve boyu, salkım en/boy oranı, tane ağırlığı, tane en ve boyu, çözünebilir kuru madde ve asitlik üzerine etkisi istatistiki (P<0.05) olarak önemli bulunmuştur. En yüksek üzüm verimi, salkım ağırlığı ve salkım uzunluğu GA<sub>3</sub>+BA, en yüksek tane ağırlığı, en uzun tane boyu BA, en yüksek çözünebilir kuru madde değerleri sırasıyla GA<sub>3</sub> + SUK + BA ve GA<sub>3</sub>+ BA uygulamalarından elde edilmiştir. Bu araştırmanın sonucu olarak sofralık Süperior Seedless üzüm çeşidi yetiştiriciliği için genel olarak önerilebilir en iyi uygulama GA<sub>3</sub>+BA dir.

### ABSTRACT

**T**his study was carried out on own rooted 7 years old Superior Seedless (*Vitis vinifera* L.) table grape variety in a vegetation season of 2015 in Ahmetli district. The experiment was completely randomized block design with 7 treatment combinations replicated in three blocks. When all treatments was used at fruit set, GA<sub>3</sub> as 10 ppm dosage used for elongate cluster (when cluster length reached 7-8 cm). Control (C) only water was sprayed. The aim of this study was revealed effects of applications on grape yield and some quality characteristics of Cluster Tipping (CT), Girdling (G), CT+G, GA<sub>3</sub>+CT, GA<sub>3</sub>+G, GA<sub>3</sub>+G+CT. It was found that all applications generally had statistically (P<0.05) significant effects on grape yield, cluster weight, cluster width, berry length, berry width, berry length/berry width, soluble solid and titratable acidity in Superior Seedless. The highest grape yield, cluster weight, cluster length were obtained in GA<sub>3</sub>+G, the highest berry weight, the longest berry length were obtained in G, the highest soluble solid value were obtained in GA<sub>3</sub> + CTR+ G and GA<sub>3</sub>+G respectively. As results of this study, general recommendation is made of GA<sub>3</sub>+G the most suitable application for growing Superior Seedless table grape variety.



## GİRİŞ

Ülkemiz Dünya üzerindeki stratejik konumu ve bağcılık için uygun iklim kuşağına sahip bir ülke olması sebebiyle geniş bağ alanlarına sahiptir. Türkiye 482.024 ha bağ alanı ile 4. Sırada, 4.265.000 ton üzüm üretim miktarı ile de 6. sırada yer almaktadır. Üretilen üzümlerin % 51'i sofralık, % 38'i kurutmalık ve % 11'i şaraplık olarak üretilmektedir. Türkiye'de bağcılık denilince ilk akla gelen şehirlerden birisi olan Manisa'nın 2014 yılı üretimi 769.000 da arazi ile 1 389 436 tondur ve Türkiye bağ alanlarının %15,3'üne, üzüm üretiminin ise %33,8'ine sahiptir (Anonim, 2015).

Ilıman ve tropikal bölgelerin önemli ticari ürünlerinden biri olan üzüm; bir çok kullanım alanı, yüksek düzeyde besleyicilik özelliği ve farklı değerlendirme şekilleri olan bir meyvedir (Winkler et al., 1974; Çelik, 2006). Özellikle Çekirdeksiz üzüm çeşitler, kurutmalık, sofralık ve şaraplık olarak değerlendirilebilme özellikleri nedeniyle tüm dünya üzerinde üreticiler tarafından en çok ilgi görmektedir (Cirami et al., 1992). Sofralık üzümlerde iyi kalite; çeşidin orta büyüklükte homojen salkım, karakteristik renk, bir örnek tane, istenilen tat ve dokuya sahip olmasıdır (Winkler et al., 1974). Ayrıca, çeşidin erkencilik özelliği, daha kolay ve yüksek fiyattan değerlendirilebilmesi yönüyle önemlidir. Son yıllarda Ege bölgesinde erken dönemde piyasaya arz edilen sofralık üzüm açısından önemli çekirdeksiz çeşit olarak Süperior Seedless (*Vitis vinifera L.*) hızla yayılmaktadır.

Süperior Seedless; taneleri orta irilikte (4,5–5,0 g), yeşilimsi sarı renkli ve eliptik şekilli, çekirdeksiz, erken mevsimde olgunlaşan bir çeşittir (Çelik, 2006; Çoban 2010). Çekirdeksiz üzüm çeşitlerinde sık salkım küçük tane sorunu gidermek amacıyla salkım boyunu uzatmak ve taneleri irileştirmek yetiştiricilerin ve araştırmaların en büyük amaçlarından biridir. Bu amaca ulaşmak için birçok bitki büyüme düzenleyicisi yanında kültürel uygulamalar ve kombinasyonları önem kazanmıştır.

Çeşitli sofralık üzüm çeşitlerinin kalitesini artırmaya yönelik farklı bitki gelişim düzenleyici ve kültürel uygulamalarının etkinliği ortaya koymak amacıyla çok sayıda araştırma yapılmıştır (Weaver ve Pool, 1972; Kısmalı, 1979; Jensen et al., 1981; Çelik, 1984; Ezzahovani et al., 1985; Roper ve Williams, 1989; Cirami et al., 1992; Zabadal, 1992; Bahar ve ark., 1998; Ateş ve Karabat, 2006; Yamane ve Shibayama, 2006; Odabaş ve ark., 2007; Akın, 2011a; Akın 2011b; Rather et al., 2011; Akın ve Sarıkaya, 2012; Özer ve ark., 2012; Abu-Zahra, 2010; Abu-Zahra ve Naseri, 2012; Dardeniz, 2014; İşçi ve Altındışli, 2014; Soltekin ve ark., 2015).

