



**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. Fatma AYKUT TONK**

**Tarla Bitkileri**

(Field Crops)

**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. İpek ALTUĞ TURAN**

**Peyzaj Mimarlığı**

(Landscape Architecture)

**Dr. Ece SALALI**

**Tarım Ekonomisi**

(Agricultural Economics)

**Dr. Öğr. Üyesi Emrah ZEYBEKOĞLU**

**Bahçe Bitkileri**

(Horticulture)

**Dr. İlkay ALKAN**

**Tarımsal Yapılar ve Sulama**

(Agricultural Structures & Irrigation)

**Yayın Tarihi: 29.09.2023**

**Yazışma Adresi**

(Correspondence Address)

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

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

- Effects of zeolite applications on the mineral elements and fatty acid composition of different olive cultivars**  
Zeolit uygulamalarının farklı zeytin çeşitlerinin bitki besin elementleri ve yağ asidi kompozisyonu üzerine etkisi  
Mahmut TEPECİK, Neriman Tuba BARLAS, Bihter ÇOLAK ESETLİLİ .....375
- Evaluation of water use management performances for irrigation cooperatives in Aydın province**  
Aydın ilinde bulunan sulama kooperatiflerinin su yönetim performanslarının değerlendirilmesi  
Abdurrahman AYDIN, Selin AKÇAY .....385
- Analysis of egg quality traits and prediction of egg weight in Isa Brown laying hens**  
Isa Brown yumurtlayan tavuklarda yumurta kalitesi özelliklerinin analizi ve yumurta ağırlığının tahmini  
Emmanuel Abayomi ROTIMI .....389
- Development of an electronic device for protection from agricultural machinery hazards**  
Tarım makineleri tehlikelerinden korunmak için bir elektronik cihazın geliştirilmesi  
Ahmed SHAWKY EL-SAYED, Safwat EL-HASSANEİN ELKHAWAGA .....405
- Evaluation of different organic fertilizers for improving some agronomic characteristics and essential oil content of *Lippia citriodora* L.**  
*Lippia citriodora* L. bitkisinin bazı agronomik özellikleri ve uçucu yağ içeriğinin artırılması için çeşitli organik gübrelerin araştırılması  
Uğur TAN, Mehmet Ali KURT, Olcay ARABACI .....417
- The weed species in corn fields in Antalya province of Türkiye**  
Antalya (Türkiye) ili mısır tarlalarındaki yabancı ot türleri  
Ayşe Sinem DOĞRU, Yasin Emre KİTİŞ .....429
- The effect of hazelnut husk applications on some properties of hazelnut orchard soil and hazelnut yield**  
Fındık zuru uygulamalarının fındık bahçesi toprağının bazı özelliklerine ve fındık verimine etkisi  
Betül BAYRAKLI, Coşkun GÜLSER, Gülen ÖZYAZICI, Mehmet Arif ÖZYAZICI, Emel KESİM .....437

<b>Fasulye genotiplerinde çok değişkenli istatistiksel yöntemler ile tohum fiziksel özelliklerinin karakterizasyonu</b> Characterization of seed physical properties of bean genotypes by multivariate statistical methods Ruziye KARAMAN.....	451
<b>Siyah ve yeşil çay kullanımının kombu çayı fermantasyonu üzerine etkilerinin belirlenmesi</b> Determination of the effects of black and green tea use on kombucha fermentation Gülçin ŞATIR.....	465
<b>Vadilerin kent ekolojisini iyileştirme olanaklarının Ankara kent vadileri üzerinden değerlendirilmesi</b> Evaluation of the possibilities of the valleys of improving the urban ecology through the Ankara city valleys Sevgi GÖRMÜŞ, Serhat CENGİZ, Elif OKTAY.....	473
<b>Farklı zemin tiplerinin Akkeçilerde süt verimi ve bileşenleri ile somatik hücre sayısı üzerine etkisi</b> Effects of different floor types on milk yield and its components and somatic cell count in Akkeci goats Jaimaz Zaki Abdulazez ALSHAWI, Ayşe Övgü ŞEN, Rabia ALBAYRAK DELİALİOĞLU, Erkan PEHLİVAN, Birol DAĞ.....	489
<b>Farklı uydu verilerinden elde edilen indeksler ile toprak erozyon parametreleri arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi</b> Evaluation of the relationship between indices obtained from different satellite data and soil erosion parameters Fikret SAYGIN, Pelin ALABOZ, Hasan AKSOY, Orhan DENGİZ, Ali İMAMOĞLU, Aykut ÇAĞLAR, Yusuf KOÇ.....	501
<b>Ege Bölgesinde Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) ile kuraklık değerlendirmesi</b> Evaluation of drought with Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) in the Aegean Region Şener ÖZÇELİK, Erhan AKKUZU.....	515
<b>Farklı sıra aralıklarının Macar fiğinde (<i>Vicia pannonica</i> Crantz.) ot verimi ve kalitesi ile arıcılık açısından önem arz eden bazı özellikler üzerine etkileri</b> The effect of different row spacing on forage yield, forage quality and some important features for beekeeping in Hungarian vetch ( <i>Vicia pannonica</i> Crantz.) Mehmet Roni GÖK, Erdal ÇAÇAN.....	529

## **DERLEMELER (REVIEWS)**

<b>Baklagil yem bitkilerinde sekonder metabolitlerin tozlaşmadaki etkileri</b> Effects of secondary metabolites on pollination in legume forage crops Mehmet Arif ÖZYAZICI.....	539
---	-----



**Research Article**  
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (3):375-384  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1246836>

Mahmut TEPECİK<sup>1\*</sup>

N. Tuba BARLAS<sup>1</sup>

Bihter ÇOLAK ESETLİLİ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ege University, Faculty of Agriculture,  
Department of Soil Science and Plant  
Nutrition, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye

\* Corresponding author (Sorumlu yazar):

[mahmut.tepecik@ege.edu.tr](mailto:mahmut.tepecik@ege.edu.tr)

## Effects of zeolite applications on the mineral elements and fatty acid composition of different olive cultivars \*

Zeolit uygulamalarının farklı zeytin çeşitlerinin bitki besin elementleri ve yağ asidi kompozisyonu üzerine etkisi

\* This study was supported by Ege University Scientific Research Projects Coordination (BAP) as project number 2011-ZRF-029.

Received (Alınış): 02.02.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 15.08.2023

### ABSTRACT

**Objective:** The objective of this study was to determine effect of different zeolite doses on plant macro nutrient concentrations, fatty acid contents and fruit weights of Gemlik and Manzanillo olive cultivars.

**Material and Methods:** The experiment was designed as randomized plots with three replications in Gemlik and Manzanillo olive cultivars at 7x7 m spacing. Increasing doses of zeolite (0, 500, 1000, 2000 and 3000 g tree<sup>-1</sup>) were applied.

**Results:** In Gemlik and Manzanillo cultivars, the levels of N, P and Ca elements in the leaves were found to be at sufficient levels. Also K concentration in Z3 and Z4 applicatins, and Mg concentrations in Z2, Z3 and Z4 applications were found to be sufficient.

**Conclusion:** In general, fatty acid levels varied according to zeolite applications; the order followed: oleic acid > palmitic acid > linoleic acid > stearic acid. Gemlik and Manzanillo were included in the high class category according to their fruit weight. The Z4 dose (3000 g tree<sup>-1</sup>) was more effective in applications.

### ÖZ

**Amaç:** Bu araştırma, farklı zeolit dozlarının Gemlik ve Manzanilla zeytin çeşitlerinde makro besin elementi konsantrasyonları, yağ asidi içerikleri ile meyve ağırlıkları üzerindeki etkisini incelemek için yapılmıştır.

**Materyal ve Yöntem:** Deneme Gemlik ve Manzanilla zeytin çeşitlerinde 7x7 m aralıklarda ve tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Artan dozlarda zeolit (0, 500, 1000, 2000 ve 3000 g ağaç<sup>-1</sup>) uygulanmıştır.

**Araştırma Bulguları:** Gemlik ve Manzalina çeşitlerinde yapraklardaki N, P ve Ca elementlerinin seviyeleri yeterli düzeyde bulunmuştur. Ayrıca, K konsantrasyonu Z3 ve Z4 uygulamalarında, Mg konsantrasyonu ise Z2, Z3 ve Z4 uygulamalarında yeterli bulunmuştur.

**Sonuç:** Genel olarak zeolit uygulamalarına göre yağ asidi farklılık göstermiş olup; oleik asit > palmitik asit > linoleik asit > stearik asit sırasını izlemiştir. Gemlik ve Manzanillo meyve ağırlıklarına göre yüksek sınıf kategorisi içerisinde yer almıştır. Uygulamalar içerisinde Z4 dozu (3000 g tree<sup>-1</sup>) daha etkin olmuştur..

**Keywords:** Fatty acid, oleic acid, olive, plant nutrient, zeolite

**Anahtar sözcükler:** Yağ asidi, oleik asit, zeytin, bitki besin elementi, zeolit

## INTRODUCTION

Zeolite has the potency to be used within the agricultural intensification processes and agroindustry. It is a chemical compound mainly composed by alumina-silicate with oxygen bonded and repeatedly connected each other to make a channel and micropore cage that could be filled by metal like sodium, potassium, calcium and magnesium as compensation of electron excess from aluminium. In general, zeolite could be divided into two parts such as natural and synthetic zeolite. Application of natural zeolite has been widely known for its agricultural purposes like soil improvements, fertilizing agent and medium for planting (Cerri et al., 2016). Zeolites have three properties for agricultural purposes: 1- high water holding capacity in free channels in soil, 2-high cation exchange capacity and 3-high adsorption capacity (Hedström, 2001). It was stated that the application of volcanic zeolite tuff in olive trees (*Olea europaea* L.) increased shoot length, plant height, plant weight, number of branches, number of leaves, stem diameter and shoot diameter, leaf relative water content and leaf water potential (Al-Tabbal et al., 2020), zeolite application (5 t ha<sup>-1</sup>) increased soil moisture, fruit fatty acid composition and oil quality (Martins et al., 2022), and zeolites (1500 kg ha<sup>-1</sup>) has been reported to provide significant yield increases of 31.6% and 35.5%, respectively, in olive trees (Martins et al., 2023). Zeolite is generally alkaline reaction and when used in combination with fertilizers it can help buffer soil pH levels, thus reducing the need for lime application (Polat et al., 2004). Zeolite applications to soils can act as slow release fertilizers and increase water holding capacity, improving water and nutrient use efficiency (Nakhli et al., 2017). Natural crystalline structure and Clinoptilolite was found to be the most common natural zeolite mineral (Kurniawan et al., 2018). Clinoptilolite-rich tuff as a soil conditioner significantly increases the yields of wheat (13-15%), eggplant (19-55%), apples (13-38%) and carrots (63%) with the use of zeolite (Mazur et al., 1984). On the other hand, synthetic zeolite usually used as a catalyst in the industrial commercial application such as refinery factory, petrochemical plant and adsorption agent for gas treatment industry (Primo et al., 2014). Because of physical and chemical properties, clinoptilolite [(Na<sub>3</sub>.K<sub>3</sub>) (Al<sub>6</sub>Si<sub>30</sub>O<sub>72</sub>).24H<sub>2</sub>O] is used as a slow-release fertilizer and commonly used as growth medium (Mumpton, 1999). Zeolite is highly economical in terms of reducing fertilizer use and preventing environmental pollution by reducing the leaching of the elements (Gül et al., 2005). Olive (*Olea europaea* L.) is a plant commonly grown in the Mediterranean region. Its fruit is used to produce oil, table olives and other by-products. The main nutrient of olive fruit is oil, predominantly monounsaturated fatty acids. Olives are also rich in carbohydrates, vitamins and minerals (Guo et al., 2018). The fruit of the Gemlik olive variety is black in color, for table use, and also has a high oil content of up to 29%. The Gemlik tree is generally of medium size, with a rounded crown and medium vigor (Anonymous, 2000). Manzanillo, in other words, Manzanillo cultivar is quite widespread in Spain and it is known to be spread from Spain to entire world. Because of its superior taste, availability for cultivation and processing techniques, Manzanillo is the most widely used green table olive. Totally because of the aroma of Manzanillo, Spain is the largest green olive trader country of the world (Lopez-Lopez et al., 2015). The most abundant fatty acids were stated as oleic acid (C18:1), linoleic acid (C18:2) palmitic acid (C16:0) and stearic acid (C18:0), so these fatty acids have been identified. Oil composition and quality vary according to several factors, such as climate conditions, harvest time and agronomic practices (Jimenez-Lopez et al., 2020).

The objective of this study was to determine the effect of different zeolite doses on plant nutrient (nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium) concentrations, fatty acid (linoleic acid, oleic acid, palmitic acid and stearic acid) contents and fruit weights of Gemlik and Manzanillo olive cultivars. Presence of zeolite resources and properties of zeolite in our country seem to be a promising sustainable strategy to implement in olive orchards. The effects of potassium level in the structure of zeolite on olives were tried to be tested.

## MATERIALS and METHODS

The study was conducted during two successive years (2011-2012) in the orchards of Ege University Agricultural Faculty Soil Science and Plant Nutrition Department. The olive grove was 10 years old and was established with Gemlik and Manzanillo olive cultivars at 7x7 m spacing. The experiment was designed as

randomized plots with three replications with a single tree in each replicate. Zeolite treatments were applied for two years. Some properties of zeolite used in the experiment pH (1:2.5 water extract)=8.19, EC (dS m<sup>-1</sup>) =0.596, Total nitrogen (N) (%) =0.016, available phosphorus (P)=1.84 mg kg<sup>-1</sup>, available potassium (K)=10403.3 mg kg<sup>-1</sup> available calcium (Ca)=3018.4 mg kg<sup>-1</sup>, available magnesium (Mg)=606.0 mg kg<sup>-1</sup>, available sodium (Na)=657.6 mg kg<sup>-1</sup> and particle size (mm) < 4 the properties of the zeolite used in the experiment are as specified. Treatments were applied at 5 different doses (control (Z0); 500 (Z1), 1000 (Z2), 2000 (Z3) and 3000 g zeolite tree<sup>-1</sup> (Z4); to tree canopy projection at the beginning of February, zeolite application doses were made according to Mumpton (1999). Nitrogen and phosphorus were used at constant doses. Ammonium nitrate NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (33% N) and Triple Super Phosphate (TSP) (44-46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) were used as N and P source. NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> fertilizer (600 g N tree<sup>-1</sup>) and Triple Super Phosphate (TSP) fertilizers (400 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tree<sup>-1</sup>) were applied to 15-20 cm deep plow grooves and grooves were closed with a plow. Soil analysis results for experimental olive grove are provided in Table 1.

**Table 1.** Analysis results of the soils where the olive varieties are grown

**Çizelge 1.** Zeytin çeşitlerinin toprak analiz sonuçları

Properties		Gemlik	Manzanillo
pH		7.40	7.46
Total salt	(%)	0.068	0.079
CaCO <sub>3</sub>	(%)	23.91	24.62
Sand	(%)	29.2	30.6
Silt	(%)	32.4	29.4
Clay	(%)	38.4	40.0
Texture class		Clay loam	Clay loam
Organic matter	(%)	2.22	2.68
Total N	(%)	0.101	0.112
Available P	(mg kg <sup>-1</sup> )	2.10	1.71
Available K	(mg kg <sup>-1</sup> )	320.6	348.9
Available Ca	(mg kg <sup>-1</sup> )	7130	7288
Available Mg	(mg kg <sup>-1</sup> )	210.2	237.5
Available Na	(mg kg <sup>-1</sup> )	57.6	38.7
Available Fe	(mg kg <sup>-1</sup> )	7.3	9.8
Available Zn	(mg kg <sup>-1</sup> )	2.1	2.5
Available Cu	(mg kg <sup>-1</sup> )	2.6	2.5
Available Mn	(mg kg <sup>-1</sup> )	14.2	16.4

### Analyses conducted on leaf samples

The middle leaf pairs on nonbearing shoots were taken as leaf samples. In both years, leaf samples were taken from all sides of the olive trees at the end of November (Jones et al., 1991). Leaf samples were washed through distilled water, dried at 65-70°C and ground to make them ready for analyses. Nitrogen contents were determined according to Kjeldahl method (Bremner, 1965); potassium, phosphorus, calcium and magnesium concentrations were determined from plant extracts obtained through dry-ashing at 500±550°C. Potassium and calcium contents were determined in a flame photometer and Magnesium contents were determined in the Atomic Absorption Spectrophotometer (Kacar & İnal, 2008). Phosphorus content was determined calorimetrically (Lott et al., 1956). Fruit weight was obtained as a result of average fruit weight.

### Analyses conducted on olive oil

Harvesting was carried out when the color change of the fruit started in both olive varieties, and the oil production of olive varieties reached the highest level in November (Canözer, 1991). At the harvest season, about 1.5-2.0 kg olive samples were collected from each tree of each treatment of Gemlik and Manzanillo olive cultivars. Fatty acid composition was determined by obtaining oil from fruit samples. The

oil of olive fruits was extracted by cold extraction method and stored at 4°C in dark colored bottles until the olive oil quality analysis was achieved (Kutku & Şen, 2011). Cold methylation method (IUPAC Metod 2.301) approved by International Olive Oil Council (IOOC) was used for olive oil esterification. Oil samples were converted into methyl esters, then fatty acid analyses (oil composition) were conducted in a gas chromatography (Agilent Technologies, 6890N brand) device equipped with 60 m Spelco 2380 brand capillary column (60 m x 0.25 mm i.d., 0.20 µm film thickness). Resultant peaks were identified with the use of fatty acid standards and fractions were determined by calculating peak time and area and results were expressed as percentage (Anonymous 1987).

### Statistical analysis

Analysis of variance was used to test differences between treatment means. All statistical analyses were conducted using SPSS statistics 20.0 software, at a probability levels of  $p < 0.05$ .

## RESULTS and DISCUSSION

### Leaf macro elements

In Gemlik cultivar, N contents varied between 1.89-2.00% and 1.93-2.05% in the two successive years (Table 2).

**Table 2.** Effects of treatments on macro plant nutrient contents in leaves of olive varieties

**Çizelge 2.** Zeolit uygulamasının zeytin çeşitlerin yaprağın makro bitki besin içeriğine etkisi

T <sup>x</sup>	2011 (%)					2012 (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	
Gemlik	Z0	1.89±0.06	0.12b±0.02	0.81b±0.01	2.01±0.01	0.16b±0.01	1.93±0.04	0.10b±0.01	0.82b±0.05	2.06±0.08	0.16b±0.02
	Z1	1.91±0.10	0.12b±0.02	0.86ab±0.07	2.05±0.05	0.22ab±0.05	1.95±0.03	0.12b±0.01	0.88b±0.04	2.06±0.08	0.20ab±0.02
	Z2	1.93±0.08	0.15ab±0.05	0.87ab±0.06	2.07±0.09	0.24a±0.03	1.99±0.09	0.17b±0.07	0.88b±0.06	2.09±0.07	0.22a±0.05
	Z3	2.00±0.11	0.23a±0.09	0.94ab±0.03	2.09±0.08	0.22ab±0.01	2.05±0.05	0.26a±0.06	0.94ab±0.04	2.14±0.02	0.21a±0.04
	Z4	1.98±0.07	0.16ab±0.04	1.01a±0.10	2.05±0.06	0.22ab±0.03	2.02±0.07	0.17b±0.02	1.05a±0.11	2.12±0.06	0.22a±0.03
	LSD	ns	0.079*	0.151**	ns	0.070**	ns	0.079*	0.151**	ns	0.052*
Manzanillo	Z0	1.82b±0.02	0.18b±0.02	0.84b±0.02	2.07±0.11	0.20±0.03	1.87b±0.07	0.19b±0.04	0.82b±0.06	2.11±0.10	0.18±0.01
	Z1	1.82b±0.08	0.21ab±0.04	0.84b±0.12	2.06±0.03	0.22±0.06	1.91b±0.08	0.21b±0.02	0.88b±0.07	2.14±0.05	0.21±0.06
	Z2	1.84b±0.08	0.21ab±0.04	0.86b±0.10	2.09±0.17	0.18±0.03	1.99b±0.12	0.22ab±0.03	0.88b±0.05	2.18±0.05	0.19±0.02
	Z3	1.90ab±0.07	0.23ab±0.04	1.04a±0.06	2.19±0.03	0.23±0.01	2.17a±0.04	0.22ab±0.03	0.94ab±0.04	2.13±0.04	0.22±0.03
	Z4	2.02a±0.06	0.26a±0.02	1.10a±0.05	2.16±0.07	0.20±0.04	2.19a±0.03	0.28a±0.04	1.05a±0.02	2.05±0.08	0.20±0.06
	LSD	0.165**	0.054*	0.152**	ns	ns	0.165**	0.073**	0.152**	ns	ns

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ ; T<sup>x</sup>; Treatments, ns: not significant

In Manzanillo cultivar, N contents varied between 1.87-2.02% in the first year and between 1.87-2.19% in the second year. In Gemlik cultivar, leaf P contents varied between 0.12-0.23% in the first year and between 0.10-0.26% in the second year. In Manzanillo cultivar, P contents varied between 0.18-0.26% in the first year and between 0.19-0.28% in the second year. Effects of zeolite treatments on leaf potassium (K) contents were also found to be significant. In Gemlik cultivar, leaf K contents varied between 0.81-1.01% in the first year and between 0.82-1.05% in the second year. In Manzanillo cultivar, leaf K contents varied between 0.84-1.10% in the first year and between 0.82-1.05% in the second year. Based on zeolite treatments, leaf Ca contents of Gemlik cultivar varied between 2.01-2.09% in the first year and between 2.06-2.14% in second year; Ca contents in Manzanillo variety



varied 2.06-2.19% in the first year and between 2.05-2.18% in the second year. Effects of zeolite treatments on magnesium contents of Gemlik cultivar were found to be significant. Based on treatments, leaf Mg contents of Gemlik cultivar varied between 0.16-0.24% in the first year and between 0.16-0.22% in the second year; Mg contents of Manzanillo variety varied between 0.18-0.23% in the first year and between 0.18-0.22% in the second year. Zeolite applications did not have a significant effect on the N content of the leaf in the Gemlik olive cultivar and the lowest total N concentration in control (Z0) treatment and the highest total N concentration in Z3 treatment. In Manzanillo olive tree total N concentrations were found to be significant ( $p < 0.01$ ). In both years, the highest total N concentration was observed in Z4 treatment. Such differences in N contents of olive leaves were mostly attributed to differences in growing practices cultivars (Fernandez-Escobar et al., 2015). Present findings on N contents were similar with the findings obtained by Irget et al. (2010). N deficiency level for Gemlik and Manzanillo cultivars was reported as 1.2% by Fernandez-Escobar et al. (2009). Present values were higher than this deficiency level, thus present leaves were found to be sufficient in N levels. According to the results obtained also between the sufficiency limits of 1.50-2.50% indicated by Jones et al. (1991).

Effects of zeolite treatments on leaf P contents were found to be ( $p < 0.05$ ) significant level. Based on zeolite treatment doses, the highest P content was observed in Z3 (0.23%) treatment of Gemlik cultivar and Z4 (0.26%) treatment of Manzanillo cultivar. In Gemlik cultivar the lowest contents of P with 0.12% were observed in Z0 and Z1 treatments and in Manzanillo olive tree P concentration was determined in 0.18% application of Z0. Present findings on leaf P contents were similar with the findings of Fernandez-Escobar et al. (2015). Present values also within the limit values of 0.10-0.30% indicated by Jones et al. (1991), thus indicated that there were not any problems in terms of P nutrition. In general, leaf K contents increased with increasing zeolite doses. Potassium concentration was found to be statistically significant ( $p < 0.01$ ) difference according to the applications. However, these differences do not appear to be a standard increase among all applications. The highest K contents were observed in Z4 treatments of both cultivars. K concentrations below 0.4% were considered as serious deficit and above 0.8% were considered as sufficient (Fernández-Escobar, 2007). Considering the sufficiency levels of 0.90-1.20% indicated by Jones et al. (1991), present values revealed that deficient except for doses Z3 and Z4 sufficient K nutrition. Such sufficient levels were attributed to inherent K content of zeolite can be used which hold nutrients in the root zone for plants to use when required which leads to more efficient use of N and K fertilizers (Aghaalikhani et al., 2012). Zeolites decrease application rate of N and K fertilizers, as they themselves are carriers of N and K fertilizers thereby increasing efficacy (Polat et al., 2004). Zeolite application effects of leaf Ca contents were found to be insignificant. In Gemlik cultivar, the highest Ca content was observed in Z3 treatment. In Manzanillo cultivar, the highest Ca content was observed in Z3 application in the first year and in Z2 treatment in the second year. Present findings on leaf Ca contents were similar with the values of Soyergin (1993), but different from the values obtained by Özel (2019). Present values were within the sufficiency limits of 1.00-2.00% indicated by Jones et al. (1991). Gemlik cultivar the highest Mg concentration was determined in the first year Z2 (0.24%), in the following year Z2 and Z4 (0.22%) application and in the manzanillo variety in the first year Z3 (0.23%) and in the second year Z3 (0.22%) application. The lowest Mg concentration was determined in the Gemlik variety in Z0 (0.16%) application in both years and in the manzanillo variety in the Z2 (0.22%) application in the first year and in the Z0 (0.18%) application in the second year, respectively. Present findings on Mg contents were similar with the values found by Soyergin (1993), but different from the values by Toplu (2000). Leaf Mg contents of Gemlik and Manzanillo olive cultivars were mostly within the sufficiency levels of 0.20-0.60% indicated by Jones et al. (1991), but some samples were not found to be sufficient (Z0) based on these values.

### Contents of fatty acids

Palmitic acid contents of Gemlik cultivar varied between 13.13-14.28% in the first year and between 13.86-14.90% in the second year; palmitic acid contents of Manzanillo cultivar varied between 16.05-17.50% in the first year and between 16.60-18.58% in the second year. Stearic acid contents of Gemlik cultivar varied between 3.06-4.80% in the first year and between 2.83-3.43% in the second year; stearic acid contents of Manzanillo cultivar varied between 2.37-2.52% in the first year and between 2.36-3.58% in the second year. Oleic acid contents of Gemlik cultivar varied between 71.84-72.47% in the first year and between 72.02-73.84% in the second year; oleic acid contents of Manzanillo cultivar varied between 63.53-68.16% in the first year and between 66.11-70.14% in the second year. Zeolite treatments had significant effects on palmitic acid contents of Manzanillo cultivar. In Gemlik cultivar, linoleic acid contents varied between 6.68-7.75% in the first year and between 7.20-9.18% in the second year. In Manzanillo cultivar, linoleic acid contents varied between 10.25-12.08% in the first year and between 12.30-13.56% in the second year (Table 3).

**Table 3.** Effects of zeolite application on fatty acid compositions of olive varieties

**Çizelge 3.** Zeolit uygulamasının zeytin çeşitlerinin yağ asidi kompozisyonuna etkisi

T <sup>x</sup>	2011 (%)				2012 (%)			
	Palmitic acid (C16:0)	Stearic acid (C18:0)	Oleic acid (C18:1)	Linoleic acid (C18:2)	Palmitic acid (C16:0)	Stearic acid (C18:0)	Oleic acid (C18:1)	Linoleic acid (C18:2)
Z0	13.86±1.02	3.17b±1.00	71.97±1.00	6.88±0.97	13.86±0.58	3.01±0.58	72.02±0.99	7.27b±1.00
Z1	13.13±1.00	3.64ab±1.04	72.47±1.98	6.68±1.06	14.05±0.73	3.18±0.64	72.83±1.03	7.20b±0.98
Z2	13.91±1.02	3.28b±0.98	71.84±1.04	7.23±1.03	13.94±0.78	3.01±0.38	72.96±0.98	8.16ab±1.04
Z3	14.28±0.98	4.80a±0.14	72.07±2.02	6.93±0.97	14.39±1.01	2.83±0.72	73.84±1.04	8.45ab±1.05
Z4	13.73±1.01	3.06b±1.00	72.06±1.00	7.75±1.05	14.90±0.08	3.43±0.47	72.61±1.01	9.18a±0.99
LSD	ns	1.278*	ns	ns	ns	ns	ns	1.729*
Z0	16.83ab±0.97	2.42±0.60	66.02ab±5.02	12.08a±1.02	16.60b±0.56	2.36±0.48	66.11±1.03	12.30±1.05
Z1	16.05b±1.00	2.49±1.02	67.26ab±5.02	11.02ab±1.01	17.57ab±0.60	3.13±0.18	67.72±0.98	12.66±0.98
Z2	16.11b±1.02	2.39±1.04	68.16a±1.96	10.32b±1.02	17.16ab±0.60	3.08±0.05	70.14±0.95	13.56±1.01
Z3	17.32ab±0.98	2.37±1.00	66.83ab±0.98	10.25b±0.95	18.50a±0.49	3.58±0.64	69.02±1.00	13.33±1.06
Z4	17.50a±1.00	3.52±1.02	63.53b±3.03	12.05a±0.95	18.58a±0.50	3.45±0.59	66.31±1.12	13.13±1.03
LSD	1.369*	ns	4.495*	1.717*	1.867**	ns	ns	ns

\* p<0.05, \*\* p<0.01; T<sup>x</sup>; Treatments, ns: not significant

Zeolite treatments had significant effects on oleic acid contents of Manzanillo cultivar. Major fatty acids of present olive oils were identified respectively palmitic (C16:0), stearic acid (C18:0), oleic (C18:1) and linoleic (C18:2) and (Monfreda et al., 2012), respectively. Gemlik cultivar the highest linoleic acid contents was determined in the first year Z4 (7.75%), in the following year Z4 (9.18%) application and in the manzanillo variety in the first year Z0 (12.08%) and in the second year Z2 (13.56%) application. The smallest content was determined in the Gemlik variety in Z1 (6.68%) in the first year and second year Z1 (7.20%) and in the manzanillo variety in the Z3 (10.25%) application in the first year and in the Z0 (12.30%) application in the second year respectively. Manzanillo cultivar had higher linoleic acid content than Gemlik cultivar. There was no statistical difference between the linoleic acid values of Gemlik cultivar in 2011 and Manzanilla cultivar in 2012. Linoleic acid value in Manzanilla cultivar in 2011 was statistically the same in Z0 and Z4 applications. Gemlik cultivar the highest oleic acid contents was determined in the first year Z1 (72.47%), in the following year Z3 (73.84%) application and in the manzanillo variety in the first year Z1 (67.26%) and in the second year Z2 (70.14%) application. The highest oleic acid content was observed in

Z3 treatment of Gemlik cultivar with 73.84%. Only in 2011, oleic acid values were found to be statistically significant among applications in Manzanilla cultivar. The highest oleic acid value was obtained by the application of Z2 dose. Douzane et al. (2012) emphasized that varietal difference was an effective criterion on oleic acid and linoleic acid (Hernandez et al., 2011). The highest palmitic acid contents were determined in Gemlik cultivar with Z3 (14.28%) application in the first year and Z4 (14.90%) application in the second year, while in manzanillo variety was calculated in Z4 (17.20%) application in the first year and Z4 (18.58%) application in the second year, respectively. The smallest content was determined in the Gemlik variety in Z1 (13.13%) in the first year and second year Z0 (13.86%) and in the manzanillo variety in the Z1 (16.05%) application in the first year and in the Z0 (16.60%) application in the second year respectively. Manzanillo cultivar had higher palmitic acid content than Gemlik cultivar. The highest value and smallest stearic acid contents were determined in Gemlik variety in Z3 (4.80%) application in the first year and the lowest value in Z4 (3.06%) application and in the second year in Z4 (3.43%) applications and the lowest value in Z3 (2.83%) application. Manzanillo variety were determining the highest value first year Z4 (3.52%) application and Z3 (3.58%) second year and the smallest values were determined in Z3 (2.37%) and Z0 (2.36%) applications in respectively. Fatty acid is ordered from as oleic acid (C18:1)> palmitic acid (C16:0)> linoleic acid (C18:2)>and Stearic acid (C16:0) respectively. Present values of Gemlik and Manzanillo oil cultivars were within the values specified by The International Olive Council (2022) for for palmitic acid (7.00-20.00%), stearic acid (0.50-5.00%), oleic acid (55.00-85.00%) and linoleic acid (2.50-21.00%). Oleic acid was the highest concentration and this acid was more dominant in Gemlik oils (Kesen et al., 2017). As it was indicated by Leon et al. (2004), fatty acids of present cultivars were ordered as oleic acid > palmitic acid > linoleic acid > stearic acid. Oleic acid was the major fatty acid in both cultivars Menz & Vriesekoop 2010 (Gordal Sevillana Olives (*Olea europaea* L., cv. Gordal Sevillana), Şen & Esen Koşaran, 2021 (*Olea europaea* L. cv. Ayvalık Yağlık), Oleic acid (62.77-63.86%)>palmitic acid (15.90-16.51%) > linoleic acid (12.72-14.15%)>stearic acid (4.17-4.34%) and it is observed that they are similar to the values stated by Didin et al. 2021 (natural olive oil). Present fatty acid contents of Gemlik cultivar were similar with the values as recommended by Yorulmaz et al. (2010) for palmitic acid (13.33%), stearic acid (2.59%), oleic acid (72.34%) and linoleic acid (8.57%), but different from the values of Tanılğan et al. (2007) for palmitic acid (8.1%), stearic acid (5.6%), oleic acid (81.1%) and linoleic acid (4.9%). Such differences were mainly attributed to the differences in climate conditions, cultural practices and harvest dates (Motilva et al., 2000). Sweeney (2005) reported major fatty acids of Manzanillo cultivar as palmitic acid (13.24%), stearic acid (2.92%), oleic acid (72.97%) and linoleic acid (7.39%); Galeano Diaz et al. (2005) reported major fatty acids of Manzanillo olive cultivar as palmitic acid (12.04%), stearic acid (1.98%), oleic acid (79.03%) and linoleic acid (4.49%). Torres & Maestri (2006) reported major fatty acids of Manzanillo olives grown in Argentina as palmitic acid (15.2-16.9%), stearic acid (1.43%), oleic acid (72.2%) and linoleic acid (8.34%). Present fatty acid contents were somehow different from these literature findings. Nutritionally, the ratio of oleic/palmitic acid (C18:1/C16:0) is important (Pacheco et al., 2006). Currently, oleic/palmitic acid ratio <5 is recommended (Simopoulos, 2008). In Manzanillo olive variety the average ratios were close to this level (about 3.56 and 4.23 respectively), but Gemlik olive variety This ratio was higher than 5 in Gemlik variety (about 4.87 and 5.51 respectively), and other factors that influence the physical and chemical composition of the fruit (Ghanbari et al., 2012). Olive oil composition influenced by several factors like cultivar, environment, agronomic practices processing and storage (Guerfel et al., 2012), geographic area, maturity index, climatic conditions (rainfall, temperature, humidity) and agricultural practices (Borges et al., 2017).

The fruit weight in Gemlik variety olive were determined to be 4.23-4.60 g in the 1<sup>st</sup> year and 4.29-4.58 g in the 2<sup>nd</sup> year and Manzanillo variety first year 4.41-4.76 g and in the second year 4.44-4.85 g. In both varieties, the lowest fruit weight was obtained from the control (Z0) application, and the highest fruit weight was obtained from the zeolite (Z4) application (Table 4). Fruit weight levels, measured were below according to the (5.15-7.65 g) Ozdemir et al. (2018). The following characteristics were evaluated and classified according to Methamem et al. (2015), for fruit weight: low (< 2 g), medium (2 to 4 g), high (4 to 6 g) and very high (> 6 g). Gemlik and Manzanillo Fruits is in high group

**Table 4.** Effects of zeolite applications on the fruit weights of olive varieties**Çizelge 4.** Zeolit uygulamasının zeytin çeşitlerinin meyve ağırlıklarına etkisi

T <sup>x</sup>	Gemlik (g)		Manzanillo (g)	
	2011	2012	2011	2012
Z0	4.23±0.24	4.29±0.36	4.41±0.11	4.44±0.23
Z1	4.26±0.51	4.32±0.43	4.45±0.32	4.55±0.26
Z2	4.29±0.22	4.31±0.55	4.58±0.43	4.67±0.41
Z3	4.52±0.25	4.40±0.20	4.71±0.48	4.80±0.62
Z4	4.60±0.34	4.58±0.26	4.76±0.51	4.85±0.43
LSD	ns	ns	ns	ns

ns: not significant, <sup>x</sup>Treatments

## CONCLUSIONS

Zeolites have the ability to retain nutrients in the topsoil. Fatty acid contents differed according to zeolite applications and are listed as; oleic acid > palmitic acid > linoleic acid > stearic acid. The use of zeolite in agricultural production has increased. Depending on the soil, climate and growing conditions, the application of zeolite together with chemical fertilizers may have a more beneficial effect on the soil and plant. Due to its slow release fertilizer feature, the applications to be made for the effect of zeolite should be done for many years and it will be more beneficial to apply it on different plants. The dose of zeolite Z4 (3000 g tree<sup>-1</sup>) application is recommended according to the fruit weight values of olive cultivars.

## ACKNOWLEDGMENTS

This study was financially supported by Ege University Scientific Research Projects Coordination (BAP, Project No; 2011-ZRF-029). The authors would like to thank for the financial support

## REFERENCES

- Aghaalikhani, M., M. Gholamhoseini, A. Dolatabadian, A. Khodaei-Joghan & K.S. Asilan, 2012. Zeolite influences on nitrate leaching, nitrogen-use efficiency, yield and yield components of canola in sandy soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 58 (10): 1149-1169. <https://doi.org/10.1080/03650340.2011.572876>
- Al-Tabbal, A., N.K. Al-Mefleh, K.K. Al-Zboon & M.J. Tadros, 2019. Effects of volcanic zeolite tuff on Olive (*Olea Europaea* L.) growth and soil chemistry under a constant water level: Five years monitoring experience. *Environment and Natural Resources Journal*, 18: 44-54. <https://doi.org/10.32526/Ennrj.18.1.2020.05>
- Anonymous, 1987. Standard methods for analysis of oils, fats and derivatives. International Union of Pure and Applied Chemistry, 7<sup>th</sup>., Blackwell Scientific Publications, UIPAC Method 2.301.
- Anonymous, 2000. World Catalogue Of Olive Varieties. International Olive Oil Council, Spain, 360 pp.
- Borges, T.H., J.A. Pereira, C. Cabrera-Vique, L. Lara, A.F. Oliveira & I. Seiquer, 2017. Characterization of arbequina virgin olive oils produced in different regions of Brazil and Spain: Physicochemical properties, oxidative stability and fatty acid profile. *Food Chemistry*, 215: 454-462. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.162>
- Bremner, J.M., 1965. Total nitrogen. *Agronomy*, 9: 1149-1178. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.c32>
- Canözer, Ö., 1991. Yerli ve yabancı zeytin çeşitlerinin özelliklerinin tespiti ve koleksiyon zeytinliği tesisi (Sonuç raporu). Zeytincilik Araştırma Enstitüsü, Bornova, İzmir.
- Cerri, G., M. Farina, A. Brundu, A. Dakovic, P. Giunchedi, E. Gavini & G. Rassu, 2016. Natural zeolites for pharmaceutical formulations: Preparation and evaluation of a clinoptilolite-based material. *Microporous and Mesoporous Materials*, 223: 58-67 <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2015.10.034>
- Didin, M. S.Z. Sakarya, D.B. Konoşkan, M. Doğan, A.D. Duman & Z. Aydın, 2021. The effect on some quality properties and fatty acid composition of filtration with different materials of olive oil. *Mustafa Kemal University Journal of Agricultural Sciences* 26 (2): 443-451. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.910375>

- Douzane, M., A. Nouani, E. Dako & M. Bellal, 2012. Influence of the variety, the crop year and the growing on the fatty acid and tocopherols composition of some algerian virgin olive oils. *African Journal of Agricultural Research*, 7 (34): 4738-4750. <https://doi.org/10.5897/AJAR11.2486>
- Fernandez-Escobar, R., 2007. "Fertilization, 145-164". In: *Production Techniques In Olive Growing*. international Olive Council, Madrid, Spain. ISBN 9788493166366.
- Fernandez-Escobar, R., L. Marin, M.A. Sanchez-Zamora, J.M. Garcia-Novelo, C. Molina-Soria & M.A. Parra, 2009. Long-term effects of N fertilization on cropping and growth of olive trees and on N accumulation in soil profile. *European Journal of Agronomy*, 31(4): 223-232 <https://doi.org/10.1016/j.eja.2009.08.001>
- Fernandez-Escobar, R., M.A. Sanchez-Zamora, M. Jorge, J.M. Garcia-Novelo & C. Molina-Soria, 2015. Nutrient removal from olive trees by fruit yield and pruning. *Hortscience*, 50 (3): 474-478. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.50.3.474>
- Galeano Diaz, T., I. Duran Meras, J. Sanchez Casas & M.F. Alexandre Franco, 2005. Characterization of virgin olive oils according to its triglycerides and sterols composition by chemometric methods. *Food Control*, 16 (4): 339-347 <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.03.014>
- Ghanbari, R., F. Anwar, K.M. Alkharfy, A.H. Gilani & N. Saari, 2012. Valuable nutrients and functional bioactives in different parts of olive (*Olea europaea* L.)-A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 13 (3): 3291-3340. <https://doi.org/10.3390/ijms13033291>
- Guerfel, M., M.B. Masour, Y. Ouni, F. Guido, D. Boujnah & M. Zarrouk, 2012. Triacylglycerols composition and volatile compounds of virgin olive oil from *Chemlali cultivar*: comparison among different planting densities. *The Scientific World Journal*, <https://doi.org/10.1100/2012/354019>
- Gül, A., D. Eroğul & A.R. Ongun, 2005. Comparison of the use of zeolite and perlite as substrate for crisp-head lettuce. *Scientia Horticulturae* 106 (4): 464-471. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2005.03.015>
- Guo, Z., X. Jia, Z. Zheng, X. Lu, Y. Zheng, B. Zheng & J. Xiao, 2018. Chemical composition and nutritional function of olive (*Olea europaea* L.): a review. *Phytochem Reviews*, 17: 1091-1110. <https://doi.org/10.1007/s11101-017-9526-0>
- Hedström, A., 2001. Ion exchange of ammonium in zeolites: A literature review. *Journal of Environmental Engineering*, 127: 673-681. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(2001\)127:8\(673\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(2001)127:8(673))
- Hernandez, M.L., M.N. Padilla, M.D. Sicardo, M. Mancha & J.M. Martínez-Rivas, 2011. Effect of different environmental stresses on the expression of oleate desaturase genes and fatty acid composition in olive fruit. *Phytochemistry*, 72 (2-3): 178-187 <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2010.11.026>
- International Olive Council., 2022. Trade standard applying to olive oils and olive pomace oils. COI/T.15/NC No 3/Rev. 19. November 2022.
- Irget, M.E., D. Anaç, C.C. Kılıç, M. Tepecik & K. Özer, 2010. Determination of nitrogen rates in olive (*Olea europaea* cv *Memeçik*). *Asian Journal of Chemistry*, 22 (2): 1435-1444.
- Jimenez-Lopez, C.; M. Carpena, C. Lourenço-Lopes, M. Gallardo-Gomez, J.M. Lorenzo, F.J. Barba, M.A. Prieto & J. Simal-Gandara, 2020. Bioactive compounds and quality of extra virgin olive oil. *Foods*, 9: 1014. <https://doi.org/10.3390/foods9081014>
- Jones, Jr.J.B., B. Wolf & H.A. Mills, 1991. *Plant analysis handbook*. Micro-Macro Publishing, Inc.213, USA
- Kacar, B. & A. İnal, 2008. *Bitki Analizleri*. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 892 s.
- Kesen, S., A. Amanpour, S. Sonmezdag, H. Kelebek & S. Sellı, 2017. Effects of cultivar, maturity index and growing region on fatty acid composition of olive oils. *Eurasian Journal of Food Science and Technology*, 1(2): 18-28.
- Kurniawan, T., J. Jayanudin, I. Kustiningsih & M.A. Firdaus, 2018. Palm sap sources, characteristics, and utilization in Indonesia. *Journal of Food and Nutrition Research*, 6(9): 590-596 <https://doi.org/10.12691/jfnr-6-9-8>
- Kutlu, E. & F. Şen, 2011. The effect of different harvest time on fruit and olive oil quality of olive (*Olea europea* L.) cv. Gemlik. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 48 (2): 85-93.
- Leon, L., M. Uceda, A. Jimenez, L.M. Martin & L. Rallo, 2004. Variability of fatty acid composition in olive (*Olea europaea* L.) progenies. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2 (3): 353-359. <https://doi.org/10.5424/sjar/2004023-89>
- Lopez-Lopez, A., A. Cortes-Delgado & A. Garrido-Fernandez, 2015. Effect of green Spanish-style processing (*Manzanilla and Hojiblanca*) on the quality parameters and fatty acid and triacylglycerol compositions of olive fat. *Food Chemistry*, 188: 37-45. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.080>
- Lott, W.L., J.P. Nery, J.R. Gall & J.C. Medcoff, 1956. *Leaf Analysis Technique in Coffe Research*. New York, NY: IBEC Research Institute, Series: IBEC; No: 9.
- Martins, S., E. Silva, C. Brito, C. Martins-Gomes, A. Gonçalves, M. Arrobas, M.A. Rodrigues, C.M Correia & F.M. Nunes, 2022. Zeolites and biochar modulate olive fruit and oil polyphenolic profile. *Antioxidants*, 11: 1332. <https://doi.org/10.3390/antiox11071332>