Bu çalışmanın amacı, Süperior Seedless üzüm çeşidinde Salkım Ucu Kesme (SUK), Bilezik Alma (BA), Bilezik Alma + Salkım Ucu Kesme (BA+SUK), Gibberellik Asit + Bilezik Alma (GA<sub>3</sub>+BA), Gibberellik Asit + Salkım Ucu Kesme (GA<sub>3</sub>+SUK) ve Gibberellik Asit + Salkım Ucu Kesimi + Bilezik Alma (GA<sub>3</sub>+ SUK +BA) uygulamaların üzüm verim ve kalitesi üzerine etkilerini ortaya koymaktır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Materyal

Deneme 2015 vejetasyon döneminde Manisa ili Ahmetli ilçesi Alahıdır mevkiindeki 7 yaşında yerli köklü (Aşısız) olarak Süperior Seedless üzüm çeşidi ile tesis edilen üretici bağında yürütülmüştür (GPS koordinatları 38° 29' 32.7408" ve 27° 53' 49.4592"). Bağın toprağı homojen yapıda olup kumlu-tınlı bünyeye sahiptir. Omcalar sıra üzeri 2 m, sıra arası 3 m olup, yüksek T terbiye sekli ile şekillendirilmiştir. Budama da omcalar da bırakılan ortalama göz sayısı 60 adet/omca dır. Böylelikle denemeye alınan her omca da eşit yük uygulanması sağlanmış, toprak işleme, gübreleme, zirai mücadele gibi kültürel işlemler tekniğine uygun olarak yapılmıştır.

Süperior Seedless üzüm çeşidi, John Garabedian tarafından Kaliforniya da ismi bilinmeyen çekirdeksiz bir çeşitle Kardinal çeşidinin melezlemesi yoluyla elde edilmiş olup, 1972 yılında Sugraone ismi ile tescillendirilmiştir. 1989 yılında, Sun World firmasına patent hakları devredilen bu çeşit Süperior Seedless olarak dünyaya yayılmış olup Avustralya Meninde Seedless olarak da tanınır ve çeşidin SU3412 ve SU5026 olmak üzere iki klonu bulunmaktadır. Sun World tarafından yetiştirme lisansı VG nuerseries'e verilmiştir (Çoban, 2010). Bu çeşit, beyaz renkli, çekirdeksiz, yuvarlak ve daneleri orta-iri yapılı olup erkenci bir çeşittir (Çelik, 2006).

### Yöntem

Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre ve 4 tekerrürlü ve her tekerrür de 3 omca olacak şekilde toplamda 84 asmada planlanmış ve uygulanmıştır. Deneme Deseni;

- Kontrol (K),
- Salkım Ucu Kesimi (SUK),
- Bilezik Alma (BA),
- Bilezik Alma+ Salkım Ucu Kesimi (BA+SUK)
- Gibberellik Asit +Bilezik Alma (GA<sub>3</sub>+BA),
- Gibberellik Asit +Salkım Ucu Kesimi (GA<sub>3</sub>+SUK),
- Gibberellik Asit +Salkım Ucu Kesimi + Bilezik Alma (GA<sub>3</sub>+ SUK +BA) olarak oluşturulmuştur.

Denemede, GA<sub>3</sub> uygulamaları Somaklar 5-6 cm ulaştığında somak boyunu uzatmak amacıyla 10 ppm dozunda ve bandırma yöntemi şeklinde uygulanmıştır (Winkler et al. 1974; Çoban, 1995).

Kültürel uygulamalar olarak ise; salkım ucu kesimi (SUK) uygulaması ve taneler 3-4 mm çapında iken salkımın uç kısmından yaklaşık yüzde 30'luk kısmının kesilip atılması şeklinde yapılmıştır (Winkler et al., 1974; Çoban, 2001; Akın, 2011a; Dardeniz, 2014,).

Bilezik alma (BA) uygulaması, ince koruk döneminde üzüm taneleri (3-5 mm çapında iken) asma gövdesinin en üstünden kabuk çepçevre bir çizgi halinde çıkarılma şeklinde yapılmıştır. Bilezik alma ve Salkım ucu kesimi (BA+SUK) uygulaması aynı dönemde ayrı bir kombinasyon olarak birlikte uygulanmıştır (Jensan et al., 1981; Altındışli, 1995; Uzun ve Ceylan, 1995; Yamane ve Shibayama, 2006; Soltekin ve ark., 2015).

Örnek alma işlemi Amerine ve Creuess (1960) yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Hasat döneminde incelenen parametreler, verim (kg/omca), ortalama salkım ağırlığı (g), salkım uzunluğu ve eni (cm), ve boyu (mm), tane ağırlığı (g), tane hacmi (cm<sup>3</sup>), Tane eni ve boyu, pH (Adwa, AD1020 pH metre, Hungary), suda çözünebilir kuru madde (SÇKM, %) (digital refraktometre, PR-1, Atago, Tokyo, Japan), asitlik

(Karaçalı, 2009) göre yapılmıştır. Elde edilen bulguları JMP (7.0 versiyon, SAS Institute, Cary, NC, USA) istatistik programında analiz edilmiştir.

#### ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Araştırma, 2015 yılında Manisa-Ahmetli-Alahıdır Mahallesi'nde yerli köklü olarak yetiştirilen 7 yaşında Süperior Seedless üzüm bağı olan üretici bağında yürütülmüştür.

Salkım Ucu Kesimi, Bilezik Alma, Bilezik Alma + Salkım Ucu Kesimi, Gibberellik Asit + Bilezik Alma, Gibberellik Asit + Salkım Ucu Kesimi, ve Gibberellik Asit + Salkım Ucu Kesimi + Bilezik Alma uygulamalarının üzüm verim, salkım ve tane özelliklerine, SÇKM, Asitlik, pH ve Olgunluk indisi üzerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen veriler istatistiksel analize tabi tutularak sonuçlar çizelgeler halinde verilmiştir.

#### Uygulamaların verim ve salkım özelliklerine etkisi

Süperior Seedless üzüm çeşidinde hasat 20 Temmuz 2015 tarihinde yapılmıştır. Elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda yapılan uygulamaların yaş üzüm verimi, salkım ağırlığı, salkım uzunluğu ve salkım genişliği üzerinde önemli düzeyde farklı etkiler yaptığı belirlenmiştir (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** GA<sub>3</sub> ve farklı kültürel uygulamaların bazı salkım özellikleri etkisi

**Table 1.** The effect of GA<sub>3</sub> and different cultural applications to some cluster characters

Uygulamalar	Üzüm verimi (kg/omca)	Salkım Ağırlığı (g)	Salkım uzunluğu (cm)	Salkım genişliği (cm)
GA <sub>3</sub> + BA	13.4 a	934 a	33.1 a	16.3 bcd
GA <sub>3</sub> + SUK	11.6 b	740 b	26.3 c	20.1 ab
GA <sub>3</sub> + BA+ SUK	12.5 ab	706 c	25.4 bc	21.2 a
SUK	10.1 c	580 e	20.6 de	18.4 bc
BA	10.8 bc	710 c	27.2 ab	15.6 cd
SUK + BA	10.5 bc	644 d	24.5 bcd	19.2 b
KONTROL	7.8 d	452 f	22.1 d	10.8 e
<b>LSD<sub>0,05</sub></b>	<b>1.507</b>	<b>9.203</b>	<b>2.123</b>	<b>1.434</b>

a-f: Aynı sütunda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0.05)

Üzüm verimi açısından değerlendirildiğinde; en yüksek değer 13,4 kg/omca ile GA<sub>3</sub> + BA uygulamasında, sırayla 12,1 kg/omca GA<sub>3</sub> + BA + SUK, 11,6 kg/omca GA<sub>3</sub> + SUK takip etmiştir. En düşük değer 7,8 kg/omca ile Kontrol asmalardan elde edilmiştir (Çizelge 1). Bu sonuçlar, Brown et al., (1988), Çelik (1978; 1984), Zabadal (1992) ve Çoban (2001) tarafından yapılan araştırma sonuçlarında ifade ettikleri kültürel uygulamaların yaş üzüm verimi üzerine olumlu yönde etkilediği görüşü desteklemektedir. Ayrıca, Amasya üzüm çeşidinde, %60 oranında yapılan somak seyreltme

(Dardeniz, 2001), Horoz Karası, Gök üzüm ve Müşküle sofralık üzüm çeşitlerinde 1/3 SUK uygulaması çalışmalarında da (Akın, 2011a; 2011b), yaş üzüm verimini arttırdığı saptanmıştır. Bu sonuçlar, araştırma bulguları ile uyum içindedir.

Salkım ağırlığı ilgili veriler bakıldığında, en yüksek değer 934 g ile GA<sub>3</sub> + BA uygulamasında görülürken, en düşük değer 452 g ile Kontrol asmalardan elde edilmiştir (Çizelge 1). Diğer uygulamalar bu iki değer arasında şu sıra ile yer almıştır: GA<sub>3</sub> + SUK; 740 g, BA; 710 g, GA<sub>3</sub> + BA + SUK; 706 g, SUK + BA; 644 g, SUK; 580 g.

Bu bulgular yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında; Cardinal üzüm çeşidinde omca başına bir salkım kalacak şekilde salkım seyreltme, Pembe Gemre üzüm çeşidinde 1/3 SUK, Sultani Çekirdeksiz üzüm çeşidinde 1/3 SUK (Ateş, 2004) ve Crimson Seedless üzüm çeşidinde SUK uygulamaları (Abd El-Razek et al., 2010) salkım ağırlığını artırdığı saptanmıştır. Diğer taraftan, Kısmalı (1979), Brown et al., (1988), Altındışli (1995), Çoban (2001) ve Rather ve et al., (2011) yapmış olduğu araştırmalarda elde ettikleri bilezik ve salkım ucu kesimi uygulamalarının tane tutumunu ve salkım ağırlığını artırdığı savını da desteklemektedir.

Salkım uzunluğu ile ilgili veriler değerlendirilmesi sonucunda, en yüksek değer 33,1 cm ile GA<sub>3</sub> + BA uygulamasında olurken, en düşük değer 20,6 cm ile SUK uygulamasında görülmüştür (Çizelge 1). Diğer uygulamaların sonuçları bu iki değer arasındadır (BA; 27,2 cm, GA<sub>3</sub> + SUK; 26,3 cm, GA<sub>3</sub> + BA + SUK; 25,4 cm, SUK + BA; 24,5 cm, Kontrol; 22,1 cm).

Bu sonuçlar, Brown et al., (1988), Çoban (2001), Akın (2011b) ve Dardeniz (2014) tarafından ilgili uygulamaların salkım özellikleri üzerine olumlu etkilediği görüşü ile uyum içindedir.

Salkım genişliğinde, en yüksek değer 21,2 cm ile GA<sub>3</sub> + BA + SUK, en düşük değer 10,8 g ile Kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Diğer uygulamalar bu iki değer arasında şu sıra ile yer almıştır: GA<sub>3</sub> + SUK; 20,1 cm, SUK + BA; 19,2 cm, SUK; 18,4 cm, GA<sub>3</sub> + BA; 16,3 cm, BA; 15,6 cm.