- Martins, S., E. Silva, C. Brito, L. Pinto, C. Martins-Gomes, A. Gonçalves, M. Arrobas, M.A. Rodrigues, C.M. Correia & F.M. Nunes, 2023. Combining zeolites with early-maturing annual legume cover crops in rainfed orchards: effects on yield, fatty acid composition and polyphenolic profile of olives and olive oil. *Molecules*, 28: 2545. <https://doi.org/10.3390/molecules28062545>
- Mazur, G.A., G.K. Medvid & T.I. Grigora, 1984. Use of natural zeolites for increasing the fertility of light textured soils. *Pochvovedenie*, 10: 73-75.
- Menz, G. & F. Vriesekoop, 2010. Physical and chemical changes during the maturation of Gordal Sevillana olives (*Olea europaea* L. cv. *Gordal Sevillana*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58 (8): 4934-4938. <https://doi.org/10.1021/jf904311r>
- Methamem, S., H. Gouta, A. Mougou, M. Mansour & D. Boujnah, 2015. Yield, fruit and oil content of some olive trees (*Olea europaea* L.) field-grown in Tunisia. *Annals of Biological Research*, 6 (9): 64-71.
- Monfreda, M., L. Gobbi & A. Grippa, 2012. Blends of olive oil and sunflower oil: characterization and olive oil quantification using fatty acid composition and chemometric tools. *Food Chemistry*, 134 (4): 2283-2290. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.03.122>.
- Motilva, M.J., M.J. Tovar, M.P. Romero, S. Alegre & J. Girona, 2000. Influence of regulated deficit irrigation strategies applied to olive trees (*Arbequina cultivar*) on oil yield and oil composition during the fruit ripening period. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80: 2037-2043. [https://doi.org/10.1002/1097-0010\(200011\)80:14<2037:AID-JSFA733>3.0.CO;2-0](https://doi.org/10.1002/1097-0010(200011)80:14<2037:AID-JSFA733>3.0.CO;2-0)
- Mumpton, F.A. 1999. La roca magica: uses of natural zeolites in agriculture and industry. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 96: 3463-3470. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.7.3463>
- Nakhli, S.A.A., M. Delkash, B.E. Bakhshayesh & H. Kazemian, 2017. Application of zeolites for sustainable agriculture: a review on water and nutrient retention. *Water Air Soil Pollution*, 228 (12): 464. <https://doi.org/10.1007/s11270-017-3649-1>
- Ozdemir, Y., N.A. Tangul, A. Ozturk, M.E. Akcay & S. Ercisli, 2018. Fruit characteristics of six candidate olive cultivars. *Folia Hort.*, 30 (1): 169-177. <https://doi.org/10.2478/fhort-2018-0017>
- Özel, E., 2019. Determination of Nutritional Status of Olive (*Olea europaea* L.) Orchards Grown in Bandırma District, by plant analysis. MSc thesis. Tekirdağ Namık Kemal Univ., Turkey, 55 pp.
- Pacheco, Y.M., B. Bermudez, S. Lopez, R. Abia, J. Villar & F.J.G. Muriana, 2006. Ratio of oleic to palmitic acid is a dietary determinant of thrombogenic and fibrinolytic factors during the postprandial state in men. *American Journal of Clinical Nutrition*, 84(2): 342-349. <https://doi.org/10.1093/ajcn/84.2.342>
- Polat, E., M. Karaca, H. Demir & A.N. Onus, 2004. Use of natural zeolite (Clinoptilolite) in agriculture. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 12: 183-189. <https://www.researchgate.net/publication/267377971>
- Primo, A. & H. Garcia, 2014. Zeolites as catalysts in oil refining. *Chemical Society Reviews*, 43 (22): 7548-7561. <https://doi.org/10.1039/C3CS60394F>
- Şen, F. & A. Esen Koşaran, 2021. The effects of different harvest maturity and methods on fruit and oil quality of olive (*Olea europea* L. cv. Ayvalık Yağlık). *Ege Univ. Ziraat Fak. Derg.*, 58(4): 503-512. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.901464>
- Simopoulos, A.P., 2008. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Experimental Biology and Medicine*, 233: 674-688. <https://doi.org/10.3181/0711-MR-311>
- Soyergin, S., 1993. Studies on Nutrient Contents and Seasonal Element Fluctuation of The Olive Variety Gemlik in Bursa Area. PhD thesis, Uludağ University, Turkey, 182 pp.
- Sweeney, S., 2005. National Olive Variety Assessment (NOVA)-Stage 2. The national olive variety assessment project. A report for the rural Industries research and development corporation. Publication No. 05/155, Project No. SAR-47A.
- Tanılgan, K., M.M. Özcan & A. Ünver, 2007. Physical and chemical characteristics of five Turkish olive (*Olea europea* L.) varieties and their oils. *Grasas y Aceites*, 58 (2): 142-147. <https://doi.org/10.3989/gya.2007.v58.i2.78>
- Toplu, C., 2000. The Research on The Yield Status, Phenological, Morphological, and Pomological Properties and Nutritional Status of Olive Orchards in Different Production Centers in Hatay. PhD thesis, Cukurova University, Turkey, 195 pp.
- Torres, M.M. & D.M. Maestri, 2006. The effects of genotype and extraction methods on chemical composition of virgin olive oils from Traslasierra Valley (Cordoba. Argentina). *Food Chemistry*, 96 (4): 507-511. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.03.003>
- Yorulmaz, A., H. Yavuz, A. Tekin, E.S. Poyrazoglu & M. Özcan, 2010. Regional characteristics of Turkish olive oils. 8<sup>th</sup> Euro Fed Lipid Congress, 121-122, Germany.

**Research Article**  
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (3):385-398  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1318409>

Abdurrahman AYDIN<sup>1</sup> 

Selin AKÇAY<sup>2\*</sup> 

<sup>1</sup> Aydın Provincial Directorate of Agriculture and Forestry, 09010, Aydın, Türkiye

<sup>2</sup> Aydın Adnan Menderes University, Agricultural Faculty, Department of Biosystems Engineering, 09100, Aydın, Türkiye

\* Corresponding author (Sorumlu yazar):

[selinakcay@adu.edu.tr](mailto:selinakcay@adu.edu.tr)

**Keywords:** Irrigation cooperative, irrigation management, performance indicators, system performance

**Anahtar sözcükler:** Sulama kooperatifi, sulama yönetimi, performans göstergesi, sistem performansı

## Evaluation of water use management performances for irrigation cooperatives in Aydın province\*

Aydın ilinde bulunan sulama kooperatiflerinin su yönetim performanslarının değerlendirilmesi

\* This article is summarized from the first author's M.Sc. Thesis.

Received (Alınış): 22.06.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 15.08.2023

### ABSTRACT

**Objective:** The objective of this study was to assess the performance indicators for 2006-2017 years. Hence for a better Management-Operation-Maintenance organization, irrigation management efficiencies of 23 groundwater irrigation cooperatives located in Aydın was used. .

**Materials and Methods:** The indicators chosen from comparative performance evaluation set by FAO and IPTRID were used in this study for the evaluation of the efficiency of irrigation cooperatives.

**Results:** Main findings of this study indicated that the values of the indicators varied as follows; irrigation ratio 7-94%, cost recovery ratio 53-146%, irrigation water fee collection efficiency 70-91%, maintenance costs to total revenue ratio 4-104%, total MOM costs per unit area 102.2-1103.7/ha, number of staff employed per irrigation area 26.5-316.9 ha/person, total costs per staff employed in irrigation area varied between 2013-11996 \$/ person.

**Conclusion:** In order to bring solutions to the main problems of irrigation cooperatives which creates benefits to the irrigated agriculture in the region; operation management and maintenance organizations should be better fulfilled, participatory management should be encouraged, support and credit systems should be re-arranged. Also, supporting irrigation services by irrigation credits with lower interest rates or providing costless would be a solution.

### ÖZ

**Amaç:** Aydın ilinde bulunan 23 adet yeraltı sulama kooperatifinin sulama yönetim etkinlikleri 2006-2017 yılları için çeşitli performans göstergeleriyle incelenerek, İşletme-Bakım-Yönetim organizasyonunun geliştirilmesine yönelik bazı önerilerde bulunulması hedeflenmiştir.

**Materyal ve Yöntem:** Sulama kooperatiflerinin performanslarının değerlendirilmesinde; FAO ve IPTRID tarafından geliştirilmiş olan karşılaştırmalı değerlendirme rehberindeki göstergeler kullanılmıştır.

**Araştırma Bulguları:** Bu araştırma sonucunda; sırasıyla sulama oranı %7-94, yatırımın geri dönüşüm oranı %53-146, su ücreti toplama etkinliği %70-91, bakım masrafının gelire oranı %4-104, birim alana düşen toplam işletme-bakım-yönetim masrafı 102.2-1 103.7 \$/ ha, birim alanda çalıştırılan personel sayısı 26.5-316.9 ha/personel, su dağıtımında çalıştırılan her bir kişi başına toplam masraf ise 2 013-11 996 \$/kişi değerleri arasında değiştiği saptanmıştır.

**Sonuç:** Bölgede sulu tarım açısından büyük öneme sahip olan sulama kooperatiflerinde tespit edilen problemlerin çözümüne yönelik olarak işletme-bakım-yönetim ve denetim mekanizmalarında özen gösterilmesi, katılımcı sulama yönetimi anlayışının benimsenmesi, kredi ve destek sistemlerinin revize edilmesi, bazı hizmetlerin hibe yoluyla verilmesi, düşük faizli sulama kredileriyle temel sulama hizmetlerinin desteklenmesi ve mevcut uygulamaya konan desteklerin de sürdürülmesi gerekmektedir.

## INTRODUCTION

The importance of water, one of the most vital inputs of the agricultural sector, is increasingly understood. The main reason for this situation is that the already scarce water resources become even more valuable with the effect of global climate change. Akyüz & Atış (2023) emphasized the importance of creating applicable policies in the agricultural sector by giving more importance to environmental problems such as climate change. With the increasing demand for water, which is a natural resource that is decreasing in quantity and increasing in value, a competition between agricultural, industrial and drinking-use water users has emerged and water, which is of great importance in meeting the basic needs of people, has become a valuable commercial good. The world population is estimated to exceed 9.5 billion by 2050. Therefore, it is clear that the pressure that the increasing population will create in the future will affect the quality and quantity of water resources. Therefore, when planning water use in the agricultural sector, it is of great importance to manage it in an integrated manner along with other water-using sectors (Bouwer, 2003; DSI, 2016).

The concept of "Participatory Irrigation Management" was first introduced by the World Bank. In accordance with the practices in the world, the process of restructuring in the irrigation sector started in Türkiye in the 1990's. This understanding is based on the pricing of irrigation services through the loading of the services and investments carried out by the state in the irrigation sector to the water user. With the transfer of irrigation facilities, water users who benefit from this facility and infrastructure pay the water fee to organizations that provide irrigation services in return for management-operation-maintenance (MOM) costs (Akıllı, 2011; Kasalak et al., 2012).

State Hydraulic Works (DSI) completes the construction and transfers the responsibility of the irrigation systems, it undertakes to the irrigation union, irrigation cooperative, municipality and village legal entities. The fact that producers can receive irrigation services more regularly with the transfer process has accelerated the process of transferring the responsibility for irrigation management from the public institution to irrigation organizations (DSI, 2018).

Irrigation Cooperatives were established in Türkiye in 1966 in accordance with the Cooperative Law No. 1163. Irrigation cooperatives are non-governmental organizations with variable capital and variable partnerships established by public legal entities, municipalities, villages, associations and private administrations. The purpose is to provide financial benefits to their partners and to protect the interests of the partners by providing mutual assistance, solidarity and surety. In this context, irrigation cooperatives are responsible for the construction, operation, maintenance and repair of irrigation facilities required for the proper distribution of irrigation water to be used from the irrigation infrastructure that has been completed with public resources and, in the case if it is necessary, to carry out land consolidation activities (Çiftçi et al., 2012).

Raising awareness of farmers about irrigated agriculture, requesting the construction of an irrigation system in the region, and adopting the concept of participatory irrigation is an important stage in the implementation of irrigated agriculture projects. Groundwater Irrigation (YAS) Cooperatives can be shown as one of the best examples of this (Anonymous, 2018). Irrigation projects using groundwater are divided into two as State Funded Projects and Public Irrigation. State-backed irrigation projects are designed in three different ways: Public Groundwater Irrigation, DSI Groundwater Irrigation, and Groundwater Irrigation Cooperative (DSI, 2018).

After the implementation of YAS projects in Türkiye, the most significant developments were achieved by irrigation cooperatives and the share of cooperative irrigation reached 75% in total groundwater irrigation. Among all the areas opened by DSI for irrigation, YAS cooperatives have a share of approximately 16%. A total of 1 456 irrigation cooperatives in operation are mostly located within the borders of İzmir, Konya, Samsun, Edirne Isparta, Kayseri and Eskişehir provinces. In this process, the



transfer of YAS projects completed to irrigation cooperatives is carried out within the scope of Law No. 6200 (DSI, 2018).

Performance assessment studies were carried out in irrigation systems in order to determine to what extent the planned targets were achieved in irrigation projects (Beyribey et al., 1997). Therefore, irrigation targets should be set at the beginning, and then the efficiency of the system should be evaluated (Nalbantoğlu & Çakmak, 2007). With some improvements in irrigation networks, performance will be improved; however, by saving water, efficiency will increase and some negative environmental effects that may occur with irrigation activities can be minimized (Lencha, 2008). In order to determine the irrigation management performance of irrigation cooperatives, some studies conducted by Süheri & Topak (2005), Yercan et al. (2009), Sayın (2011), Özkan et al. (2012), Demir & Topak (2015), Cin & Çakmak (2017), Fişekçioğlu (2018), Cengiz & Uçar (2018), Taşpınar (2018).

In this study, the efficiency status of 23 YAS cooperatives operating in Aydın province was evaluated with various performance indicators for the years 2006-2017. Some suggestions have been made to improve irrigation system performance in cooperatives and to provide a better Operation-Maintenance-Management organization.

## MATERIALS and METHOD

### Material

In this study, the irrigation activities of 23 groundwater irrigation cooperatives located in Aydın province in the Büyük Menderes Basin for the years 2006-2017 were assessed. The locations of the irrigation cooperatives evaluated in the study are depicted in Figure 1.



Figure 1. Location of irrigation cooperatives in Aydın.

Şekil 1. Aydın ilinde faaliyet gösteren sulama kooperatiflerinin konumu.

Aydın province is located in the Büyük Menderes Basin, which is formed by the Büyük Menderes stream and side streams that give the basin its name. The basin, which has fertile plains in the central and western parts, is surrounded by mountains from the north and south. The basin has a typical Mediterranean climate. Agriculture is carried out in an area of 363 215 ha (45.3%) of Aydın province.

Aydın province, which have a high potential in every branch of agriculture, is very suitable for agricultural production with its topographic structure, climate and ecological features. The plant pattern of the province dominantly consists of cotton, corn, olives and figs (Anonymous, 2013; Anonymous 2018). The average temperature is 17.8°C, the annual total precipitation average is 621.3 mm, the average relative humidity value is 61.2%, and the average total evaporation value is 1493.5 mm (DMI, 2019).

Some basic information about the cooperatives evaluated in the study is tabulated in Table 1.

**Table 1.** Information about the irrigation cooperatives located in Aydın

**Çizelge 1.** Aydın ilinde faaliyet gösteren sulama kooperatiflerine ilişkin bazı bilgiler

Irrigation Cooperative	District	Established Date	Number of partners	Number of wells	Irrigation area (ha)
Dalama	Efeler	12.02.1991	334	3	110
Mesutlu	Efeler	27.07.1971	131	-	350
Kızılcaköy	Efeler	07.09.1995	241	4	200
Olukbaşı	Bozdoğan	27.11.2002	75	-	125
Buharkent	Buharkent	10.11.1997	76	-	80
Savcılı	Buharkent	20.11.1997	64	-	50
Feslek-Gelenbe	Buharkent	06.05.2013	92	5	400
Balat	Didim	13.10.2011	26	-	120
Ataeymir	Karacasu	14.07.1978	454	9	900
Palamutçuk	Karacasu	16.07.1990	232	2	180
Geyre	Karacasu	02.10.1996	98	5	180
Kirazlı	Kuşadası	14.07.1995	179	2	130
Yöre	Kuyucak	12.05.1975	63	3	150
Çobanisa	Kuyucak	27.02.1992	142	-	315
Bucak	Kuyucak	06.10.1992	119	-	120
Beşeylül	Kuyucak	27.09.1995	168	4	210
Horsunlu	Kuyucak	30.11.1995	146	4	240
Gencelli	Kuyucak	12.09.2007	28	5	530
Kestel	Nazilli	15.01.1968	360	4	350
İsabeyli	Nazilli	11.07.1990	43	2	75
Bozyurt	Nazilli	27.01.1998	74	3	100
Demirciler	Nazilli	19.03.2008	173	2	150
Yuvaca	Söke	16.07.1974	61	4	180
Sultanhisar	Sultanhisar	13.01.1975	652	18	735
Atça	Sultanhisar	08.08.1975	865	19	470

## Method

In this study, the temporal change of irrigation performance of 23 irrigation cooperatives in Aydın province between 2006-2017 was examined. In the evaluation of the efficiency of the irrigation cooperatives examined, the Irrigation Ratio indicator revealed by (Rao, 1993) was used. Six of the performance indicators proposed in the comparative evaluation indicator set, which was put forward jointly by IPTRID (International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage) and FAO (World Food and Agriculture Organization), were used (Malano & Burton, 2001). The equations used to calculate the are given below.

Irrigation ratio (%)

$$IR = \frac{\text{Irrigated area (ha)}}{\text{Irrigation area (ha)}} \times 100 \quad (1)$$

Irrigation water fee collection performance (%)

$$WFPCP = \frac{\text{Total revenue collected from water users (TL)}}{\text{Total service revenue due (TL)}} \times 100 \quad (2)$$

Cost recovery ratio (%)

$$CRR = \frac{\text{Total revenue collected from water users (TL)}}{\text{Total management operation maintenance cost (TL)}} \times 100 \quad (3)$$

Maintenance cost to revenue ratio (%)

$$MCRR = \frac{\text{Total maintenance expenditure (TL)}}{\text{Total revenue collected from water users (TL)}} \times 100 \quad (4)$$

Total MOM Cost per unit area (\$/ha)

$$TCPA = \frac{\text{Total MOM expenditure (\$)}}{\text{Irrigation area (ha)}} \quad (5)$$

Irrigation area per staff (ha/staff)

$$SN = \frac{\text{Irrigation area (ha)}}{\text{Total staff number (staff)}} \quad (6)$$

Total cost per person employed on water delivery (\$/ person)

$$TCEWD = \frac{\text{Total cost of MOM personnel (\$)}}{\text{Total number of MOM personnel employed(person)}} \quad (7)$$

The data required for the calculation of the indicators were obtained from the records of the relevant irrigation cooperatives.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Irrigation ratio

The results of the irrigation ratio values of the cooperatives evaluated in the study are given in Table 2. In this study, assessment was made for a 12-year period covering the years 2006-2017. The irrigation ratio values of the cooperatives varied between 7-94% for the 12-year period. The lowest irrigation ratio was found to be 7% in Mesutlu Irrigation Cooperative and the highest irrigation ratio was 94% in Atça Irrigation Cooperative.

The irrigation ratios of the irrigation cooperatives evaluated fluctuate from one year to another except Kızılcaköy Irrigation Cooperative since the value of 100% has been reached. In Atça Irrigation Cooperative, it was determined that the highest irrigation rate reached 94% in terms of average values. In other cooperatives examined, irrigation rates were observed to be well below the targeted value. This situation is thought to be caused by administrative problems of the cooperatives related to irrigation management. In addition, it has been determined that the irrigation ratios are low in some cooperatives, which are known to have poor cooperative-partner relations. Among the cooperatives evaluated, the Mesutlu Irrigation Cooperative can be shown as an example of this situation. The low rate of irrigation in the Mesutlu Irrigation Cooperative can be explained by the fact that the partners do not have a demand for water from the cooperative. The main reason for the high irrigation rate in Atça and Sultanhisar Irrigation Cooperatives can be explained by the fact that strawberry production is quite common in these regions by using pressurized irrigation systems and that strawberries can be marketed at a high price as an important export product.