Bu bulgular, Altındışli (1995) ve Çoban (2001) Yuvarlak çekirdeksiz ve Akın ve Sarıkaya (2012) Hasandede üzüm çeşitlerinde yaptıkları araştırma sonuçlarında bilezik alma ve salkım ucu kesimi uygulamalarının kontrol asmalara göre salkım genişliğini artırdığı sonuçları ile paralellik göstermektedir.

#### Uygulamaların tane özelliklerine etkisi

Elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda yapılan uygulamaların yaş üzüm verimi, salkım ağırlığı, salkım uzunluğu ve salkım genişliği üzerinde önemli düzeyde farklı etkiler yaptığı belirlenmiştir (Çizelge 2).

**Çizelge 2.** GA<sub>3</sub> ve farklı kültürel uygulamaların bazı tane özellikleri etkisi

**Table 2.** The effect of GA<sub>3</sub> and different cultural applications to some berry characters

Uygulamalar	Tane ağırlığı (g)	Tane hacmi (cm <sup>3</sup> )	100 Tane ağırlığı (g)	Tane eni (mm)	Tane boyu (mm)	Tane en/Tane boy
GA <sub>3</sub> + BA	13.4 a	5.5 b	585.6 b	934 a	16.3 bcd	33.1 a
GA <sub>3</sub> + SUK	11.6 b	4.5 c	468.2 de	740 b	20.1 ab	26.3 c
GA <sub>3</sub> + BA+ SUK	12.5 ab	4.7 cb	551.5 cb	706 c	21.2 a	25.4 bc
SUK	10.1 c	5.3 b	509.9 d	580 e	18.4 bc	20.6 de
BA	10.8 bc	6.9 a	669.7 a	710 c	15.6 cd	27.2 ab
SUK + BA	10.5 bc	4.5 c	493.4 de	644 d	19.2 b	24.5 bcd
KONTROL	7.8 d	3.7 d	421.3 f	452 f	10.8 e	22.1 d
<b>LSD<sub>0,05</sub></b>	<b>1.507</b>	<b>0.32</b>	<b>105.7</b>	<b>9.203</b>	<b>1.434</b>	<b>2.123</b>

a-f: Aynı sütunda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0.05)

Tane ağırlığı açısından veriler incelendiğinde, uygulamaların tane ağırlığı üzerine istatistiki anlamda önemli düzeyde farklı etkiler yaptığı saptanmıştır. Buna göre en yüksek değer 6,70 g ile BA uygulamasından, en düşük değer 4,21 g ile Kontrol uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 2). Diğer uygulamalar bu iki değer arasında şu sıra ile yer almıştır: GA<sub>3</sub> + BA; 5,86 g, GA<sub>3</sub> + BA + SUK; 5,51 g, SUK; 5,01 g, SUK + BA; 4,93 g, GA<sub>3</sub> + SUK; 4,47 g.

Bu sonuçlar, Kısmalı (1979), Jensen et al., (1981), Ezzahovani et al., (1985), Shulman et al., (1986) Thomson Seedless ve Ruby Seedless çeşitlerinde çiçeklenme zamanı bilezik alındığını, GA<sub>3</sub> veya GA<sub>3</sub>+BA (Thomson Seedless 5ppm, Ruby Seedless 1, 5 ve 20 ppm veya meyve tutumunda 20 ve 40 ppm) uygulandığını; Thomson Seedless'te tane tutumu sonrası yapılan GA<sub>3</sub> ve

BA uygulamalarının tane iriliğini artırdığını, en iri taneleri GA<sub>3</sub>+BA uygulamasının meydana getirdiğini rapor etmişlerdir. Çalışmamızda da benzer sonuçlar elde edilmiş ve en iri taneler BA uygulamasından sonra GA<sub>3</sub>+BA kombinasyonun da belirlenmiştir.

Tane büyüklüğünün göstergelerinden olan tane hacmi, tane ağırlığına paralel sonuç vermiştir. Çizelge 2. incelendiğinde Süperior Seedless üzüm çeşidinde yapılan uygulamaların tane hacmi üzerine istatistiki anlamda önemli düzeyde farklı etkiler yaptığı saptanmıştır. Buna göre en yüksek değer 6,9 cm<sup>3</sup> ile BA uygulamasından, en düşük değer 3,7 cm<sup>3</sup> ile Kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Diğer uygulamalar bu iki değer arasında sıralanmıştır (GA<sub>3</sub> + BA; 5,5 cm<sup>3</sup>, SUK; 5,3 cm<sup>3</sup>, GA<sub>3</sub> + BA + SUK; 4,7 cm<sup>3</sup>, GA<sub>3</sub> + SUK ve SUK + BA; 4,5 cm<sup>3</sup>).

Literatürle karşılaştırıldığında; Çoban (2001) Yuvarlak çekirdeksiz, Shulman ve et al., (1986), Ezzahovani et al. (1985), Thomson Seedless ve Ruby Seedless çeşitlerinde yaptıkları uygulamalarda; Thomson Seedless'te tane tutumu sonrası yapılan GA<sub>3</sub> ve BA uygulamalarının tane iriliğini artırdığını, en iri taneleri GA<sub>3</sub>+BA uygulamasının meydana getirdiği tespit etmişlerdir.

Yapılan uygulamaların 100 tane ağırlığı üzerine istatistiki anlamda önemli düzeyde farklı etkiler yaptığı gözlenmiştir (Çizelge 2). Buna göre en yüksek değer BA; 669,7 g, uygulaması, sırasıyla GA<sub>3</sub> + BA; 585,6 g, GA<sub>3</sub> + BA + SUK; 551,5 g, SUK; 509,9 g, SUK + BA; 493,4 g, GA<sub>3</sub> + SUK; 468,2 g ve en düşük değer 421,3 g ile Kontrol uygulamasından elde edilmiştir.

Tane eni açısından veriler incelendiğinde, uygulamaların tane eni üzerine istatistiki anlamda önemli düzeyde farklı etkiler yaptığı saptanmıştır. Buna göre en yüksek değer 20,3 mm ile BA uygulamasından, en düşük değer 17,1 mm ile Kontrol uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 2). Diğer uygulamalar bu iki değer arasında şu sıra ile yer almıştır: GA<sub>3</sub> + BA; 20,2 mm, GA<sub>3</sub> + SUK; 19,7 mm, GA<sub>3</sub> + BA + SUK; 19,5 mm, SUK; 18,8 mm, SUK + BA; 18,8 mm.

Yapılan benzer çalışmalarda; Yuvarlak Çekirdeksiz üzümüne farklı kültürel uygulamalar yapılmıştır. En yüksek tane ağırlığı değerleri ince koruk döneminde uygulanan bilezik alma + salkım ucu kesimi kombinasyonundan elde edilmiştir (Brown et al., 1988, Çoban, 2001). Ayrıca, Dardeniz (2014), Uslu ve Cardinal üzüm çeşidinde yaptığı SUK uygulamalarının tane genişliği üzerine olumlu etkilediğini bildirmiş olup, araştırma sonuçları ile uyum halindedir.

Tane boyu bakımından elde edilen veriler değerlendirildiğinde, uygulamaların tane boyu üzerine istatistiki anlamda önemli düzeyde farklı etkiler yaptığı tespit edilmiştir (Çizelge 2). Buna

göre en yüksek değer 23,1 mm ile BA uygulamasından, en düşük değer 19,9 mm ile Kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Diğer uygulamaların sonuçları bu iki değer arasında yer almıştır (GA<sub>3</sub> + BA; 22,1 mm, SUK + BA; 21,1 mm, GA<sub>3</sub> + SUK; 20,9 mm, GA<sub>3</sub> + BA + SUK; 20,8 mm, SUK; 20,6 mm).

Altındışli (1995), Çoban (2001), Zehra ve Naseri (2012), Yuvarlak çekirdeksiz üzüm çeşidinde BA, SUK ve kombinasyonları, Dardeniz (2014), Uslu ve Cardinal üzüm çeşidinde yaptığı SUK uygulamalarının tane boyunu artırdığını belirlemişlerdir. Bu bulgular elde ettiğimiz sonuçlarımızla benzerlik göstermektedir.

Süperior Seedless üzüm çeşidinde elde edilen veriler değerlendirildiğinde, yapılan uygulamaların tane genişliği/tane uzunluğu oranı üzerine istatistiki anlamda önemli düzeyde farklı etkiler yaptığı gözlenmiştir (Çizelge 2). Buna göre en yüksek değer 0,94 ile GA<sub>3</sub> + SUK, en düşük değer 0,85 ile Kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Diğer uygulamalar bu iki değer arasında şu sıra ile yer almıştır: GA<sub>3</sub> + BA+ SUK; 0,93, GA<sub>3</sub> + BA ve SUK; 0,91, SUK + BA; 0,89, BA; 0,87.

Yapılan benzer çalışmalar incelendiğinde; Altındışli (1995) ve Çoban (2001) Yuvarlak Çekirdeksiz, Akın (2011b) Müşküle sofralık üzüm çeşitlerinde yaptıkları araştırma sonuçlarında bilezik alma ve salkım ucu kesimi uygulamalarının kontrol asmalara göre tane genişliği/tane uzunluğu oran değeri üzerine etkili olduğu ve araştırma sonuçları ile uyumlu olduğu saptanmıştır.

#### Uygulamaların SÇKM, Asitlik pH ve Olgunluk indisine etkisi

Elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda yapılan uygulamaların yaş üzüm verimi, salkım ağırlığı, salkım uzunluğu ve salkım genişliği üzerinde önemli düzeyde farklı etkiler yaptığı belirlenmiştir (Çizelge 3).

**Çizelge 3.** GA<sub>3</sub> ve farklı kültürel uygulamaların kuru madde, asitlik, pH ve olgunlaşma üzerine etkisi

**Table 3.** The effect of different cultural applications on dry matter, acidity contents, pH and maturity index

Uygulamalar	SÇKM (kg/omca)	Asitlik (%)	pH	Olgunluk İndisi
GA <sub>3</sub> + BA	17 a	0.41 bc	3.689	41.46 a
GA <sub>3</sub> + SUK	16 ab	0.44 bc	3.661	36.36 b
GA <sub>3</sub> + BA+ SUK	16 ab	0.43 bc	3.578	37.20 ab
SUK	16 ab	0.46 b	3.759	34.78 bc
BA	17 a	0.43 bc	3.731	39.53 ab
SUK + BA	16 ab	0.46 b	3.617	34.78 bc
KONTROL	14.5 b	0.51 a	3.845	28.43 c
LSD <sub>0,05</sub>	0.561	0.045	Ö.D	5.645

a-f: Aynı sütunda farklı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0.05)

Ö.D: Önemli değil

SÇKM, sofralık üzümlerde hasat olgunluğuna ulaşmanın tayininde önemli bir ölçüttür. Yapılan uygulamaların SÇKM üzerine istatistiki anlamda önemli düzeyde farklı etkiler yaptığı tespit edilmiştir (Çizelge 3). SÇKM değerleri % 14,5-17 değerleri arasında değişmektedir. Buna göre en yüksek şeker miktarı değer yüksek değer % 17 ile GA<sub>3</sub> + SUK ve BA uygulamalarında belirlenirken, en düşük değer ise % 14,5 Kontrol uygulamasından elde edilmiştir.