**Table 2.** Irrigation ratios of the irrigation cooperatives (%)**Çizelge 2.** Sulama kooperatiflerine ait sulama oranı değerleri (%)

Irrigation Cooperative	Years												Avg.
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Dalama	79	59	74	68	60	59	62	64	66	74	83	87	70
Mesutlu	6.5	5	7	6	4	5	4	10	12	15	*	*	7
Kızılcaköy	*	36	48	48	54	68	100	100	96	97	81	84	74
Olukbaşı	52	44	53	72	60	54	70	72	68	75	80	83	65
Buharkent	87	55	86	95	89	88	91	90	89	93	82	75	85
Savcılı	87	77	85	83	80	86	90	91	87	83	43	78	81
Ataeymir	61	54	97	86	57	89	89	89	92	90	95	84	82
Palamutçuk	56	44	97	82	56	69	69	73	74	85	88	90	74
Geyre	*	*	63	42	17	42	44	53	49	53	64	80	51
Kirazlı	48	58	69	73	75	85	88	91	84	68	65	82	74
Yöre	60	47	86	65	60	63	90	88	92	95	97	91	78
Çobanisa	54	28	63	56	51	60	73	77	83	48	87	92	64
Bucak	96	88	92	75	13	*	*	*	*	*	*	*	73
Beşeylül	*	17	88	82	59	51	89	81	77	65	63	64	67
Horsunlu	8	34	73	75	67	71	76	82	89	62	95	93	69
Gencelli	*	*	96	92	47	64	68	52	84	75	77	73	73
Kestel	57	80	66	56	61	89	83	80	82	89	92	94	77
İsabeyli	29	17	29	40	17	33	33	42	38	54	62	64	38
Bozyurt	23	78	73	32	27	41	21	15	43	17	18	*	35
Demirciler	*	*	93	43	9	10	53	65	54	72	95	*	55
Yuvaca	83	61	72	83	83	83	83	83	83	85	71	72	79
Sultanhisar	82	72	88	82	76	68	60	68	74	87	92	86	78
Atça	95	81	99	96	95	94	96	98	98	97	92	82	94

\* No irrigation

### Irrigation water fee collection performance

The findings on the level of water fee collection efficiency in Aydın irrigation cooperatives from 2006 to 2017 are shown in Table 3. In irrigation cooperatives, it is very important for water users to pay water fees in order to ensure the healthy functioning of the Management-Operation-Maintenance activities and the financial self-sufficiency of the cooperatives.

**Table 3.** Water fee collection ratios of the irrigation cooperatives (%)**Çizelge 3.** Sulama kooperatiflerine ait su ücreti toplama performansları değerleri (%)

Irrigation Cooperative	Years												Avg.
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Dalama	94	90	95	80	89	87	99	82	75	82	70	82	85
Mesutlu	81	73	67	74	65	75	76	72	62	58	*	*	70
Kızılcaköy	*	66	89	73	80	84	78	80	79	83	71	78	78
Olukbaşı	85	79	89	86	80	83	84	72	68	58	63	68	76
Buharkent	89	85	90	92	94	87	81	83	72	43	78	67	80
Savcılı	81	85	86	86	92	87	89	82	75	84	72	93	84
Ataeymir	96	93	92	96	94	97	98	87	85	91	83	75	91
Palamutçuk	95	85	93	91	83	69	79	83	87	79	71	82	83
Geyre	*	*	75	100	100	100	100	78	83	74	73	63	85
Kirazlı	93	83	90	80	93	94	95	75	80	83	74	78	85
Yöre	95	84	98	99	99	94	94	92	81	53	87	70	87
Çobanisa	82	77	99	81	82	95	88	75	72	82	73	79	82
Bucak	91	90	99	94	72	*	*	*	*	*	*	*	89
Beşeylül	*	78	99	95	95	94	97	86	78	73	75	76	86
Horsunlu	71	75	95	96	96	89	99	82	93	71	97	93	88
Gencelli	*	*	98	99	76	74	79	73	81	80	82	87	83
Kestel	91	96	97	95	93	94	97	78	88	85	82	72	89
İsabeyli	67	55	63	80	73	85	86	68	62	78	72	64	71
Bozyurt	81	91	90	83	63	78	70	72	61	82	74	*	77
Demirciler	*	*	94	61	55	63	82	87	92	78	96	*	79
Yuvaca	81	92	91	95	86	88	94	87	83	75	78	74	85
Sultanhisar	75	77	75	85	82	83	73	80	73	68	77	81	77
Atça	94	90	95	80	89	87	99	82	75	82	70	82	80

\* No irrigation

Water fee collection performance in irrigation cooperatives in Aydın province varied between 43-100%. When examined at the level of averages, it is seen that water fee collection efficiency in the range of 71-91% is reached. Beyribey et al. (1997), determined the water fee collection performance in Büyük Menderes Basin irrigation associations as 54% for the pre-transfer period, and Özlü (2004) determined this value as 90% in irrigation cooperatives operating in Türkiye.

According to Vermillion (2000), water fee collection efficiency can be described as "poor" if it is lower than 40%, "acceptable" if it is in the range of 40-60%, "satisfactory" if it is between 60-75%, and "good" if it is higher than 75%. Dorsan et al. (2004), reported that this indicator was 100% after the transfer in the Lower Gediz Basin irrigation networks. Sönmezyıldız & Çakmak (2013), found this value at the level of 100% in Eskişehir Beyazaltın village. Although the water fee collection performance was at a good level in the irrigation cooperatives examined in the study, it was observed that the average value of the country remained slightly below. The increase in water fee collection efficiency can be considered as an indicator of management success in cooperatives.

### Cost recovery ratio

The cost recovery ratio indicator of the cooperatives discussed in the study is given in Table 4. With this important financial indicator, it is determined whether the irrigation fees collected in irrigation organizations and the total expenses incurred in that year are covered or not. It was determined that the average cost recovery ratio varied between 53-146% in cooperatives (Table 4).

**Table 4.** Cost recovery ratios of the irrigation cooperatives (%)

**Çizelge 4.** Sulama kooperatiflerine ait yatırımın geri dönüşüm oranları (%)

Irrigation Cooperative	Years												Avg.
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Dalama	137	90	146	217	218	157	210	110	85	120	89	73	138
Mesutlu	60	75	48	53	34	60	72	51	43	37	*	*	53
Kızılcaaköy	*	141	68	56	72	106	100	61	57	53	103	130	86
Olukbaşı	106	112	152	128	148	101	105	72	65	63	112	130	108
Buharkent	88	37	89	176	91	104	99	82	73	87	63	54	87
Savcılı	77	81	85	87	93	84	101	75	80	71	34	62	78
Ataeymir	102	57	120	98	127	135	99	87	85	92	68	65	95
Palamutçuk	79	74	81	63	74	74	83	113	108	108	109	113	90
Geyre	*	*	87	67	110	55	79	54	101	68	76	50	75
Kirazlı	55	42	45	70	105	121	78	94	97	81	92	79	80
Yöre	125	61	112	106	76	88	74	108	127	92	119	119	101
Çobanisa	92	80	99	99	98	134	101	99	110	92	106	101	101
Bucak	115	250	146	119	101	*	*	*	*	*	*	*	146
Beşeylül	*	72	191	95	107	91	71	78	81	55	68	59	88
Horsunlu	102	101	100	73	115	105	143	124	126	107	142	118	113
Gencelli	*	*	100	92	73	98	97	101	92	106	124	98	98
Kestel	83	98	112	90	116	101	99	99	100	105	115	80	100
İsabeyli	97	93	97	99	99	130	157	118	149	85	108	110	112
Bozyurt	57	120	71	51	53	93	29	47	66	49	55	*	63
Demirciler	*	*	126	57	28	106	89	42	40	119	134	*	82
Yuvaca	165	115	127	125	155	147	158	79	103	89	95	77	120
Sultanhisar	73	73	85	69	73	71	61	77	89	90	92	88	78
Atça	88	42	91	76	70	67	59	74	95	101	109	87	80

\* No irrigation

This rate, which was determined by using the total operating, maintenance and management costs of the cooperative and the total water fee collected from water users, was calculated as the lowest (29%) in Bozyurt Irrigation Cooperative and the highest (250%) in Bucak Irrigation Cooperative on a yearly basis. This cooperative has the highest average (146%) among all cooperatives evaluated and this is an indication of self-sufficiency of the cooperative. The cost recovery ratio is "acceptable" between 40-60%, "satisfactory" between 60-75%, and "good" between 75-100% (Vermillion, 2000). In this case, values less

than 40% can be considered as an unsuccessful management indicator. It is thought that the main reasons for this rate to be "satisfactory" and "good" in the majority of the cooperatives discussed in the study are the volumetric pricing of the groundwater used in the research area and the timely collection of water fees and the timely provision of irrigation services in the cooperative.

The fact that the cost recovery ratio indicator is at a good level in the irrigation cooperatives of Aydın province, shows that the irrigation water fees collected from the producer and the total Management-Operation-Maintenance (MOM) expenses are managed appropriately.

### Maintenance cost to revenue ratio

The ratio of maintenance cost to revenue is defined as the ratio of the total maintenance cost required in irrigation systems to the total water fee collected from water users. Or; it can be expressed as; to what extent of the collected water fees covers the maintenance costs. Maintenance cost to revenue ratio between 2006-2017 in irrigation cooperatives in Aydın province are given in Table 5.

**Table 5.** Maintenance cost to revenue ratio of the irrigation cooperatives (%)

**Çizelge 5.** Sulama kooperatiflerine ilişkin bakım masrafının gelire oranı değerleri (%)

Irrigation Cooperative	Years												Avg.
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Dalama	10	21	7	1	6	17	16	30	45	38	51	13	21
Mesutlu	13	6	14	11	16	5	6	28	37	32	*	*	17
Kızılcaköy	*	3	*	12	20	1	0,6	0,1	0,02	0,1	0,2	0,02	4
Olukbaşı	20	28	12	15	16	17	11	32	17	41	21	24	21
Buharkent	45	112	39	18	40	35	40	5,1	5,5	12,7	24,9	13,8	33
Savcılı	48	40	37	35	31	43	34	6,2	4,5	2	56	2,4	28
Ataeymir	5	15	10	10	10	5	6	23	38	42	26	47	20
Palamutçuk	26	49	12	21	12	12	14	2,9	4,9	5,5	5,5	4,2	14
Geyre	*	*	17	54	578	81	44	6,3	45	38	60	113	104
Kirazlı	8	173	66	4	5	3	25	4,7	17	1,6	*	2,6	28
Yöre	3	119	26	22	42	20	21	3,9	3,6	5,4	3,4	3,2	23
Çobanisa	31	20	9	3	5	19	23	19	21	12	19	24	17
Bucak	21	7	8	40	87	*	*	*	*	*	*	*	33
Beşeylül	*	12	10	14	7	10	5	12	3,7	2	4,4	19	9
Horsunlu	15	8	34	63	17	14	2	1	6	16	6	14	16
Gencelli	*	*	1	8	10	1	13	93	11	7	3	19	17
Kestel	21	22	10	11	14	8	5	7	3	5	13	26	12
İsabeyli	35	8	26	33	46	23	18	64	49	17	7	9	28
Bozyurt	49	17	40	62	79	10	59	55	50	186	81	*	63
Demirciler	*	*	12	88	83	12	9	2,9	8	5,7	11	*	26
Yuvaca	19	22	19	7	3	5	5	9,5	9	15,5	5,6	18	11
Sultanhisar	8	18	17	21	17	23	25	9	10,6	9,5	10	11,7	15
Atça	5	10	5	3	12	5	19	7,6	14	12	8	11	9

\* No irrigation

Considering the average values in the research area, it was determined that the ratio of maintenance cost to revenue varied between 4-104%. In some of the cooperatives examined, it was determined that the collected water fees covered the maintenance costs, while in others it was partially sufficient and there were problems in this sense in the cooperatives. The average value of 104% determined in the Geyre irrigation cooperative shows that the share allocated to maintenance and repair services is higher than necessary. In a study conducted in five different irrigation systems in Spain, it was determined that the rate of maintenance cost to income was in the range of 2-13% (Rodriguez et al., 2004). Tekiner & Çakmak (2011), stated that this indicator is between 17-156% in three different networks in Çanakkale, and Cin and Çakmak (2017), determined the rate of maintenance cost to income as 14% in their study conducted at Beypazarı Başören Irrigation Cooperative. The high ratio of maintenance cost to revenue indicator indicates that more than the share of maintenance and repair services is allocated in cooperatives and shows that cooperative management should make a more accurate planning in terms of the sustainability of the irrigation services provided.

### Total Management-Operation-Maintenance (MOM) cost per unit area

The total cost of MOM per unit area is the ratio of the cost of MOM made in that year in irrigation networks to the irrigation area. Table 6 shows the findings obtained for this indicator in Aydın province irrigation cooperatives between 2006-2017.

**Table 6.** Total management-operation-maintenance cost of the command area of the irrigation cooperatives (\$/ha)

**Çizelge 6.** Sulama kooperatiflerinde birim alana düşen toplam işletme-bakım-yönetim masrafı değerleri (\$/ha)

Irrigation Cooperative	Years												Avg.
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Dalama	519	800	609	267	253	299	245	402	493	336	318	466	417
Mesutlu	1 366	1 692	1 608	1 333	1 917	1 125	859	430	405	303	*	*	1104
Kızılcaköy	*	107	304	252	219	142	129	289	359	243	171	146	215
Oluğbaşı	523	569	416	506	405	442	461	205	508	314	343	272	414
Buharkent	343	937	276	243	348	291	309	557	613	261	777	711	472
Savcılı	488	511	714	567	594	604	535	845	812	660	910	1105	695
Ataeymir	149	290	156	166	114	116	151	154	131	116	171	217	161
Palamutçuk	292	401	418	319	257	263	333	255	241	221	248	208	288
Geyre	*	*	62	90	209	106	90	140	187	162	127	172	134
Kirazlı	173	377	392	249	195	184	248	222	220	159	145	258	235
Yöre	158	376	404	210	302	221	281	165	174	123	168	156	228
Çobanisa	154	184	190	131	138	106	121	102	99	70	98	92	124
Bucak	178	125	287	204	94	*	*	*	*	*	*	*	178
Beşeylül	*	250	119	194	176	183	226	216	215	233	162	158	194
Horsunlu	146	171	330	253	166	153	155	110	205	160	192	188	186
Gencelli	*	*	252	213	26	31	32	29	178	92	102	115	107
Kestel	189	203	194	139	117	188	145	136	177	131	128	161	159
İsabeyli	117	127	108	111	145	84	68	77	77	93	122	98	102
Bozyurt	120	148	235	168	106	64	185	166	50	45	53	*	122
Demirciler	*	*	265	283	618	192	196	544	697	198	473	*	385
Yuvaca	68	128	162	105	98	106	127	116	104	95	82	87	106
Sultanhisar	191	378	358	279	315	308	337	312	266	192	196	165	275
Atça	459	669	585	406	424	429	551	508	409	342	389	407	465

\* No irrigation

Accordingly, it can be seen that the MOM expense (1104 \$/ha) for the unit irrigation area in Mesutlu irrigation cooperative is quite high on the basis of averages. Relatively low irrigation ratio is the main reason for this situation. In Isabeyli Irrigation Cooperative, the average value of 102.2 \$/ha shows that the cost of MOM per unit area is quite low.

The total MOM cost indicator per unit area was determined to be between 22.53-108.61\$/ha in Akıncı Irrigation Association (Nalbantoğlu & Çakmak, 2007), 51.98 TL/ha in Eskişehir Beyazaltın village (Sönmezıldız & Çakmak, 2013), 700 TL/ha in Beypazarı Başören Irrigation Cooperative (Cin & Çakmak, 2017), and 81.52-141.96 \$/ha in Kırıkhan irrigation unit (Gençoğlu & Değirmenci, 2019).

It has been determined that the cooperatives with higher values of this indicator are generally the ones with very old irrigation infrastructure and facing management problems.

### Irrigation area per staff

The average values given in Table 7, shows the change in the number of personnel per unit area in irrigation cooperatives in Aydın province between years 2006-2017. When the values are examined, it is seen that number of staff number per unit area varied between 26.5-316.9 ha/staff. Lower values indicate that less staff is employed in irrigation services, while higher values show the over-employment and this could be attributed to poor administration of the cooperatives.

According to Yercan et al., (2009), in order to qualify this indicator as appropriate, less than 3 staff should be employed in an area of 1000 ha. Bekişoğlu (1994) stated that it is sufficient for an irrigation

staff to provide service on an area of 333 ha. Koç et al. (2009), conducted a study to determine the optimum number of staff to serve in Büyük Menderes Basin irrigation units and they determined that this value should be between 137.61-287.83 ha/staff. When the values obtained in the cooperatives in the research area were examined, it was found that excessive staff were employed in the Gencelli irrigation cooperative, but the number of staff in other cooperatives was consistent with the number as proposed by Koç et al., (2009) for Büyük Menderes Basin irrigation schemes.

**Table 7.** Irrigation staff per unit irrigation area in the irrigation cooperatives (ha/staff)

**Çizelge 7.** Sulama kooperatiflerinde birim alana düşen personel sayısı (ha/personel)

Irrigation Cooperative	Years												Avg.
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
Dalama	87	65	81	75	66	65	68	35	36	40.5	45.5	48	59.3
Mesutlu	23	18	26	21	15	18	15	35	42	52.5	*	*	26.5
Kızılcaköy	*	72	96	96	108	136	200	200	192	194	162	168	147.6
Olukbaşı	65	55	66	90	75	68	87	90	85	93	100	104	81.5
Buharkent	69.9	43.7	68.5	75.6	71	70	72.5	72	71.2	74.4	32.8	60	65.1
Savcılı	43.6	38.5	42.6	41.5	40	43	45	45.5	43.5	41.5	21.5	39	40.4
Ataeymir	107.5	126.6	113.3	120	100	200	200	160	165.6	135	171	189	149
Palamutçuk	100	80	175	148.2	100	125	125	131.4	133.2	153	158.4	162	132.6
Geyre	*	*	113.9	75	30	75	80	95.4	88.2	95.4	115.2	72	84
Kirazlı	62	75	90	95	97	110	115	118.3	109.2	88.4	84.5	106.6	95.9
Yöre	90	70.8	129	98	90	95	135	132	138	142.5	145.5	136.5	116.8
Çobanisa	170	88	200	175	160	190	230	242.5	261.5	151.2	274	144.9	190.5
Bucak	115	105	110	90	15	*	*	*	*	*	*	*	87
Beşeylül	*	35	185	173	124	108	186	170.1	161.7	136.5	132.3	134.4	140.5
Horsunlu	20	82	175	180	160	171	182.5	196.8	213.6	148.8	114	111.6	146.2
Gencelli	*	*	255	245	250	340	360	275.6	445.2	397.5	408.1	193.4	316.9
Kestel	100	93.3	76.6	97.5	107.5	103.3	96.6	140	143.5	103.8	80.5	65.8	100.7
İsabeyli	21.5	13	22	30	12.5	25	25	31.5	28.5	40.5	46.5	48	28.6
Bozyurt	23	78	73	32	27	41	21	15	43	17	18	*	35.2
Demirciler	*	*	70	65	14	15	80	97.5	81	108	142.5	*	74.7
Yuvaca	150	110	130	150	150	150	150	149.4	149.4	153	127.8	129.6	141.6
Sultanhisar	86.4	66.2	81.2	100	92.5	83.3	88.6	83.3	90.6	91.3	96.6	90.3	87.5
Atça	89	95	116.2	112.5	111.2	88	90	76.7	76.7	75.9	61.7	55.2	87.3

\* No irrigation

### Total cost per person employed on water delivery

The results of this indicator is obtained by evaluating the number of staff employed in MOM and the total cost of the staff working in MOM in the irrigation cooperative (Table 8). When the average values in the table are examined, it is seen that the cost per person employed in MOM varies between 2 013-11 996 \$/person in 23 irrigation cooperatives included in the study.

When the average values of the total cost indicator per capita employed in water distribution are examined from the table, it was found that this value was the lowest with 2 013 \$/person in İsabeyli Irrigation Cooperative and the highest with 11 996 \$/person in Atça Irrigation Cooperative.

Tekiner & Çakmak (2011) determined that the cost per person in three irrigation networks varies between 1 367-11 700 TL. In Akıncı Irrigation, the total cost per person working in water distribution was determined between 1 091-8 659 \$/person (Nalbantoğlu & Çakmak, 2007). Eliçabuk (2016) calculated this value as 20 976-42 296 TL/person in Gevrekli irrigation scheme. Gençoğlu & Değirmenci (2019), determined that the total cost per person varied between 10 055-20 183 \$/person in their study conducted in Kırıkhan Irrigation Association.

When irrigation cooperatives in Aydın province were compared to the other irrigation schemes in Türkiye in terms of cost per staff employed in water distribution, mostly compatible values were found. However, for the increase in the indicator value in different years, it is thought that cooperatives should take the necessary measures to reduce staff expenses.



**Table 8.** Total cost per person employed on water delivery of the irrigation cooperatives (\$/person)**Çizelge 8.** Sulama kooperatiflerine ilişkin su dağıtımında istihdam edilen kişi başına düşen toplam masraf (\$/kişi)

Irrigation Cooperative	Years											Avg.	
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016		2017
Dalama	5 463	6 208	6 435	5 179	6 779	6 470	6 789	8 554	8 600	8 445	10 070	5 733	7 060
Mesutlu	2 321	3 922	3 224	4 233	3 649	3 466	3 245	3 347	2 804	2 192	*	*	3 240
Kızılcaköy	*	1 721	1 963	5 265	3 689	3 195	4 846	7 733	7 643	6 466	9 875	5 262	5 241
Olukbaşı	5 786	4 473	5 310	5 485	4 925	4 080	4 292	9 334	8 756	8 453	11 405	12 432	7 060
Buharkent	2 085	2 408	2 155	1 543	2 585	2 293	3 165	6 928	8 602	10 588	6 976	8 097	4 785
Savcılı	2 015	1 988	3 155	2 572	2 983	2 859	2 776	9 148	5 844	4 770	8 999	3 870	4 248
Ataeymir	3 605	4 485	4 363	3 151	3 480	3 882	4 554	4 002	3 512	2 817	2 437	2 732	3 585
Palamutçuk	4 993	7 072	9 909	5 273	6 740	8 388	10 662	11 113	9 785	6 340	6 095	7 804	7 847
Geyre	*	*	6 041	4 334	2 201	4 428	4 720	6 197	8 915	8 202	12 406	8 417	6 586
Kirazlı	3 127	4 587	8 081	7 717	7 955	8 148	7 774	7 461	9 384	4 582	3 302	2 356	6 206
Yöre	2 278	3 271	4 387	2 694	3 061	2 506	2 790	3 826	4 415	4 358	5 069	2 665	3 443
Çobanisa	2 929	1 720	5 772	3 537	3 977	2 795	3 132	6 061	8 441	2 292	8 086	4 186	4 410
Bucak	3 371	2 790	4 540	5 251	1 750	*	*	*	*	*	*	*	3 540
Beşeylül	*	2 278	5 156	4 289	4 209	3 529	3 776	11 868	7 386	6 722	6 034	6 947	5 654
Horsunlu	1 593	2 125	3 291	2 141	3 049	5 200	3 654	4 135	9 276	8 735	5 695	5 755	4 554
Gencelli	*	*	5 349	6 527	5 237	5 212	5 942	7 872	10 139	8 376	2 747	5 201	6 260
Kestel	11 260	11 622	10 441	9 775	10 182	8 587	9 018	7 344	6 751	6 602	5 705	4 897	8 515
İsabeyli	1 657	1 529	1 774	2 234	987	1 471	1 218	2 623	3 421	2 762	2 357	2 129	2 013
Bozyurt	1 946	5 581	6 003	3 215	1 657	2 382	2 332	3 002	2 554	2 311	611	*	2 872
Demirciler	*	*	7 150	6 592	5 527	2 501	5 553	10 072	5 656	5 869	13 555	*	6 941
Yuvaca	1 737	2 293	2 462	1 697	1 988	1 786	2 165	3 357	3 307	3 504	1 473	2 486	2 332
Sultanhisar	4 839	5 484	6 938	8 246	8 599	7 869	9 720	10 243	10 435	7 394	7 733	6 571	7 839
Atça	12 261	12 769	15 075	12 926	13 681	12 063	12 289	10 667	12 894	10 479	10 097	8 761	11 996

\* No irrigation

## RESULTS and DISCUSSION

In Türkiye, some of the irrigation networks which constructed and operated by DSI have been transferred to irrigation cooperatives. By taking the authority and MOM responsibility of the irrigation systems from the public institution and transferring them to different irrigation organizations, it is aimed to operate, maintain and repair the irrigation networks in a more effective way and to manage them correctly. In order to measure the level of success of management in an irrigation organization, irrigation activities should be monitored and evaluated. For this, it is necessary to measure their effectiveness with accepted performance evaluation indicators. In this way, the causes of low performance in irrigation systems can be determined and the system performance can be increased by taking the necessary measures to eliminate the problems.

According to the results obtained in this study, it was found that the average values of irrigation ratios of irrigation cooperatives in Aydın vary between 7-94%. It has been determined that Mesutlu Irrigation Cooperative has the lowest irrigation rate with 7%, and Atça Irrigation Cooperative has the highest irrigation rate with 94%. The lowest water fee collection efficiency was observed in Mesutlu Irrigation Cooperative, and the highest one was Ataeymir Irrigation Cooperative. In the irrigation cooperatives in the research area, the cost recovery ratios vary between 53-146%. Except for Mesutlu Irrigation Cooperative, it has been determined that the cost recovery ratios in irrigation cooperatives are generally at a good level. Considering the averages it has been determined that the ratio of maintenance cost to revenue varies between 4-104%. In the cooperatives, Mesutlu cooperative exhibited the lowest values where the water fee collection efficiency is the lowest. Indicator values of "Total Operation Maintenance and Management Cost Per Unit Area" calculated in the study were 102.2 \$/ha in Isabeyli Irrigation Cooperative and 1 103,7 \$/ha in Mesutlu Irrigation Cooperative on the basis of averages. When the cooperatives are examined in terms of the staff numbers, the lowest value was determined in Mesutlu Irrigation Cooperative with 26.5 ha/staff., and the highest value was determined in Gencelli Irrigation

Cooperative with 316.9 ha/staff. In terms of the cost per person employed in MOM indicator, the lowest values were observed in Isabeyli Irrigation Cooperative, while the highest values were observed in Atça Irrigation Cooperative. The cost per person employed in MOM activities over the years within the scope of the study varied between 2 013-11 996 \$/person.

This study was conducted on 23 irrigation cooperatives located in Aydın covering 2006-2017 period. All the cooperatives evaluated in this study are still actively functioning. In 2023, Çamarası irrigation cooperative was established. In further studies, the efficiency of the cooperatives can be assessed for longer evaluation periods in order to create better MOM services to the area.

Various technical, managerial and economic problems are observed in irrigation cooperatives. Although these problems vary from cooperative to cooperative, their general characteristics are the same. The lack of coordination between institutions and the complexity of authority prevent the functioning of irrigation cooperatives from time to time. Therefore, a special care should be taken to ensure that investment programs are carried out in a coordinated manner between institutions.

The success of agricultural activities depends on the education level and socio-cultural structures of the farmers. For this reason, training and extension activities should be organized for producers in the service area of the cooperative. In addition to irrigation infrastructure. Water delivery and distribution systems in the project area should be projected according to the pipe system, water users should be encouraged to use pressurized irrigation systems and volume-based water pricing should be started.

As a result; in order to solve the problems identified in irrigation cooperatives that provide great benefits to the irrigated agriculture of the country and the region, attention should be paid to MOM activities and transparent management as well as supervision. By adopting a participatory irrigation management approach, the participation of all cooperative partners should be ensured at every stage. Support and credit systems should be revised, some services should be provided free of charge through grants, etc., basic irrigation services should be supported by low-interest irrigation loans, and the supports put into practice should be continued.

## ACKNOWLEDGEMENT

This study was conducted as a MSc thesis by Abdurrahman Aydın and supported financially by the Scientific Projects Coordination Unit (Project No: ZRF-16016) of Aydın Adnan Menderes University.

## REFERENCES

- Akılı, H., 2011. Participatory Irrigation Management, From Public Irrigation Management to Local and Private Irrigation Management: The Case of Antalya Irrigation Associations. Akdeniz University Graduate School of Social Sciences, (Unpublished) PhD Thesis, Antalya, 229 pp.
- Akyüz, Y. & E. Atış, 2022. Determination of the environmental attitudes of producers within the framework of adaptation to climate change: the case of Küçük Menderes Basin. Journal of Agriculture Faculty of Ege University, 59 (3): 557-566. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.1063327>
- Anonymous, 2013. Aydın agricultural master plan. T.C. Ministry of Agriculture and Forestry, Aydın Directorate of Provincial Agriculture and Forestry. (Web page: <http://aydin.tarim.gov.tr/Belgeler/Belgeler/AYDIN%20TARIM%20MASTER%20PLANI.docxAydın>) (Accessed: January 2017).
- Anonymous, 2018. Aydın agricultural master plan. T.C. Ministry of Agriculture and Forestry, Aydın Directorate of Provincial Agriculture and Forestry. (Web page: <https://aydin.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Ayd%C4%B1n%20Tar%C4%B1m%20Master%20Plan%C4%B1/MASTE R%20PLAN%20%202816.01.2019%29-converted.pdf>) (Accessed: December 2018).

- Bekişoğlu, M., 1994. "Irrigation development and operation and maintenance problems in Türkiye, 579-586". Proceedings of the Conference on Development of Soil and Water Resources (1994, Ankara). General Directorate of State Hydraulic Works, 1450 pp.
- Beyribey, M., F.K. Sönmez, B. Çakmak & M. Oğuz, 1997. Determination of monthly water supply ratio in state irrigation schemes. *Journal of Agricultural Sciences*, 3 (2): 33-37. [https://doi.org/10.1501/Tarimbil\\_0000000309](https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000000309)
- Bouwer, H., 2003. Integrated water management for the 21st century: problems and solutions. *Food, Agriculture and Environment*, 1 (1): 118-127. <https://doi.org/10.1234/4.2003.326>
- Cengiz, M. & Y. Uçar, 2018. Evaluation of irrigation management in Isparta province irrigation cooperatives. *Isparta University of Applied Sciences The Journal of Agriculture Faculty*, 1<sup>st</sup> International Agricultural Structures and Irrigation Symposium, Special Issue: 501-511.
- Çiftçi, N., Y. Demir Yurteri & N. Çivicioğlu, 2012. "Konya ili sulama kooperatiflerinin sulamadaki etkinliği işletmecilik sorunları ve Kadınhanı Kolukısa Kasabası Sulama Kooperatifi örneği, 403-410", 2. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu (24-25 Mayıs 2012, İzmir) Bildirileri, 629 s.
- Cin, S. & B. Çakmak, 2017. Assessment of irrigation performance in Başören irrigation cooperative area of Beypaşarı, Ankara. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 34 (2): 10-19. <https://doi.org/10.13002/jafag4211>
- Demir, H.N. & R. Topak, 2015. Water management in Konya-Sarayönü district Gözlü irrigation cooperative. *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences* 2 (1): 19-26.
- DMİ, 2019. Turkish State Meteorological Service, Aydın Directorate of Provincial Meteorological Station database, Aydın.
- Dorsan, F., S. Anaç & S. Akçay, S., 2004. Performance evaluation of transferred irrigation schemes of Lower Gediz Basin. *Journal of Applied Sciences*, 4 (2): 231-234.
- DSİ, 2016. Soil and water resources. State Hydraulic Works, Ankara (Web page: <http://www.dsi.gov.tr/topraksu.htm>) (Accessed: 13.03.2019).
- DSİ, 2018. Activity report, State Hydraulic Works, Ankara, (Web page: <http://www.dsi.gov.tr/docs/stratejik-plan/dsi-2018-faaliyet-raporu.pdf?sfvrsn=2#page=52>), (Accessed: April 2019).
- Eliçabuk, C., 2016. Performance Evaluation in Konya-Gevrekliil Irrigation. Selçuk University Graduate School of Natural and Applied Science, (Unpublished) MSc Thesis, Konya, 52 pp.
- Fişekçioğlu, F., 2018. A Research on Irrigation Performance and Water Use Behaviors of Farmers for Kozağaç Irrigation Cooperative in Akşehir. Selçuk University Graduate School of Natural and Applied Science, (Unpublished) MSc Thesis, Konya, 37 pp.
- Gençoğlu, M. & H. Değirmenci, 2019. Assessment of irrigation performance: a case study of Kırıkhan irrigation association. *KSU Journal of Agriculture and Nature* 22 (3): 436-443. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoqa.vi.495353>
- Kasalak, A.F., S. Aksu, G. Demir, C. Şentürk & B.G. Dinçbilek, 2012. "Türkiye'de katılımcı sulama yönetimi devir çalışmaları, 395-402", 2. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu (24-25 Mayıs 2012, İzmir) Bildirileri, 629 ss.
- Koç, C., E. Yılmaz & N. Dağdelen, 2009. A study on determination of optimum personnel number in irrigation associations. *Journal of Adnan Menderes University Agricultural Faculty*, 6 (1): 21-28.
- Lencha, B.K., 2008. Water Use Efficiency of Smallholder Irrigation in the Ethiopian Central Rift Valley, The Case of Haleku Melka Tesso Irrigation Project. *International Land and Water Management at Wageningen University*, (Unpublished) MSc Thesis, Netherlands.
- Malano H. & M. Burton, 2001. Guidelines for Benchmarking Performance in the Irrigation and Drainage Sector. *International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage Knowledge Synthesis Report No. 5*, FAO, Rome, 44 pp.
- Nalbantoğlu, G. & B. Çakmak, 2007. Benchmarking of irrigation performance in Akıncı irrigation district. *Journal of Agricultural Sciences*, 13 (3): 213-223. [https://doi.org/10.1501/Tarimbil\\_0000000551](https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000000551)
- Özkan, E., H. Hurma, B. Aydın, E. Aktaş, G. Özdemir & Ö. Azabağaoğlu, 2012. Some performance indicators of main irrigation cooperatives in terms of rural development in East Thrace Region. *Balkan Journal of Social Sciences*, 1 (1): 113-116.

- Özlu, H., 2004. "Irrigation reform in Türkiye, 1-12". International Capacity Building Program on Participatory Irrigation Management (December 5-14, 2004, IARTC Menemen, İzmir, Türkiye).
- Rao, P.S., 1993. Review of Selected Literature on Indicators of Irrigation Performance. International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka, 75 pp.
- Rodriguez-Díaz, J.A., E. Camacho Poyato & R. López Luque, 2004. Applying benchmarking and data envelopment analysis (DEA) techniques to irrigation districts in Spain. *Irrigation and Drainage*, 53: 135-143. <https://doi.org/10.1002/ird.128>
- Sayın, B., 2011. "Participatory irrigation management" from Public Irrigation Management to Local and Private Irrigation Management: The Case of Antalya Irrigation Associations. Akdeniz University Graduate School of Natural and Applied Science, (Unpublished) PhD Thesis, Antalya, 165 pp.
- Sönmezıldız, E. & B. Çakmak, 2013. Assessment of irrigation performance in land consolidation area of Eskişehir Beyazaltın village. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 26 (1): 33-40.
- Süheri, S. & R. Topak, 2005. The comparison of irrigation organizations in point of water management in Konya plain. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 19 (37): 79-86.
- Taşpınar, C., 2018. Assessment of Agricultural Water Use in Soğulca Sarıkaya Irrigation Cooperative Area of Haymana, Ankara. Ankara University Graduate School of Natural and Applied Science, (Unpublished) MSc Thesis, Ankara, 38 pp.
- Tekiner, M. & B. Çakmak, 2011. "Kapalı borulu sulama şebekelerinde karşılaştırmalı değerlendirme ile sistem performansının belirlenmesi, 27-30". Uluslararası Katılımlı I. Ali Numan Kırac Tarım Kongresi ve Fuarı (27-30 Nisan, 2011, Eskişehir) Bildirileri, 138 s.
- Vermillion, D.L., 2000. Guide to Monitoring and evaluation of irrigation management transfer. International Network on Participatory Irrigation Management (INPIM), USA.
- Yercan, M., E. Atış & H.E. Salalı, 2009. Assessing irrigation performance in the Gediz River Basin of Türkiye: water user associations versus cooperatives. *Irrigation Science* 27: 263-270. <https://doi.org/10.1007/s00271-008-0142-z>.

**Research Article**  
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (3):399-404  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1263632>

Emmanuel Abayomi ROTIMI<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup> Department of Animal Science, Federal University Dutsin-Ma. Katsina state. Nigeria

\* Corresponding author (Sorumlu yazar):

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

## Analysis of egg quality traits and prediction of egg weight in Isa Brown laying hens

Isa Brown yumurtlayan tavuklarda yumurta kalitesi özelliklerinin analizi ve yumurta ağırlığının tahmini

Received (Alınış): 11.03.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 06.09.2023

### ABSTRACT

**Objective:** The objective of this study was to determine the best-fitted regression model for estimating egg weight of Isa Brown laying chickens using external and internal egg parameters.

**Materials and Method:** Data collected include: egg weight (EWT), egg length (EL), egg diameter (ED), shell thickness (ST), shell weight (SW), albumen height (AH), albumen weight (AW), yolk height (YH), yolk weight (YW) and yolk length (YL). Data were subjected to statistical analysis procedures of SPSS (version 23.0.0). Egg weight was regressed on external and internal egg parameters using forward, backward and full model regression procedures, to determine the combinations of egg parameters that explain variation in the dependent variable.

**Results:** Results showed that the mean ( $\pm$ SE) of EWT, EL, ED, ST, SW, AH, AW, YH, YW and YL were 60.49 $\pm$ 0.47, 4.23 $\pm$ 0.03, 2.94 $\pm$ 0.02, 1.37 $\pm$ 0.01, 6.04 $\pm$ 0.05, 1.20 $\pm$ 0.01, 36.30 $\pm$ 0.39, 1.22 $\pm$ 0.02, 15.29 $\pm$ 0.15 and 2.32 $\pm$ 0.02 respectively. The models of EWT = 30.638+0.582AW+0.571YW and EWT = -14.991+8.779EL+5.493ED+3.686SW are the best fitted regression models for predicting egg weight of Isa Brown laying chickens.

**Conclusion:** Conclusively, egg weight of Isa Brown laying chickens can be improved through selection for EL, ED, ST and SW trait

**Keywords:** Egg weight, egg quality traits, Isa Brown hen, regression

### ÖZ

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı, dış ve iç yumurta parametrelerini kullanarak Isa Brown yumurtlayan tavukların yumurta ağırlığını tahmin etmek için en uygun regresyon modelini belirlemektir.

**Materyal ve Yöntem:** Toplanan veriler şunları içerir: yumurta ağırlığı (EWT), yumurta uzunluğu (EL), yumurta çapı (ED), kabuk kalınlığı (ST), kabuk ağırlığı (SW), albümin yüksekliği (AH), albümin ağırlığı (AW), yumurta sarısı yüksekliği (YH), yumurta sarısı ağırlığı (YW) ve yumurta sarısı uzunluğu (YL). Veriler SPSS (sürüm 23.0.0) 'in istatistiksel analiz prosedürlerine tabi tutuldu. Bağımlı değişimdeki değişimi açıklayan yumurta parametrelerinin kombinasyonlarını belirlemek için yumurta ağırlığı, ileri, geri ve tam model regresyon prosedürleri kullanılarak dış ve iç yumurta parametreleri üzerinde gerilemiştir.

**Bulgular:** Sonuçlar EWT, EL, ED, ST, SW, AH, AW, YH, YW ve YL( $\pm$ SE)'nin sırasıyla 60.49 $\pm$ 0.47, 4.23 $\pm$ 0.03, 2.94 $\pm$ 0.02, 1.37 $\pm$ 0.01, 6.04 $\pm$ 0.05, 1.20 $\pm$ 0.01, 36.30 $\pm$ 0.39, 1.22 $\pm$ 0.02, 15.29 $\pm$ 0.15 ve 2.32 $\pm$ 0.02 olarak belirlenmiştir. EWT = 30.638+0.582AW+0.571YW ve EWT = -14.991+8.779EL+5.493ED+3.686 modelleri, Isa Brown yumurtlayan tavukların yumurta ağırlığını tahmin etmek için en uygun regresyon modelleridir.

**Sonuç:** Sonuç olarak, Isa Brown yumurtlayan tavukların yumurta ağırlığı, EL, ED, ST ve SW özellikleri için seçim yoluyla iyileştirilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Yumurta ağırlığı, yumurta kalitesi özellikleri, Isa Brown tavuğu, regresyon

## INTRODUCTION

Egg weight is vital in egg production as it influence egg quality and the reproductive parameter in chickens (Tabinda et al., 2013). Phenotypic correlation coefficient describes the strength of the associations between any two quantitative traits. However, in multiple regression, several predictor variables are used in combination rather than just one such variable to predict the dependent variable. Additionally, multiple regression indicates the weight that each variable in the combination has added to the model.

Coefficient of determinations ( $R^2$ ) and residual mean square errors (RMSE) are criteria employed to evaluate the suitability of model to select the relatively best-fitted model from a set of potential models (Hoang, 2019). This study therefore is aimed to evaluate egg quality traits and to determine the best-fitted models to predict egg weight in Isa Brown laying chickens.

## MATERIALS and METHODS

### Description of the Study Area

This study was carried out at the Poultry Unit of Livestock Teaching and Research Farm, Federal University, Dutsin-Ma. Dutsin-Ma is located between the latitude 12°27'14" N and longitude 7°29'50" E with altitude of 544 metres above the sea level (Dateandtime.info).

A total of one hundred and twenty (120) eggs were obtained from Isa Brown chickens, reared intensively in battery cage system.

Parameters measured on individual egg included, egg weight (EWT), egg length (EL), egg diameter (ED), shell thickness (ST) shell weight (SW), albumen height (AH), albumen weight (AW), yolk height (YH), yolk weight (YW) and yolk length (YL).

Data collected were subjected to statistical analysis using procedures of SPSS (23.0.0). Data were analyzed by descriptive statistics and Pearson's correlation coefficients ( $r$ ) procedures of SPSS (23.0.0). Egg weight was regressed on egg parameters (external and internal traits) by forward, backward and full model regression analysis as described by Pesmen & Yardimci (2008). The accuracy of the models obtained was evaluated using the coefficient of determination ( $R^2$ ) and residual mean square error (RMSE).