Diğer araştırma bulguları ile karşılaştırıldığında; Ezzahovani et al. (1985), Shulman et al. (1986), Thomson Seedless ve Ruby Seedless çeşitlerinde çiçeklenme zamanı bilezik alındığını, GA<sub>3</sub> veya GA<sub>3</sub>+BA uygulandığını; Thomson Seedless'te tane tutumu sonrası yapılan GA<sub>3</sub> ve BA uygulamalarının şeker miktarını etkilemediğini; Ruby Seedless'te ise şeker miktarında önemsiz bir azalışın meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Akın ve Sarıkaya (2012), Hasandede üzüm çeşidini yapılan 1/3 SUK uygulamaları SÇKM değerini düşürdüğünü belirlemişlerdir. Buna karşın, Jensen et al. (1981), Thompson Seedless ve Cardinal, Brown et al. (1988), Pinot noir, Çoban (2001), Yuvarlak Çekirdeksiz, Akın (2011b), Müşküle, Rather et al. (2011) Perlette, Dardeniz (2014), Uslu ve Cardinal, Soltekin ve ark., (2015) Red Globe üzüm çeşitlerinde BA ve SUK; uygulaması yapmışlar; SÇKM miktarını artırdığını tespit etmişlerdir. Bu bulgular, araştırma sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Asit içeriği bakımından değerlendirildiğinde; uygulamaların tanelerin asit içeriği üzerine istatistiki anlamda önemli düzeyde farklı etkiler yaptığı görülmüştür. Buna göre en yüksek değer % 0,51 Kontrol uygulamasından, en düşük değer % 0,41 ile GA<sub>3</sub> + BA uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 3). Diğer uygulamaların sonuçları bu iki değer arasında yer almıştır (SUK ve SUK + BA; 0,46, GA<sub>3</sub> + SUK; 0,44, BA ve GA<sub>3</sub> + BA + SUK; 0,43, GA<sub>3</sub> + BA; 0,41).

Brown et al. (1988), Pinot noir üzüm çeşidinde şapkalının dökülmesinden bir hafta önce yapılan BA uygulaması sonucu asitliğin düştüğünü, Chardonnay üzüm çeşidinde yapılan BA uygulamasının verimi artırdığını, asit miktarının değişmediğini tespit etmişlerdir. Jensen et al. (1981), Thompson Seedless ve Cardinal üzüm çeşitlerine bilezik alma uygulaması yapmışlar; toplam asitliğin değişmediğini saptamışlardır. Akın ve Sarıkaya (2012), Hasandede üzüm çeşidini yapılan 1/3 SUK uygulamaları Asitlik değerini düşürdüğünü belirlemişlerdir. Akın (2011b) Müşküle, Dardeniz (2014), Uslu ve Cardinal, sofralık üzüm çeşidinde 1/3 SUK uygulaması asitliği artırdığını belirlemiştir. Araştırmacıların aynı uygulamalar

yapmasına karşın asit açısından farklı sonuçlar alması, farklı çeşitler üzerinde bu uygulamaları gerçekleştirilmesi kaynaklanabileceği ve her çeşidin aynı uygulamaya karşı farklı tepki verebildiği söylenebilir.

pH değerleri açısından bakıldığında, uygulamaların pH değerleri üzerinde olan etkileri istatistiksel olarak önemli olmadığı saptanmıştır. En yüksek pH değeri 3,759 ile SUK uygulamasında, en düşük pH değeri ise 3,617 ile SUK + BA uygulamasında gözlenmiştir. Diğer uygulamaların sonuçları bu iki değer arasında yer almıştır (Çizelge 3).

Soltekin ve ark. (2015) Red Globe üzüm çeşidinde BA uygulaması yapmış pH değeri üzerinde istatistiki olarak önemli olmadığı sonucuna varmıştır. Bu bulgu, Araştırma sonuçları ile uyum halindedir

Olgunlaşma indisi verileri değerlendirildiğinde, yapılan uygulamaların olgunluk indisi değeri üzerine istatistiki anlamda önemli düzeyde farklı etkiler yaptığı belirlenmiştir. Buna göre en yüksek değer % 41,46 ile GA<sub>3</sub> + BA, en düşük değer % 28,43 ile Kontrol uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 3).

Yapılan benzer çalışmalarda; Çoban (2001), Yuvarlak çekirdeksiz üzüm çeşidinin ince koruk döneminde yapılan BA ve SUK uygulamaları; Ateş (2004), Pembe Gemre ve Sultani çekirdeksiz 'de 1/3 SUK, %25 oranında yaprak alma uygulamaları; Akın (2011a), Gök üzüm çeşidinde 1/3 SUK uygulaması; Akın ve Sarıkaya (2012), Hasandede üzüm çeşidinde 1/3 SUK uygulaması olgunluk indisi değerini artırmıştır. Bu sonuçlar, araştırma bulgularımızı desteklemektedir.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Manisa ilinde son yıllarda erkenci çekirdeksiz sofralık beyaz renkli çeşit olan Süperior Seedless üzüm çeşidi üretim alanı her geçen gün artmaktadır. Bu çeşit sofralık amaçlı yetiştirilmesi ana hedefi olmasına karşın istenen kalitede olmaması halinde, kurutularak değerlendirme şekli olması bölge bağcısı açısından talep edilmesinin en büyük nedenlerinden biridir. Bu durum gelir kaybına neden olmaktadır.