### Statistical model

$$Y = \beta + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n + e$$

Where,

Y = dependent variable (EWT)

$\beta$  = the constant

$X_1, X_2 \dots X_n$  = independent variables (EL, ED, ST, SW, AH, AW, YH, YW, YL)

$b_1, b_2, \dots b_n$  = the regression coefficient associated with EL, ED, ST, SW, AH, AW, YH, YW, YL

e = residual term

## RESULTS and DISCUSSION

The mean ( $\pm$ SE) of EWT (g), EL (cm), ED (cm), ST (mm) and SW (g) were 60.49 $\pm$ 0.47, 4.23 $\pm$ 0.03, 2.94 $\pm$ 0.02, 1.37 $\pm$ 0.01 and 6.04 $\pm$ 0.05 respectively (Table 1). The mean ( $\pm$ SE) of EWT (g) observed is similar with the value (60.17 $\pm$ 0.31) obtained on Bovan Nera Black laying chicken by Sylvia et al. (2016). However, low egg weights were reported on three genotype chickens of Tswana chickens (Kgwatalala et al., 2016) and two Sudanese genotype chickens (Yousif & Eltayeb, 2011). Low egg weights could be as the result of

the negative action of sex-linked dwarf gene (Yousif & Eltayeb, 2011). On the contrary, Dakpoganc et al. (2012) and Yousif and Eltayeb (2011), observed longer egg lengths in their reports. The mean ( $\pm$ SE) of SW (g) recorded is closer to the results of other researchers (Yakubu et al., 2008; Yousif & Altayeb, 2011) but higher than the values recorded (Nowaczewski et al., 2008; Tebesi et al., 2012; Alkan et al., 2015). An average shell thickness of 0.33 mm has been reported to be the minimum needed for at least a 50% chance to withstand breakage (Stadelman, 1995).

The mean ( $\pm$ SE) of AH (cm), AW (g), YH (cm), YW (g) and YL (cm) were  $1.20\pm 0.01$ ,  $36.30\pm 0.39$ ,  $1.22\pm 0.02$ ,  $15.29\pm 0.15$  and  $2.32\pm 0.02$ . The CV (%) for external egg quality were generally less than 10% (6.15-9.89) while those of internal egg quality traits were higher than 10% (10.48-15.85). The greatest CV (%) was observed in YH (15.85%).

The value obtained for AW (g) in this work agrees with the result of Congjiao et al. (2019). Albumen is the main content in egg, representing about 60% (Campbell et al., 2003). The value of AH recorded is however less than the value ( $8.41\pm 0.04$  mm) observed by Rath et al. (2015) in White Leghorns.

Table 2 reveals the phenotypic relationships among external egg quality trait of Isa Brown laying chickens. Highly significant ( $P<0.01$ ) positive correlation coefficients of 0.535, 0.384 and 0.470, respectively were recorded between EWT against EL, ED and SW. There was a negatively and non-significant ( $P>0.05$ ) phenotypic correlation values recorded between the EWT against ST (-0.136). This trend disagrees with the results of Moreki et al. (2011); Alkan et al. (2013); Stadelman (1995), who also reported a positive relationship between egg weight and shell thickness.

**Table 1.** Descriptive statistics of egg quality traits of Isa Brown laying chicken

**Çizelge 1.** *Isa Brown yumurtlayan tavukların yumurta kalitesine ilişkin istatistikleri*

Traits	N	Mean ( $\pm$ SE)	Coefficient of variation (%)
External egg quality			
EWT (g)	120	$60.49\pm 0.47$	8.43
EL (cm)	120	$4.23\pm 0.03$	6.70
ED (cm)	120	$2.94\pm 0.02$	6.15
ST (mm)	120	$1.37\pm 0.01$	9.06
SW (g)	120	$6.04\pm 0.05$	9.89
Internal egg quality			
AH (cm)	120	$1.20\pm 0.01$	12.65
AW (g)	120	$36.30\pm 0.39$	11.80
YH (cm)	120	$1.22\pm 0.02$	15.85
YW (g)	120	$15.29\pm 0.15$	10.50
YL (cm)	120	$2.32\pm 0.02$	10.48

SE = Standard error

**Table 2.** Phenotypic correlations of external egg qualities of Isa Brown laying chickens

**Çizelge 2.** *Isa Brown yumurtlayan tavukların dış yumurta niteliklerinin fenotipik korelasyonları*

	EWT	EL	ED	ST
EL	0.535**	1		
ED	0.384**	0.231*	1	
ST	-0.136	-0.356**	0.129	1
SW	0.470**	0.007	0.178	0.095

\*\* Correlation is significant at  $P<0.01$  (2-tailed), \*Correlation is significant at  $P<0.05$  (2-tailed).

Phenotypic relationships of internal egg quality trait of Isa Brown laying chickens were tabulated in Table 3. There was a highly significant ( $P<0.01$ ) phenotypic correlation between EWT, and AW and YW (0.534 and 0.303 respectively) in this study. Other authors also reported highly significant correlations between egg weight with albumen weight and yolk weight (Kul & Seker, 2004; Obike & Azu, 2012; Tebesi et al., 2012). These results suggest that albumen and yolk weights could significantly influence egg weight.

**Table 3.** Phenotypic correlations of internal egg qualities of Isa Brown laying chickens**Çizelge 3.** *Isa Brown yumurtlayan tavukların iç yumurta niteliklerinin fenotipik korelasyonları*

	EWT	AH	AW	YH	YW
AH	0.111	1			
AW	0.534**	0.240**	1		
YH	0.208*	0.089	0.217*	1	
YW	0.303**	-0.071	0.253**	0.115	1
YL	0.069	0.052	0.086	-0.022	0.396**

\*\*Correlation is significant at  $P < 0.01$  (2-tailed), \*Correlation is significant at  $P < 0.05$  (2-tailed).

Table 4 presents the forward and backward methods of multiple regression equations for egg weight and external egg parameters of Isa Brown laying chickens. The forward and backward method of multiple regression for egg weight and external egg traits showed that the equation including three variables (EL, SW, ED) has highest  $R^2 = 0.538$  and with the lowest RMSE = 12.313 which makes it the best fit model for predicting egg weight from external egg traits. The equation is;  $EWT = -14.991 + 8.779EL + 3.686SW + 5.493ED$ .

**Table 4.** Forward and backward methods of multiple regression equations of egg weight and external egg parameters of Isa Brown laying chickens**Çizelge 4.** *Isa Brown yumurtlayan tavukların yumurta ağırlığı ve dış yumurta parametrelerinin çoklu regresyon denklemlerinin ileri ve geri yöntemleri*

Model	Equation	R <sup>2</sup>	RMSE	Sig
FORWARD				
1	$EWT = 19.732 + 9.648EL$	0.287	18.705	0.000
2	$EWT = -4.032 + 9.586EL + 3.979SW$	0.504	13.124	0.000
3	$EWT = -14.991 + 8.779EL + 3.686SW + 5.493ED$	0.538	12.313	0.000
BACKWARD				
1	$EWT = -12.705 + 8.528EL + 5.699ED - 1.415ST + 3.703SW$	0.539	12.394	0.000
2	$EWT = -14.991 + 8.779EL + 3.686SW + 5.493ED$	0.538	12.313	0.000

Table 5 shows the forward and backward methods of multiple regression for egg weight and internal egg parameters. The equations for backward multiple regression method involving three variables (AW, YH, YW), recorded high  $R^2 = 0.323$  but the lowest RMSE = 18.067 which made it most suitable to predict egg weight in Isa Brown laying chickens, thus;  $EWT = 28.904 + 0.562AW + 2.248YH + 0.554YW$ .

**Table 5.** Forward and backward methods of multiple regression equations of egg weight and internal egg parameters of Isa Brown laying chickens**Çizelge 5.** *Isa Brown yumurtacı tavukların yumurta ağırlığı ve iç yumurta parametrelerinin çoklu regresyon denklemlerinin ileri ve geri yöntemleri*

Model	Equation	R <sup>2</sup>	RMSE	Sig
FORWARD				
1	$EWT = 37.401 + 0.636AW$	0.285	18.735	0.000
2	$EWT = 30.638 + 0.582AW + 0.571YW$	0.316	18.094	0.000
BACKWARD				
1	$EWT = 30.123 + 0.230AH + 0.559AW + 2.155YH + 0.616YW - 0.973YL$	0.324	18.335	0.000
2	$EWT = 30.335 + 0.561AW + 2.165YH + 0.612YW - 0.958YL$	0.324	18.177	0.000
3	$EWT = 28.904 + 0.562AW + 2.248YH + 0.554YW$	0.323	18.067	0.000
4	$EWT = 30.638 + 0.582AW + 0.571YW$	0.316	18.094	0.000



Table 6 shows the full method of multiple regression of EWT on external and internal egg parameters of Isa Brown laying chickens. The equation for external egg traits has four variables with  $R^2 = 0.539$  and RMSE = 200.718 while the equation for internal egg traits has five variables with  $R^2 = 0.324$  and RMSE = 18.335. The criteria for suitability of the model show that the equations for full models are less suitable to predict egg weight.

**Table 6.** Full method of multiple regression equations of egg weight and egg quality parameters of Isa Brown laying chickens

**Table 6.** *Isa Brown yumurtlayan tavukların yumurta ağırlığı ve yumurta kalitesi parametrelerinin çoklu regresyon denklemlerinin tam yöntemi*

Equation	R <sup>2</sup>	RMSE	Sig
EXTERNAL			
EWT = -12.705+8.528EL+5.699ED – 1.415ST+3.703SW	0.539	200.718	0.000
INTERNAL			
EWT = 30.123+0.230AH+0.559AW+2.155YH+0.616YW – 0.973YL	0.324	18.335	0.000

The outcome of the study showed that  $EWT = 30.638+0.582AW+0.571YW$  and  $EWT = -14.991+8.779EL+5.493ED+3.686SW$  are the best fitted regression models for predicting egg weight of Isa Brown laying chickens, using external and internal egg traits respectively. Topal (2003) also opined that  $R^2$  or RMSE may be confidently applied to determine the best-fitted regression models for predicting body weights in livestock. The higher and significant ( $P<0.001$ )  $R^2$  value with lower RMSE obtained in this study showed that (EL, ED, SW) and internal egg parameters (AW, YW) could be used to estimate egg weight of Isa Brown laying chickens with high degree of precision.

## CONCLUSION

This study revealed that EL, ED and SW were strongly and positively correlated with EWT as 0.535, 0.384 and 0.470 respectively. Hence, selection for these traits will invariably lead to the improvement of egg weight in Isa Brown laying chickens. The outcome of the regression analysis showed that  $EWT = 30.638+0.582AW+0.571YW$  and  $EWT = -14.991+8.779EL+5.493ED+3.686SW$  are the best fitted regression models for predicting egg weight of Isa Brown laying chickens, using external and internal egg parameters respectively.

## REFERENCE

- Abanikanda, O.T.F. & A.O. Leigh, 2007. Allometric relationships between composition and size of chicken table eggs. *International Journal of Poultry Science*, 6: 211-217.
- Alkan, S., A. Galiç, T. Karsli & K. Karabağ, 2015. Effects of egg weight on egg quality traits in partridge (*Alectoris Chukar*). *Journal of Applied Animal Research*, 43: 450-56.
- Alkan, S., T. Karsli, A. Galiç & K. Karabağ, 2013. Determination of phenotypic correlations between internal and external quality traits of Guinea Fowl Eggs. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 19 (5): 861-867. DOI:10.9775/kvfd.2013.8988
- Baykalir, Y. & S. Aslan, 2020. Phenotypic correlations between egg quality traits, albumen pH and ovalbumin levels in four varieties of Japanese quail *Coturnix coturnix japonica*. *GSC Biol. Pharm. Sci.*, 10: 69-75.
- Campbell, J.R., M.D. Kenealy & K.L. Campbell, 2003. *Animal Sciences. The Biology, Care, and Production of Domestic Animals*, fourth ed., McGraw-Hill, New York, 510 pp.
- Congjiao, S., L. Junnian, Y. Ning & X. Guiyun, 2019. Egg quality and egg albumen property of domestic chicken, duck, goose, turkey, quail, and pigeon. *Poultry Science*, 98: 4516-4521. doi.org/10.3382/ps/pez259
- Dakpogan, H.V., S. Salifou, A.B. Gbangboche & C.A.A. Chrysostome, 2012. Laying performance of five local hen phenotypes in improved rearing conditions. *Journal of Animal and Plant Science*, 15: 2130-2134.
- Dateandtime.info. 2022. <http://dateandtime.info/citycoordinates.php?id=2344217>.

- Farooq, M., M.A. Mian, M. Ali, F.R. Durrani, A. Asquar & A.K. Muqarrab, 2001. Egg traits of Fayomi bird under subtropical conditions. *Sarad Journal of Agriculture*, 17: 141-145. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=PK2002000250>.
- Hoang, P., 2019. A new criterion for model selection. *Mathematics*, 7: 1215
- IBM SPSS, 2015. IBM SPSS Statistical Package Software for Windows, Version 23.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Islam, M.S. & R.K. Dutta, 2010. Egg quality traits of indigenous, exotic and crossbred chickens (*Gallus domesticus* L.) in Rajshahi, Bangladesh. *Journal of Life Earth Sciences*, 5: 63-67.
- Kgwatalala, P.M., M. Molapisi, K. Thutwa, B. Sekgopi, T.P. Selemoge & S.J. Nsoso, 2016. Egg quality characteristics and phenotypic correlations among egg quality traits in the naked neck, normal and dwarf strains of Tswana chickens raised under intensive management system. *International Journal of Environmental and Agriculture Research*, 2 (8): 96-105.
- Kul, S. & I. Seker, 2004. Phenotypic correlations between some external and internal egg quality traits in the Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). *International Journal of Poultry Science*, 3: 400-405.
- Misshohou, A., P.N. Dieye & E. Talaki, 2002. Rural poultry production and productivity in Southern Senegal. *Livestock Research for Rural Development*, 14 (2). <http://www.lrrd.org/lrrd14/2/miss142.htm>.
- Momoh, O.M., A.O. Ani & L.C. Ugwuowo, 2010. Part-period egg production and egg quality characteristics of two ecotypes of Nigerian local chicken and their F1 crosses. *International Journal of Poultry Science*, 9 (8): 744-748.
- Moreki, J.C., Van der, H.J.C. Merwe & J.P. Hayes, 2011. Effect of dietary calcium level on egg production and egg shell quality in broiler breeder hens from 36 to 60 weeks of age. *Online Journal of Animal Feed Resources*, 1 (1): 1-7.
- Nowaczewski, S., K. Witkiewicz, M. Fraczkak, H. Kontecka, A. Rutkowski, S. Krystianiak & A. Rosinski, 2008. Egg quality from domestic and French guinea fowl. *Nauka Przyr Technology*, 2 (2): 1-9.
- Obike, O.M. & K.E. Azu, 2012. Phenotypic correlations among body weight, external and internal egg quality traits of pearl and black strains of guinea fowl in a humid tropical environment. *Journal of Animal Science Advances*, 2 (10): 857-864.
- Ojedapo, L.O., 2013. Phenotypic correlation between the external and internal egg quality traits of Pharaoh quail reared in derived Savannah zone of Nigeria. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 3 (10): 80-83
- Olawumi, S.O. & J.T. Ogunalde, 2008. Phenotypic correlation between some External and Internal Egg quality traits in the exotic is a Brown layer breeders", *Asian Journal of Poultry Science*, 2: 30-35.
- Pesmen, G. & M. Yardimci, 2008. Estimating the live weight using some body measurements in Saamen goats. *Achiva Zootechnica*, 11: 664-668.
- Rath, P.K., P.K. Mishra, B.K. Mallick & N.C. Behura, 2015. Evaluation of different egg quality traits and interpretation of their mode of inheritance in White Leghorns. *Veterinary World*, 8 (4): 449-452. doi: 10.14202/vetworld.2015.449-452.
- Stadelman, W.J., 1995. "Quality Identification of Shell Eggs". In: *Egg Science and Technology* (Eds. W.J. Stadelman & O.J. Cotterill). 4th Revision. Food Products Press, Binghamton, New York, 614 pp.
- Tabinda, K., H. Sohail, N.M. Khan, P. Abida & F. Ghulam, 2013. Production performance, egg quality and biochemical parameters of three way crossbred chickens with reciprocal F<sub>1</sub> crossbred chickens in sub-tropical environment. *Italian Journal of Animal Science*, 12: 1. DOI: [10.4081/ijas.2013.e21](https://doi.org/10.4081/ijas.2013.e21).
- Tebesi, T., O.R. Madibela & J.C. Moreki, 2012. Effect of storage time on internal and external characteristics of guinea fowl (*Numida meleagris*) eggs. *Journal of Animal Science Advances*, 2 (6): 534-542.
- Topal, M., N. Yildiz, N. Esenbuğa, V. Aksakal, M. Macit & M. Özdemir, 2003. Determination of best fitted regression model for estimation of body weight in Awassi sheep. *Journal of Applied Animal Research*, 23: 201-208. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09712119.2003.9706422>.
- Yakubu, A., D.M. Ogah & R.F. Barda, 2008. Productivity and Egg quality characteristics of free range Naked Neck and normal feathered Nigerian Indigenous chickens. *International Journal of Poultry Science*, 7 (6): 579-585.
- Yousif, I.A. & N.M. Eltayeb, 2011. Performance of Sudanese native dwarf and bare neck chicken raised under improved traditional production system. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 2: 860-866.



## Research Article (Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (3):405-416  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1311436>

Ahmed SHAWKY EL-SAYED<sup>1</sup>

Safwat EL-HASSANEİN ELKHAWAGA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Agricultural Bioengineering Systems, Agricultural Engineering Research Institute (AENRI), Agricultural Research Center (ARC), Dokki, Giza, Egypt

\* Corresponding author (Sorumlu yazar):

[a.shawky71@yahoo.com](mailto:a.shawky71@yahoo.com)

# Development of an electronic device for protection from agricultural machinery hazards

## Tarım makineleri tehlikelerinden korunmak için bir elektronik cihazın geliştirilmesi

Received (Alınış): 08.06.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 16.09.2023

### ABSTRACT

**Objective:** The objective of this study was to develop an electronic device capable of being connected to agricultural machinery to protect operators from mechanical hazards.

**Material and Methods:** The electronic device contains two electronic circuits for alarming and automatically shutting off. The device is equipped with a pair of passive infrared sensors with a daylight resistance to increase the device sensitivity. The alarm circuit operates a siren that warns the operator when approaching dangerous objects such as rotors, knives, exposed gears, etc. The automatic disconnect circuit turns off the tractor's engine when the operator does not pay attention to the alarm. Four sensing distances of 0.25, 0.5, 0.75, and 1.00 m were tested with three delay periods of 30, 60, and 90 s at two levels for the interstitial distances between the sensors of 150 and 200 mm.

**Results:** The device was tested by simulating human hands to test the efficiency of the sensor response and the efficiency of the time delay. The addition of the day light resistance to the passive infrared sensor led to an increase in its response efficiency, from 90.67% to 95.83%.

**Conclusion:** The developed electronic device can be attached to agricultural equipment to protect operators from operating risks.

### ÖZ

**Amaç:** Bu çalışma, operatörleri mekanik tehlikelerden korumak için tarım makinelerine bağlanabilen bir elektronik cihaz geliştirmeyi amaçlamaktadır.

**Materyal ve Yöntem:** Elektronik cihaz, alarm vermek ve otomatik olarak kapatmak için iki elektronik devre içermektedir. Cihaz, cihaz hassasiyetini artırmak için gün ışığı direncine sahip bir çift pasif kızılötesi sensörle donatılmıştır. Alarm devresi rotorlar, bıçaklar, açıktaki dişliler vb. gibi tehlikeli nesnelere yaklaştığında operatörü uyaran bir siren çalıştırır. Otomatik bağlantı kesme devresi, operatör alarma dikkat etmediğinde traktörün motorunu kapatır. 0.25, 0.5, 0.75 ve 1.00 m'lik dört algılama mesafesi, 150 ve 200 mm'lik sensörler arasındaki boşluk mesafeleri için iki seviyede 30, 60 ve 90 s'lik üç gecikme periyoduyla test edildi.

**Araştırma Bulguları:** Cihaz, sensör yanıtının etkinliğini ve zaman gecikmesinin etkinliğini test etmek için insan elini simüle ederek test edildi. Pasif kızılötesi sensöre gün ışığı direncinin eklenmesi, tepki veriminde %90,67'den %95,83'e bir artışa yol açtı.

**Sonuç:** Geliştirilen elektronik cihaz, operatörleri işletme risklerinden korumak için tarım ekipmanlarına takılabilir.

**Keywords:** Interstitial, operators, response, sensitivity, solenoid

**Anahtar sözcükler:** Geçiş reklamı, operatörler, yanıt, hassasiyet, solenoit

## INTRODUCTION

Occupational risks associated with operating agricultural machinery are one of the primary causes of accidents in the agricultural sector (Mucci et al., 2020). Accidents rise as a result of stressful conditions imposed by continuous labor strain and adverse weather conditions in some nations. The majority of accidents happen during harvest seasons and when preparing the soil following harvest, which results in an increase in accidents annually. Accidents are primarily caused by dissenting occupational safety protocols and recommendations to separate agricultural equipment during maintenance (Benos et al., 2020). Usually, the danger results from moving, rotating, and sharp parts found in agricultural machinery. The cutting parts, such as reciprocating mower knives and harvesting knives in harvesters and the grain transport augers, cause accidents resulting from the entanglement of clothes, hands, arms, and feet (Ngajilo & Jeebhay, 2019).

The rotating parts from the feeding rollers, rollers, and belts of the threshing and winnowing machines, as well as the contract device in the hay balers and the power takeoff of the tractor, cause painful accidents (Fargnoli et al., 2018). Hair and clothes can be pulled, causing cases of amputation and suffocation if not adhered to when wearing suitable, non-loose clothes. The components of hydraulic systems, such as winches, excavators, and dredgers, lead to serious injuries as a result of oil leakage or explosions. One of the most hazardous industries globally is the agricultural sector (Evangelakaki et al., 2020; Vigoroso et al., 2021). The use of agricultural equipment has increased due to the ability of tractors and harvesters to be controlled by satellites using global positioning systems. Despite the utilization of sensors and developed software, the development of the operator's work environment still needs to advance in its application of artificial intelligence to reduce potential dangers (Mirmahdi & Shirazi, 2021). The development of harvesters using laser range sensors can leverage laser application usage in the agricultural sector. The power take-off (PTO) for tractor was developed from a mechanical one to be electrically operated using a motor in order to avoid accidents for operators when connecting equipment manually (Prankl et al., 2011). The development of independent machines to perform various agricultural operations, from soil preparation to harvesting, requires the efforts of a few designers to replace traditional devices with electronic ones that can be monitored remotely using Internet applications, reducing agricultural accidents and raising operational safety rates (Shutske et al., 2022). The use of modern technology for agricultural machinery, such as robots and sensors, does not guarantee the safety of operators due to their ignorance of the sources of danger. Therefore, it is necessary to develop programmed systems to prevent accidents (Aby & Issa 2023).

The operator's safety was significantly impacted by the use of electronic sensors like infrared motion sensors, lasers, and gravity sensors attached to the agriculture machinery, which resulted in a decrease in accidents (Erdal & Jakob, 2004; Teng et al., 2016). A pressing issue is the global trend toward enacting tough legislation to lower workplace dangers, so using these electronic devices can solve safety problems. The expense of work accidents can be attributed to the advancement of technology in the environment in which the operators work (Ivascu & Cioca, 2019). Accidents are attributed to the management of the work team by 75% due to ignorance of the dangerous elements of agricultural machinery, while the percentage of accidents due to the workplace represents 50%. The deficiencies in the equipment, like agriculture machinery, in the work environment cause accidents by up to 56% (Ivascu et al., 2021). To lower the accident rate, occupational safety initiatives in agricultural professions must be developed using skilled labor and developed electronics to prevent accidents and injuries (Noman et al., 2021). Many workers, whose ages range from 30 to 59, suffer injuries as a result of accidents caused by the use of some agricultural equipment, including tree saws and other equipment, especially harvesters.

Manufacturers of agricultural equipment must support all forms of protection, including installing shields and other barriers (Lopez et al., 2021; Khorsandi et al., 2022). The modern tendency towards developing an operator alert and protection device employing sensors offers a perfect working environment free of hazards.

Harvesters and shredders cause many agricultural accidents. The application of smart devices increases the field efficiency of agricultural machinery by decreasing the time spent on maintenance and allowing the operators to save themselves from hazards. The use of automatic devices in precision farming applications using sensors and robots is entirely related to the safety of operators (Colantoni et al., 2018). This is due to the non-use of traditional devices, such as the use of complex mechanical connections with a lot of maintenance and malfunctions, which may affect operators when they do not pay attention to them as a result of repeated malfunctions, unlike the modern, developed systems that depend on remote sensing systems. Thus, the mission of developing such logic automatic control devices could participate in the development of artificial intelligence for agricultural equipment.

The developed electronic safety device is placed, for example, next to the knotter device in hay balers because it is very dangerous to protect the operators' hands from entanglement in the gears. The electronic safety device can also be inserted into mowers on the three-point hitch of the tractor to prevent their hands from being cut by knives. The device can also be used on all choppers and mincing machines at the manual feeding part to protect their hands. Also, this device can be installed on the tractor to suit the connections of all agricultural equipment, such as threshing machines, feed flaps, and so on. It is necessary to use electronic protective devices to protect agricultural workers from various potential risks. There is a fundamental difference between electronic protection devices and traditional ones, which are mostly mechanical. The electrical response time is instantaneous in a fraction of a second, which speeds up the insurance process significantly, unlike mechanical systems that are slow in response. Multiple features have been introduced to the developed electronic insurance device to give a warning first, and in the event that the operator does not pay attention, this device will forcefully stop the equipment, machine, or tractor to protect the operator before an injury occurs. The assembly and synthesis of motion sensors with this new insurance system and programming them by Arduino to secure the agricultural worker is considered new in electronic applications attached to modernizing traditional agricultural equipment. The electronic safety device was tested and evaluated in experiments that simulate different operating conditions of agricultural equipment by using a 12-volt DC current as a source of electrical supply and directing the movement of the human hand using the device to ensure that the device works with optimal efficiency.

Hence, a study was conducted and the objective of this study was to develop an electronic device to secure and protect the operators and workers of agricultural machinery and test the efficiency of the device's performance and operation under different operating conditions.

## **MATERIALS and METHODS**

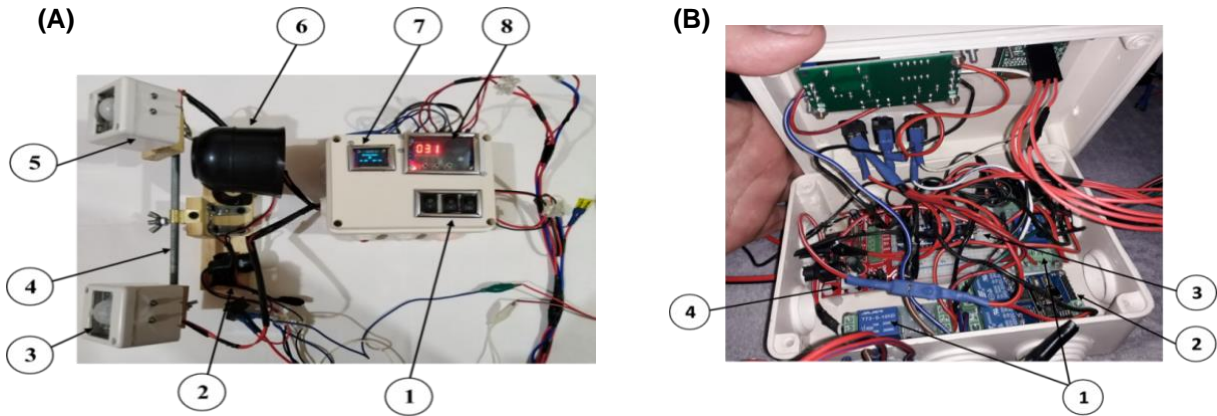
### **Experimental procedure**

The tests were carried out in 2023 at the Al-Serw Agricultural Research Station in Damietta, Egypt, located at 31.24° N, 31.80° E. The smart electronic protection device was designed, developed, evaluated, and calibrated to fit several kinds of agricultural equipment. The device is suitable for installation on straw baler machines, mowers of all types, threshing machines, agricultural waste choppers, etc. Two laboratory experiments were conducted to test and calibrate the sensitivity of the PIR sensors, once using the passive infrared sensors and the other when installing an LDR light-day resistor (photoresistor), as shown in Figure 3. The experimental variables included four sensing distances of 0.25, 0.5, 0.75, and 1.00 m. The specified sensing distances are considered the standard range specified for passive motion sensors listed in the usage specifications, which can be adjusted using the potentiometer for each sensor individually. The sensing distance (SD) was adjusted by turning the potentiometer on the PIR sensor. Three delay periods (DP) of 30, 60, and 90 seconds for shutting off the tractor automatically were also tested. This time can be set using the countdown timer attached to the device, and this time is considered appropriate for operating agricultural equipment. The delaying periods were adjusted using the delay timer module. Also, two interstitial distances (SID) were tested between installing the sensors, which are 150 and 200 mm. The

interstitial distances between the two used passive motion sensors were adjusted by moving the sensor fixation position on the movable slider on the sensor fixation shaft, as shown in Figure 1. The experiments were performed using a three-way completely randomized factorial design. The experiments included five replications for the experimental variables. The movement of the worker was simulated in front of the positive motion sensors of the electronic insurance device and installed on the tractor to suit the attachment of the various agricultural equipment with a risk factor. The device is suitable for working on most types of tractors, whose electrical devices depend on a direct current of 12 volts, and any agricultural machine. The device can be installed next to any rotating part, such as a knife, gear, belt, drums, or the power take-off (PTO) of the tractor, to act as a shield to protect from the dangers of moving parts.

### General description

The electronic device was developed to protect operators from high-risk agricultural equipment. The device was intended to secure the equipment connected to the tractor, such as balers, mowers, choppers, etc. The device is secured electronically in two stages. First, the device warns the operator when approaching a dangerous place in the equipment. Secondly, the device automatically shuts off the tractor before reaching the dangerous part. The tractor is compulsorily stopped when the second motion sensor is reached, which is electrically connected to the tractor's stop solenoid. Every place near moving parts, such as gears, wheels, rollers, and knives, can be installed in the device, as the device has been configured to be easily installed in any place with complete flexibility. In general, the electronic device that protects workers from agricultural hazards consists of the following parts, as shown in Figures 1 and 2.

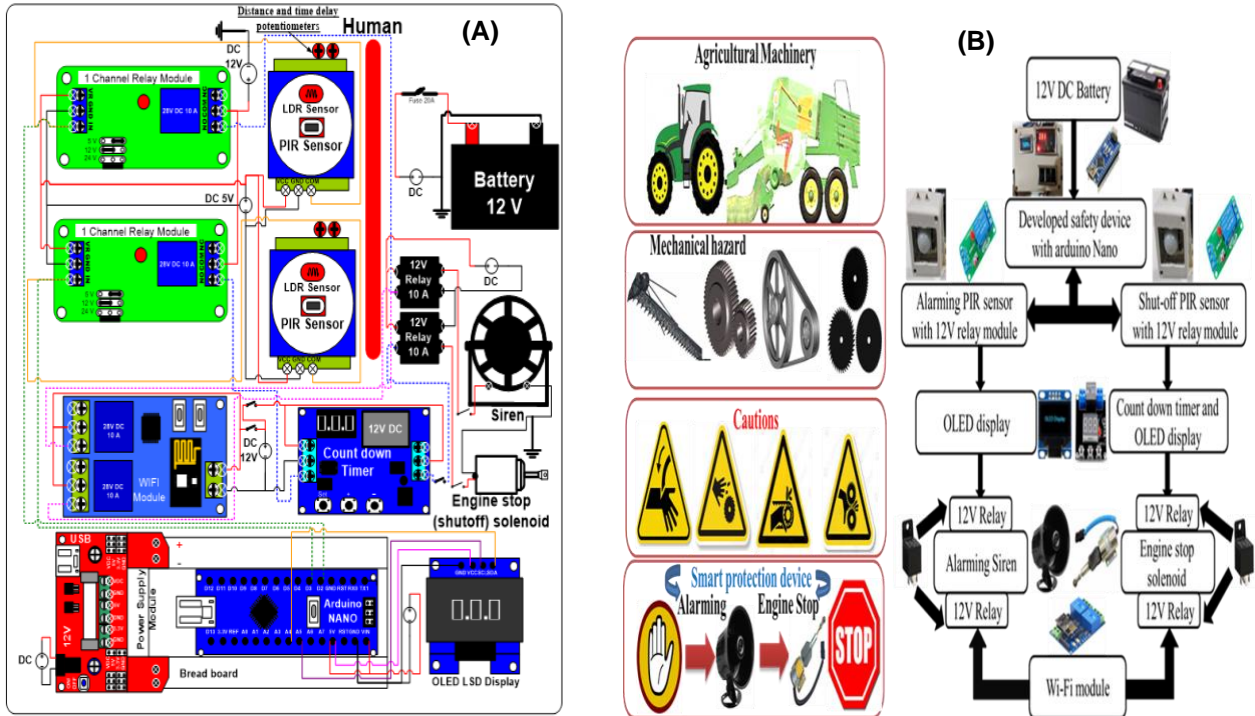


**Figure 1.** (A) The smart electronic protection device components (1- the operating switches for the device, the Wi-Fi module, and the countdown timer; 2- the connecting plug for switching off the tractor fuel solenoid; 3- the PIR sensor for the warning circuit; 4- sensors interstitial distance slider shaft; 5- the PIR sensor for the automatic shutoff circuit; 6- the siren 12 V, 25 W, 110 dB; 7- the OLED LCD display 0.96 inch; 8- the countdown timer relay module; (B) The inlet components of the smart electronic protection device (1- 12V one-channel relay modules; 2- Wi-Fi two-channel relay modules; 3- Arduino Nano; 4- 12-5V power supply modules).

**Şekil 1.** (A) Akıllı elektronik koruma cihazının komponentleri (1-cihaz çalıştırma anahtarları, Wi-Fi modülü, geri sayım timer'ı 2- Traktör yakıt selenoidi kapatma için bağlantı fişi; 3- uyarı devresi için PIR sensörü; 4-Sensörün intertestiyal mesafesi için kaydırılabilir şaft; 5- PIR sensörünün otomatik kapatma devresi için PIR sensörü; 6- siren 12 V, 25 W, 110 db; 7\_0.96 inç OLED LCD ekranı; (8) geriye doğru sayım için timer röle modülü; (B) akıllı elektronik koruma cihazındaki komponentler (1-12 V tek kanallı röle modülü; 2- iki kanallı Wi-Fi röle modülü; 3- arduino Nano; 4- 12-5V güç tedarik modülleri.

The safety device (Figure 2B) consumed 30-35 W of 12 V direct current. The device is easy to install and connect. It is also possible to install the safety device inside the tractor cab, extend the sensor holder cables only outside the cab, and install it using a bracket next to any rotating part, such as power take-off (PTO) of the tractor, or next to the most dangerous moving parts in any equipment attached to working with the tractor. The device relies on the use of passive infrared sensors (PIR). A pair of PIR sensors are

connected to the electronic safety device. Each PIR sensor contains a pair of adjustable potentiometers for distance and time delay. The adjustable potentiometers are controlled by turning them clockwise or anticlockwise, as shown in Figure 2A. The distance potentiometer controls the sensing distance range of 0.25-7 m. The second time delay potentiometer controls the response delay time of the sensor from 1 to 5 minutes. The time period for disconnecting the motion sensor is standard, but the time can be precisely controlled using the delay timer, which operates from a range of 1 second to 10 hours. The device contains two circuits, the first for warning and the second for shutting off the tractor's engine automatically by the tractor's stop solenoid, as shown in Figure 2 (A and B).



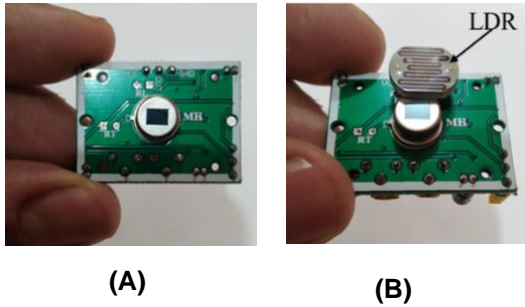
**Figure 2.** (A) The electronic circuit of the smart protection device; (B) The flowchart of the developed smart protection device's operation.

**Şekil 2.** (A) Akıllı koruma sisteminin elektronik devresi; (B) Akıllı koruma cihazının akış şeması.

First, the warning circuit consists of the following parts: The first PIR sensor, as shown in Figure 1A, No. 3, was connected to the warning circuit. The alarm circuit triggers a siren (Figure 1A, No. 6) when approaching the first sensor. The PIR sensor is powered with a 5 volt DC source via the power supply module (Figure 1B, No. 4). The power supply module converts the connected voltage from the tractor battery from 12 volts to 5 volts. When approaching the first PIR sensor of the warning circuit, the electrical outlet signal is transmitted to the Arduino Nano port (D2) (Figure 1B, No. 3) to display the number of coming signals from the relay on the OLED LCD display, as shown in Figure 1A, No. 7. When a person approaches, because his body contains infrared rays, it is sensed by positive motion sensors within the sensor's vision range from any direction when approaching its range, whether passing at an angle or straight, because the sensor lens is spherical in shape. Also, as the PIR warning sensor operates, it transmits a 12 V relay module with one channel (Figure 1B, No. 1). The relay module coil operates with 5 volt to connect its contacts, which are connected to a 12 volt power source, to its built-in relay. Then the electric current is transmitted again to an external relay (12 volts and 10 amps) connected directly to the siren, as shown in Figure 2B.

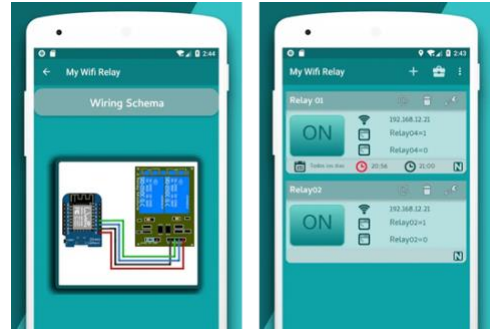
Secondly, the automatic shut-off circuit consists of the following parts: The second PIR sensor (Figure 1A, No. 5) connects the outlet voltage to another one-channel relay module (Figure 2A). The

automatic cut-off circuit is built into the electronic device box and is connected to the device to stop the tractor and cut off the fuel from the tractor engine to stop its operation electrically. Also, the second PIR sensor is connected to port D3 on the Arduino Nano to display the number of signals on the OLED LCD display. The relay module connects the 12 V voltage to the 12 V LED automatic countdown timer relay module, as shown in Figure 1A, No. 8. The delay period for shutting off the tractor is set by the countdown timer instead of using the PIR time delay potentiometer due to its accuracy. The countdown timer is set by choosing between three time programs: seconds, minutes, or hours. There are three press switches to operate the countdown timer as shown in Figure 2A. The relay for the countdown timer connects the outlet voltage to an external 12-volt relay connected directly to the tractor fuel cutoff solenoid, as shown in Figure 2B. The number of response times from the two PIR sensors is counted by a programmable circuit that has been installed. The circuit consists of an Arduino Nano attached to a 0.96-inch OLED LCD display. The OLED LCD display shows the number of responses from the warning and shutting off circuits. Arduino is installed on a breadboard and connected to the power supply module to operate it, as shown in Figure 1B, No. 4. A two-channel Wi-Fi relay module (Figure 1B, No. 2) was used to be controlled directly by an application installed on the mobile smart phone, as shown in Figure 4. The Wi-Fi module connects directly to the pair of external relays connected to the siren and the fuel shutoff solenoid, as shown in Figure 2B. The Wi-Fi relay module was used to control the device directly in emergency cases to protect the operator remotely, as shown in Figure 2B.



**Figure 3.** (A) PIR sensor (passive infrared sensor) without LDR (light day resistance); (B) PIR sensor with LDR.

**Şekil 3.** (A) LDR (gün ışığı dirençli) olmayan PIR sensor (pasif infrared sensor); (B) LDR'ye sahip PIR sensor.



**Figure 4.** The mobile application for controlling the smart electronic device using a Wi-Fi controller module.

**Şekil 4.** Wi-Fi kontrol modülünü kullanan elektronik akıllı cihazın kontrolünde kullanılan mobil aplikasyon.

### The protection device evaluation

The electronic safety system's components were calibrated, tested, and evaluated. The performance of the electronic warning and tractor automatic shutdown circuits was also evaluated. A simulation was made to test the efficiency of passive infrared sensors. A human hand was passed at a constant speed ( $10 \text{ m s}^{-1}$ ), parallel to the direction of the sensors, 30 times per minute. A sensitive electronic piece connected to cables connected to a computer application was installed to measure the speed of the human hand, and the speed was fixed at the required limit for taking measurements. The electronic safety device records the average readings. There is an interval swipe time of 2 seconds between each attempt. The sensor's response efficiency ( $SR \eta, \%$ ) was measured using Equation No. 1. (Zappi et al., 2010)

$$SR \eta = \frac{SR_{ac}}{SR_{th}} \times 100, \% \quad (1)$$



Where:  $SR \eta$  = the PIR sensors response efficiency, %;  $SR_{ac}$  = actual sensing responses recorded, once;  $SR_{th}$  = theoretical sensing responses trail, once (constant 30).

The efficiency of the electrical tractor's shut-off circuit was evaluated. A stopwatch was used to record the actual tractor shutoff delay time. The device can be installed next to any rotating or moving part using screws. The device automatically stops the tractor as the second motion sensor directs the electrical signal coming out of it when sensing any movement to the delay timer. The timer automatically operates via a cable connected to the Fuel solenoid valve, which cuts off fuel from the tractor engine, so that the tractor stops before an accident occurs. The device is suitable for all types of tractors, and its operation is not affected by the type of tractor. The theoretical delay periods are set using the insurance device's countdown timer. The time delay efficiency ( $TD \eta$ , %) was calculated using Equation 2. (Narayana et al., 2015)

$$TD \eta = \frac{DP}{DP_{th}} \times 100, \% \quad (2)$$

Where:  $TD \eta$  = the time delaying efficiency, %;  $DP_{ac}$  = actual delaying periods, s;  $DP_{th}$  = theoretical delaying periods, s.

### Statistical analysis

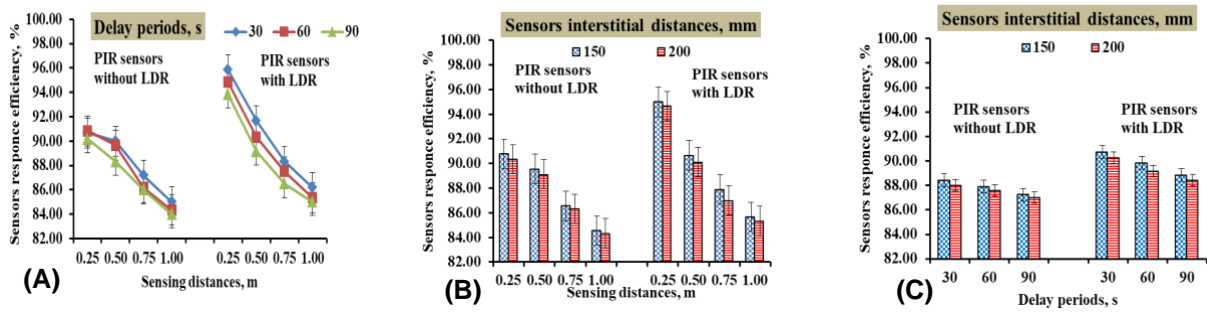
The statistical programs CoStat 2017 and Minitab 2019 were used to analyze the data. Variables were tested using analysis of variance (ANOVA) at a significant probability level of  $P \leq 0.001$ . The determination coefficient and the standard error were estimated. The least significant difference (LSD) was calculated at a level of 0.001 for the mean averages of the tested variables. Linear regression equations were estimated to measure the interaction between variable levels.