Bölgede erken dönemde sofralık üzüm piyasasına giren bu çeşit, sofralık amaçlı değerlendirildiğinde yüksek gelir sağlamaktadır. Bu amaçla sofralık üzüm kalitesini yükseltmek amacıyla; Salkım Ucu Kesimi, Bilezik Alma, Bilezik Alma + Salkım Ucu Kesimi, Gibberellik Asit + Bilezik Alma, Gibberellik Asit + Salkım Ucu Kesimi ve Gibberellik Asit + Salkım Ucu Kesimi + Bilezik Alma uygulamaları yapılmıştır.

Bir vejetasyon döneminde (2015) yapılan araştırmanın sonuçları şöyle özetlenebilir;

1. Uygulamalar Süperior seedless üzüm çeşidinde asma başına yaş üzüm verimini arttırmıştır.

2. Salkım ağırlığı ve salkım uzunluğu üzerine uygulamalar farklı etkide bulunmuş en fazla salkım ağırlığı ve uzunluğu Gibberellik Asit + Bilezik Alma; Salkım genişliği ise Gibberellik Asit + Salkım Ucu Kesimi + Bilezik Alma kombinasyonundan elde edilmiştir.

3. Tane ağırlığı, 100 tane ağırlığı, Tane genişliği ve uzunluğu, Tane hacmi Bilezik Alma uygulamasında tespit edilmiştir.

4. Yapılan uygulamalar Suda Çözünabilir Kuru Madde üzerine farklı etki yapmış Gibberellik Asit + Salkım Ucu Kesimi + Bilezik Alma kombinasyonu hasat zamanında en yüksek değere ulaşmıştır.

5. Hasat zamanında Gibberellik Asit + Bilezik Alma kombinasyonunda asit değeri en düşük

seviyede kalmıştır.

6. Hasat zamanını belirlemek için kullanılan olgunluk indisi uygulamalardan farklı etkilenmiş, en yüksek olgunluk indisi. Gibberellik Asit + Bilezik Alma kombinasyonundan elde edilmiştir

7. Şıra pH'ı uygulamalardan etkilenmemiştir.

*Bu sonuçlar ışığında şu öneriler yapılabilir;*

1. Kaliteli, sofralık Süperior Seedless (Sugraone) (*Vitis vinifera L.*) üzüm çeşidini yetiştirmek için en uygun uygulama Gibberellik Asit + Bilezik Alma kombinasyonudur.

2. Organik Sofralık üzüm yetiştiriciliği açısından uygulamaların kalite parametrelerine etkisine bakıldığında ince koruk döneminde Bilezik Alma en uygun teknik uygulama olduğu söylenebilir.

Ancak, araştırmada yapılan tüm uygulamaların yıllar arasında değişen iklim faktörlerinin etkisini ortaya koyma bakımından sonraki çalışmalarda çok yıllık olarak tekrar edilmesi önerilir.

## KAYNAKLAR

- Abd El-Razek, E., D. Treutter, M.M. Saleh, M. El-Shammaa, A. A. Fouad, N. Abdel-Hamid and M. Abou-Rawasch, 2010. Effect of defoliation and fruit thinning quality of Crimson seedless grape, Res. J. Agric. Biol. Sci., 6:289-295.
- Abu-Zahra, T. R, 2010. Berry size of Thompson seedless as influenced by the application of gibberellic acid and cane girdling, Pak. J. Bot., 42: 1755-1760.
- Abu-Zahra, T. R and Naseri M. 2012. Influence of gibberellic acid and cane girdling on berry size of Black Magic grape cultivar, Middle-East Journal of Scientific Research 11 (6): 718-722.
- Ateş, F., 2004. Cardinal, Pembe Gemre ve Sultani Çekirdeksiz üzüm çeşitlerinde bazı kültürel uygulamalarının üzüm verimi ve kalitesi ile vegetatif gelişmeye etkileri üzerinde araştırmalar, Ege Üni. Fen Bilimleri Ens. İzmir, (Basılmamış Doktora Tezi).
- Ateş, F., Karabat, S., 2006. Sofralık üzüm üretiminde yaşanan sorunlar ve Sultani Çekirdeksiz üzüm çeşidinde kaliteyi arttırmaya yönelik uygulamalar, Buldan Sempozyumu (23-24 Kasım), s 967-975.
- Akın, A., 2011a. Effects of cluster reduction, herbagreen and hümic acid applications on grape yield and quality of Horoz Karası and Gök üzüm grape cultivars, African Journal of Biotechnology 10 (29): 5593-5600.
- Akın, A., 2011b. Müşküle üzüm çeşidinde salkım ucu kesme ve bazı büyüme düzenleyici uygulamalarının üzüm verimi ve kalitesine etkileri, YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi 21 (2): 134-139.
- Akın, A. ve A. Sarıkaya, 2012. Hasandede üzüm çeşidinde salkım ucu kesme ve hümic asit uygulamalarının üzüm verimi ve kalitesine etkileri, Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Dergisi 14 (1):267-274.
- Altındişli, A. 1995. Yuvarlak çekirdeksiz üzüm çeşidinde bazı kültürel uygulamaların gelişme, üzüm verimi ve kalitesine etkileri üzerine araştırmalar, Ege Üni. Fen Bilimleri Ens. İzmir, (Basılmamış Doktora Tezi).
- Amerine, M. A ve W. V. Creuess, 1960. The Technology of Wine Making. Avi. Publishing Co. Westport, Connecticut. 84-88 pp.
- Anonim, 2015, [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1001](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001) (Erişim Tarihi 10 Eylül 2015).
- Bahar, E. Çelik, S. Korkutal, D. İ. Çevik, İ ve Ciciler, Ö. 1998. Tekirdağ Çekirdeksiz Üzüm Çeşidinde Bilezik Almanın Bazı Tane ve Salkım Özellikleri Üzerine Etkileri, Yalova, 4. Bağcılık Sempozyumu (20-23 Ekim), s 372-376.
- Brown, K., D. I. Jackson, and G. F. Steans. 1988. Effects of Chlormequat, girdling and tipping on berry set in *Vitis vinifera L.* Am. J. Enol. Vitic., 39 (1): 91-94.
- Cirami, R.M., Cameron, I.J., Hedberg, P.R., 1992. Special cultural methods for table grapes. In: (eds.) Coombe and Dry. Viticulture, Volume 2 Practices. Winetitles. Adelaide. 279-301 pp.
- Çelik, S. 1978. Çekirdeksiz uzum çeşitlerinde hormonal maddeler ve bilezik almanın urunun kalite ve miktarına etkileri üzerine araştırmalar. Ankara U. Z. F. Ankara, (Basılmamış Doktora Tezi).
- Çelik, S. 1984. Çekirdeksiz üzüm çeşidinde bilezik alma ve gibberellik asit (hormon) uygulaması. Bağcılık Aras. Ens. MÜD., Yayın No: 28, s 13, Manisa.
- Çelik, H., 2006. Üzüm Çeşit Kataloğu. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Sun-fidan A.Ş. Mesleki Kitaplar Serisi-3, Ankara, s 165.
- Çoban, H., 1995. Gibberellinlerin bağcılıkta kullanım amaçları, TZOB Çiftçi ve Köy Derg. Cilt,11, Sayı:125, s 30-35, Ankara.
- Çoban, H., 2001. Sofralık üzüm kalitesini arttırıcı bazı kültürel uygulamaların etkileri üzerine araştırmalar, Anadolu, J. of Agr. 11 (2):76-88.
- Çoban, H. 2010. Dünyada sofralık üzüm ticareti ve bazı önemli üzüm çeşitleri, 2010 Yılı Bahçe Bitkileri Grubu Bölge Bilgi Alışveriş Toplantısı Bildirileri Yayın No:139, Çanakkale, s 60-68.
- Dardeniz, A.,2014. Effects of cluster tipping on yield and quality of Uslu and Cardinal table grape cultivar, COMU Journal of Agriculture Faculty 2 (1): 21-26.

- Ezzahovani, A., A. M. Lasheen, and L. Walali. 1985. Effects of gibberellic acid and girdling on 'Thompson Seedless' and 'Ruby Seedless' table grapes in morocco. Hort-science, 20 (3): 393-394.
- İşci, B ve A. Altındışli, 2014. Organik olarak yetiştirilen Alphonse Lavalée ve Trakya İlkeren (*Vitis vinifera* L.) cv. üzüm çeşitlerinde bazı kültürel uygulamaların verim ve kalite üzerine etkileri, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 31 (3), 91-100.
- Jensan, F., H. Andris, and R. Beede. 1981. A Comparison of normal girdles and knifeline girdles on Thompson Seedless and Cardinal grapes. Am. J. Enol. Vitic., 32 (3): 206-207.
- Karaçalı, İ. 2009. Bahçe Ürünlerinin Muhafazası ve Pazarlanması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 494, Bornova-İzmir
- Kısmalı, İ., 1979. Üzümlerde meyve kalitesini arttırıcı teknik önlemler. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 16 (3): 149-163.
- Odabaş, F. N. Beyhan ve H. Çelik, 2007. The effect of GA<sub>3</sub> and CCC on ovule and seed development in Kabuğutufka (*Vitis vinifera* L.), International Journal of Agricultural Research 2 (2): 145:151.
- Özer, C. A. S. Yaşasın, O. Ergönül ve O. Aydın, 2012. The Effects of Berry Thinning and Gibberellin on Reçel Üzümü Table Grapes. Pak. J. Agri. Sci., Vol. 49(2), 105-112.
- Rather, J. A, S.H. Wani, A. Haribhushan and Z. A. Bhat, 2011. Influence of girdling, thinning and GA<sub>3</sub> on fruit quality and shelf life of grape (*vitis vinifera*) cv. Perlette , Elixir Agriculture 41: 5731-5735.
- Roper, T. R., and L. E. Williams. 1989. Net CO<sub>2</sub> assimilation and carbohydrate partitioning of grapevine leaves in response to trunk girdling and gibberellic acid application. Plant Physiology, 89 (4): 1136-1140.
- Shulman, Y., G. Nir., H. Bazak, and S. Lavee. 1986. Grapevine girdling by morphactin oil, Hort-science, 21 (4): 999-1000.
- Soltekin, O., T. Teker, A. Erdem, E. Kaçar ve A. Altındışli, 2015. Responde of Red Globe (*Vitis vinifera* L.) to cane girdling, 38th World Congress of Vine and Wine, July 5-10, 2015 - Mainz, Germany 5, 01019 p
- Uzun, İ. ve E. Ceyhan. 1995. Yuvarlak çekirdeksiz uzum çeşidinde gibberellik asit ve bilezik alma uygulamalarının bazı salkım ve tane özelliklerine etkisi üzerinde araştırmalar, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 8: 52-64.
- Weaver, R. J. and Pool R. M., 1972. Effect of time of thinning on berry size of girdled, Gibberellin treated Thompson Seedless Grape, Vitis, 12: 97-99.
- Winkler, A. J., J. A. Cook., W. M. Kliewer, and L. A. Lider. 1974. General Viticulture. University of California Press, Berkeley, ISBN: 0-520-02591-1, 347-356 pp.
- Yamane, T and Shibayama K (2006) Effects of trunk girdling and crop load levels on fruit quality and root elongation in 'Aki Queen' Grapevines, J. Japan. Soc. Hort. Sci. 75 (6): 439-444.
- Zabada, T. J. 1992. Response to 'Himrod' grapevines to cane girdling, Hort-science, 27 (9): 975-976.