## RESULTS and DISCUSSION

### Factors affecting the sensor's response efficiency

Figure 5a shows an inverse relationship between the sensing distances and the sensor's response efficiency at the different delay times. The greater the sensing distance levels from 0.25 to 1.00 m, the less efficient the sensors' response. Figure 5a, shows that there is a significant increase in the response efficiency of the sensors when the LDR is installed compared to when it is not installed. As shown in Figure 5A, the highest recorded values of  $SR \eta$  were 90.67% and 95.83% for the PIR sensors without and with LDR, respectively. The maximum values of  $SR \eta$  were gained for 30 s delay periods (DP) and a sensing distance (SD) of 0.25 m. As shown in Figure 5 B, the effect of sensing distances (SD) on  $SR \eta$  values at the sensors interstitial distances (SID). The  $SR \eta$  values were increased from 84.56 to 90.78% at a SID of 150 mm, from 1.00 to 0.25 m of SD, respectively, for the PIR sensors without LDR. At the PIR with LDR, the  $SR \eta$  values were increased from 85.67% to 95% at a SID of 150 mm, from 1.00 to 0.25 m of SD, respectively. The minimum values of  $SR \eta$  were 84.33 and 85.33% at 200mm of SID and 1.00 of SD, as shown in Figure 5B.

Figure 5C demonstrates the interaction between the DP and SID levels on the  $SR \eta$  values. The maximum  $SR \eta$  values were increased from 88 to 88.42% at the lowest DP of 30 s and at SID levels of 200 and 150 mm, respectively, for the PIR sensors without LDR. The minimum and maximum values of  $SR \eta$  were 88.42 and 90.75%, respectively, for DP of 90 and 30 S. The increment ratio for the maximum value for  $SR \eta$  at PIR sensors with LDR over it but without LDR was 2.57%. As tabulated in Table 1, the mean and standard errors for the studied factor levels were highly significant at  $P \leq 0.001$ .



**Figure 5.** (A) The effect of sensing distances on the sensor's response efficiency at the delay periods; (B) The effect of sensing distances on the sensor's response efficiency at the sensor's interstitial distances; and (C) The effect of delay periods on the sensor's response efficiency at the sensor's interstitial distances for the PIR sensors without and with LDR.

**Şekil 5.** (A) Gecikme periyotlarında sensörlerin tepki verimliliğine algılama mesafesinin etkisi; (B) Gecikme periyotlarında sensörün intertestiyal mesafesinde algılama mesafesinin etkisi ve (C) LDR ve LDR olmaması durumunda PIR sensörleri için gecikme periyotlarında PIR sensörün intertestiyal mesafelerinde sensörün tepki etkinliği.

**Table 1.** The mean values and standard errors for the PIR sensor without LDR

**Çizelge 1.** LDR ye sahip olmayan PIR sensörünün ortalama değerleri ve standart hataları

Factors	SR <sub>ac</sub> , once	SR η, %	DP <sub>ac</sub> , S	TDη, %	
SD, m	0.25	27.00 ± 0.01 <sup>a</sup>	90.56±0.15 <sup>a</sup>	61.44±6.04 <sup>a</sup>	97.61±0.12 <sup>a</sup>
	0.50	26.83 ±0.09 <sup>b</sup>	89.33±0.20 <sup>b</sup>	62.33±6.24 <sup>b</sup>	96.33±0.11 <sup>b</sup>
	0.75	26.00±0.01 <sup>c</sup>	86.44±0.15 <sup>c</sup>	63.28±6.42 <sup>c</sup>	94.83±0.17 <sup>c</sup>
	1.00	25.22±0.10 <sup>d</sup>	84.44±0.12 <sup>d</sup>	64.33±6.44 <sup>d</sup>	92.89±0.11 <sup>d</sup>
	LSD 0.001	0.138	0.389	0.195	0.195
	P value	0.00***	0.00***	0.00***	0.00***
DP, S	30.00	26.42±0.13 <sup>a</sup>	88.21±0.48 <sup>a</sup>	31.25±0.09 <sup>a</sup>	95.92±0.39 <sup>a</sup>
	60.00	26.25±0.17 <sup>b</sup>	87.75±0.55 <sup>b</sup>	62.58±0.22 <sup>b</sup>	95.46±0.37 <sup>b</sup>
	90.00	26.13±0.16 <sup>c</sup>	87.13±0.49 <sup>c</sup>	94.71±0.40 <sup>c</sup>	94.88±0.37 <sup>c</sup>
	LSD 0.001	0.119	0.337	0.167	0.169
P value	0.00***	0.00***	0.00***	0.00***	
SID, mm	150.00	26.33±0.13 <sup>a</sup>	87.86±0.43 <sup>a</sup>	62.81±4.38 <sup>a</sup>	95.53±0.30 <sup>a</sup>
	200.00	26.19±0.13 <sup>b</sup>	87.53±0.41 <sup>b</sup>	62.89±4.39 <sup>b</sup>	95.31±0.32 <sup>b</sup>
	LSD 0.001	0.097	0.275	0.138	0.138
	P value	0.00***	0.00***	0.0391*	0.00***
R <sup>2</sup>	0.884	0.888	0.899	0.895	

Where: SD= sensing distances, m; DP= delay periods, s; SID= sensors interstitial distances, mm; SR<sub>ac</sub>= actual sensing responses recorded, once; SR η= the PIR sensors response efficiency, %; DP<sub>ac</sub>= actual delaying periods, s; TD η= the time delaying efficiency, %.

<sup>a-d</sup> the means with no common subscript within each column differed significantly (P ≤ 0.001).

The interaction between the variables levels was significant for SR η values for the PIR sensors without and with LDR. The linear regression equations for SR η values at the PIR sensors without and with LDR were estimated as follows:

$$SR \eta, \% = 95.25 - 8.489 SD - 0.0181 DP - 0.0067 SID \quad R^2 = 0.888 \text{ (PIR sensors without LDR)}$$

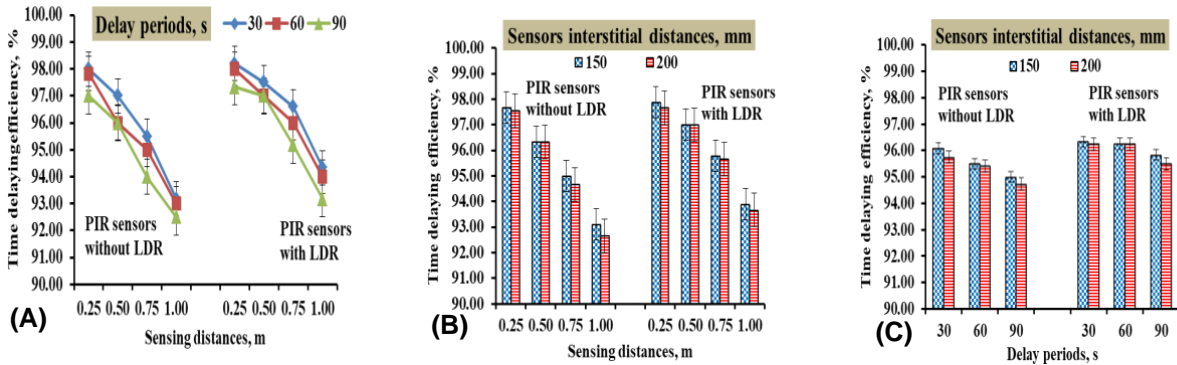
(Where: SD: sensing distances, m; DP: delay periods, s; SID: sensors interstitial distances, mm)

$$SR \eta, \% = 101 - 12.378 SD - 0.0313 DP - 0.0106 SID \quad R^2 = 0.894 \text{ (PIR sensors with LDR)}$$

The efficiency of the response of the sensors is significantly higher when the LDR is installed than when it is not, due to maximizing the PIR sensors sensitivities. By affecting the light, supplying passive infrared sensors with LDR daylight resistance increases the degree of response and sensitivity of the sensors. The shorter the sensors' distance, the greater the infrared spectrum reflected from the human body, which increases the efficiency of the sensor's response. The results are in agreement with the results obtained by Zappi et al. (2010). When the interference between PIR sensors is shortened, the efficiency of the sensor's response is maximizing significantly, and vice versa, in agreement with the results of Narayana et al. (2015). According to Furgale et al. (2013), using the shortest time period to adjust the sensors in order to disconnect the electrical current significantly increases the efficiency of the sensors' responses due to the lack of standard error for calibrating the timing devices and the shorter the time period of their adjustment.

### Factors affecting the time-delaying efficiency

Figure 6A displays an inverse relationship between the sensing distances (SD) and the time delaying efficiency ( $TD\eta$ ) for the various delay periods (DP). The maximum values of  $TD\eta$  were 98 and 98.2% for the PIR sensors without and with LDR, respectively, at the lowest DP of 30s and 0.25m of SD. The minimum values of  $TD\eta$  were 92.50 and 93.17% for the PIR sensors without and with LDR, respectively, at the highest DP of 90 s and 1.00 m of SD. As shown in Figure 6 B, the SID level of 150 mm was more significant than the highest level of 200 mm for the  $TD\eta$  values. The increment ratios of ( $TD\eta$ ) values at the descending SD from 1.00 to 0.25 m were 4.66 and 4.09 % for the PIR sensors without and with LDR, respectively, at a SID of 150 mm.



**Figure 6.** (A) The effect of sensing distances on the time delaying efficiency at the delay periods; (B) The effect of sensing distances on the time delaying efficiency at the sensor's interstitial distances; and (C) The effect of delay periods on the time delaying efficiency at the sensor's interstitial distances for the PIR sensor's without and with LDR.

Şekil 6. (A) Gecikme periyotlarında zaman gecikme etkinliğinin algılama mesafesinde etkisi; (B) Gecikme periyotlarında zaman gecikme etkinliğinin sensörün intertisyel mesafelerinde etkisi ve (C) LDR ve LDR olmaması durumunda Gecikme periyotlarında zaman gecikme etkinliğinin sensörün intertisyel mesafelerinde etkisi.

At a SID of 200 mm, the  $TD\eta$  values decreased from 97.56 to 92.67% at 0.25 and 1.00m of SD, respectively, for PIR sensors without LDR. For PIR sensors with LDR, the  $TD\eta$  values decreased from 97.67% to 93.67% at 0.25 and 1.00m of SD, respectively, at a SID of 200 mm. Figure 6C demonstrates the effect of DP on  $TD\eta$  values at the various SID levels. The lowest value of  $TD\eta$  was recorded for the PIR sensors without LDR, which was 94.75% at the maximal DP of 90s and 200 mm of SID. The maximum value of  $TD\eta$  was 96.33 % at the lowest DP of 30 s and 150 mm of SID for the PIR sensors with LDR. The increment ratio was 0.26 % of the highest value of ( $TD\eta$ ) for PIR sensors with LDR over the PIR sensors without LDR.

The interaction between the variable levels was significant for the  $TD\eta$  values for the PIR sensors without and with LDR, as listed in Table 2. The means and standard errors for the studied factor levels were

highly significant at a probability of  $P \leq 0.001$ . At the PIR sensors without and with LDR, the linear regression equations for  $TD\eta$  values were estimated as follows:

$$TD\eta, \% = 101.153 - 6.267 SD - 0.0174 DP - 0.0044 SID \quad R^2 = 0.895 \quad (\text{PIR sensors without LDR})$$

$$TD\eta, \% = 100.5 - 5.311 SD - 0.0104 DP - 0.0028 SID \quad R^2 = 0.885 \quad (\text{PIR sensors with LDR})$$

The time-delaying efficiency was significantly improved when using the smaller sense distances of 0.25 to 0.5 m instead of the larger sense distances of 0.75 to 1.00 m. The significant increment in sensor response efficiency ultimately caused the time-delaying efficiency to increase significantly, in accordance with the results of Yang et al. (2017). The effect of the installation of daylight-resistant LDR was significant and resulted in a large increase in the time-delaying efficiency. The significant correlation between the sensors time delay and the sensing distances had a significant effect on the time delaying efficiency. According to Yue et al. (2010), the greater the sensitivity of the insurance device, the greater the significance of the time-delaying efficiency, and vice versa. According to Ai et al. (2014), the shorter the time delaying efficiency, the lower the standard error for the electronic timing circuit is.

**Table 2.** The mean values and standard errors for the PIR sensor with LDR

**Çizelge 2.** LDR ye sahip PIR sensörünün ortalama değerleri ve standart hataları

Factors	$SR_{ac}$ , once	$SR \eta$ , %	$DP_{ac}$ , S	$TD\eta$ , %	
<b>SD, m</b>	<b>0.25</b>	28.50±0.12 <sup>a</sup>	94.83±0.22 <sup>a</sup>	61.33±6.04 <sup>a</sup>	97.78±0.10 <sup>a</sup>
	<b>0.50</b>	27.17±0.09 <sup>b</sup>	90.39±0.27 <sup>b</sup>	62.00±6.14 <sup>b</sup>	97.00±0.00 <sup>b</sup>
	<b>0.75</b>	26.22±0.10 <sup>c</sup>	87.44±0.22 <sup>c</sup>	62.33±6.24 <sup>c</sup>	95.72±0.11 <sup>c</sup>
	<b>1.00</b>	25.67±0.11 <sup>d</sup>	85.50±0.15 <sup>d</sup>	64.00±6.34 <sup>d</sup>	93.78±0.13 <sup>d</sup>
	<b>LSD 0.001</b>	0.138	0.413	0.241	0.275
	<b>P value</b>	0.00***	0.00***	0.00***	0.00***
<b>DP, S</b>	<b>30.00</b>	27.29±0.24 <sup>a</sup>	90.50±0.77 <sup>a</sup>	31.25±0.09 <sup>a</sup>	96.29±0.30 <sup>a</sup>
	<b>60.00</b>	26.88±0.22 <sup>b</sup>	89.50±0.75 <sup>b</sup>	62.25±0.23 <sup>b</sup>	96.25±0.31 <sup>b</sup>
	<b>90.00</b>	26.50±0.23 <sup>c</sup>	88.63±0.70 <sup>c</sup>	93.75±0.31 <sup>c</sup>	95.67±0.35 <sup>c</sup>
	<b>LSD 0.001</b>	0.119	0.358	0.209	0.238
	<b>P value</b>	0.00***	0.00***	0.00***	0.00***
	<b>SID, mm</b>	<b>150.00</b>	27.00±0.21 <sup>a</sup>	89.81±0.61 <sup>a</sup>	62.42±4.32 <sup>a</sup>
<b>200.00</b>		26.78±0.18 <sup>b</sup>	89.28±0.62 <sup>b</sup>	62.42±4.32 <sup>b</sup>	96.00±0.27 <sup>b</sup>
<b>LSD 0.001</b>		0.097	0.292	0.17	0.195
<b>P value</b>		0.00***	0.00***	0.0158*	0.0159*
<b>R<sup>2</sup></b>		0.893	0.894	0.899	0.885

Where:  $SD$ = sensing distances, m;  $DP$ = delay periods, s;  $SID$ = sensors interstitial distances, mm;  $SR_{ac}$  = actual sensing responses recorded, once;  $SR \eta$ = the PIR sensors response efficiency, %;  $DP_{ac}$ = actual delaying periods, s;  $TD \eta$ = the time delaying efficiency, %.

<sup>a-d</sup> the means with no common subscript within each column differed significantly ( $P \leq 0.001$ )

$SD$ : algılama mesafesi, m; gecikme periyotları, s;  $SID$ : sensörlerin intertesyal mesafesi, mm;  $SR_{ac}$ : kaydedilen gerçek algılama mesafesi, bir kez;  $SR$ : PIR sensörlerinin tepki etkinliği, %;  $DP_{ac}$ : gerçek gecikme periyotları, s;  $TD \eta$ : zaman gecikme etkinliği, %.

## CONCLUSIONS

The automatic warning and shutoff circuits' use of passive infrared sensors demonstrated extremely high efficiency. Providing the daylight resistance to the passive infrared sensors led to an increase in the efficiency of the sensors responses to 95.83%. The best levels for adjusting the sensitivity of the electronic insurance device for operators and agricultural machinery are when setting the sensing level at 0.25 m, the delay period at 30 s, and the interstitial distance between the sensors at 150 mm. The highest value of time-delaying efficiency was 98.20% when calibrating the device at the most accurate levels. It can be recommended to rely on the developed electronic insurance device to protect operators of agricultural

equipment with a high risk factor after the tests. It can be recommended to conduct tests on the electronic safety device and attach it to various agricultural equipment such as hay balers, mowers, cutters, and threshing machines to maximize the benefit of the electronic safety device during agricultural machinery operations.

## ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the Agricultural Engineering Research Institute (AEnRI), Agricultural Research Center (ARC), Egypt.

## REFERENCES

- Aby, G. R. & S. F. Issa, 2023. Safety of automated agricultural machineries: a systematic literature review. *Safety*, 9(1), 13. <https://doi.org/10.3390/safety9010013>
- Ai, X., R.W. Nock, N. Dahnoun, J. Rarity, A. Consoli, I. Esquivias & G. Ehret, 2014. Pseudo-random single photon counting for space-borne atmospheric sensing applications. *IEEE, Aerospace Conference*, (pp. 1-10). <https://doi.org/10.1109/aero.2014.6836513>
- Benos, L., A. Bechar & D. Bochtis, 2020. Safety and ergonomics in human-robot interactive agricultural operations. *Biosystems Engineering*, 200: 55-72. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.09.009>
- Colantoni, A., D. Monarca, V. Laurendi, M. Villarini, F. Gambella & M. Cecchini, 2018. Smart machines, remote sensing, precision farming, processes, mechatronic, materials and policies for safety and health aspects. *Agriculture*, 8 (4): 47. <https://doi.org/10.3390/agriculture8040047>
- Erdal, Ö. Z. & M. Jakob, 2004. Ergonomic evaluation of simulated apple hand harvesting by using 3D motion analysis. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57 (2): 249-256. <https://doi: 10.20289/zfdergi.650787>
- Evangelakaki, G., C. Karelakis & K. Galanopoulos, 2020. Farmers' health and social insurance perceptions—A case study from a remote rural region in Greece. *Journal of Rural Studies*, 80: 337-349. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.10.009>
- Fargnoli, M., M. Lombardi, N. Haber & D. Puri, 2018. The impact of human error in the use of agricultural tractors: A case study research in vineyard cultivation in Italy. *Agriculture*, 8 (6): 82. <https://doi.org/10.3390/agriculture8060082>
- Furgale, P., J. Rehder & R. Siegwart, 2013. Unified temporal and spatial calibration for multi-sensor systems. In 2013 *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems* (pp. 1280-1286). <https://doi.org/10.1109/iros.2013.6696514>
- Ivascu, L. & L.I. Cioca, 2019. Occupational accidents assessment by field of activity and investigation model for prevention and control. *Safety*, 5 (1): 12. <https://doi.org/10.3390/safety5010012>
- Ivascu, L., M. Sarfraz, M. Mohsin, S. Naseem & I. Ozturk, 2021. The causes of occupational accidents and injuries in Romanian firms: an application of the Johansen cointegration and Granger causality test. *International journal of environmental research and public health*, 18 (14): 7634. <https://doi.org/10.3390/ijerph18147634>
- Khorsandi, F., G. De Moura Araujo & F. Fathallah, 2022. A systematic review of youth and all-terrain vehicles safety in agriculture. *Journal of Agromedicine*, 1-23. <https://doi.org/10.1080/1059924x.2022.2155747>
- López-Toro A.A., M.C. Pardo-Ferreira, M. Martínez-Rojas, J.A. Carrillo-Castrillo & J.C. Rubio-Romero, 2021. Analysis of occupational accidents during the chainsaws use in Andalucía. *Safety science*, 143, 105436. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105436>
- Mirmahdi, E. & O.G. Shirazi, 2021. Installation of suitable sensors for object detection and height control on combine harvester. *SSRG Int. J. Mech. Eng.*, 8 (5): 12-19. <https://doi.org/10.14445/23488360/ijme-v8i5p103>
- Mucci, N., V. Traversini, L.G. Lulli, A. Baldassarre, R.P. Galea & G. Arcangeli, 2020. Upper limb's injuries in agriculture: a systematic review. *International journal of environmental research and public health*, 17 (12): 4501. <https://doi.org/10.3390/ijerph17124501>
- Narayana, S., R.V. Prasad, V.S. Rao, T.V. Prabhakar, S.S. Kowshik & M.S. Iyer, 2015. PIR sensors: Characterization and novel localization technique. In *Proceedings of the 14th international conference on information processing in sensor networks* (pp. 142-153). <https://doi.org/10.1145/2737095.2742561>

- Ngajilo, D. & M.F. Jeebhay, 2019. Occupational injuries and diseases in aquaculture—a review of literature. *Aquaculture*, 507: 40-55. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.03.053>
- Noman, M., N. Mujahid & A. Fatima, 2021. The assessment of occupational injuries of workers in Pakistan. *Safety and health at work*, 12 (4): 452-461. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2021.06.001>
- Prankl, H., M. Nadlinger, F. Demmelmayr, M. Schrödl, T. Colle & G. Kalteis, 2011. Multi-functional pto generator for mobile electric power supply of agricultural machinery. *VDI-Berichte*, (2124), 1.
- Shutske, J. M., K. J. Sandner & Z. Jamieson, 2022. Risk assessment methods for automated agricultural machines: current practice and future needs. In 2022 ASABE Annual International Meeting (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers. <https://doi.org/10.1080/1059924X.2022.2147625>
- Teng, Z., N. Noguchi, Y. Liangliang, K. Ishii & C. Jun, 2016. Development of uncut crop edge detection system based on laser rangefinder for combine harvesters. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 9 (2): 21-28. <https://doi.org/10.3965/j.ijabe.20160902.1959>
- Vigoroso, L., F. Caffaro, M. Micheletti Cremasco & E. Cavallo, 2021. Innovating occupational safety training: a scoping review on digital games and possible applications in agriculture. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18 (4): 1868. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041868>
- Yang, D., Z. Guo & H. Chen, 2017. A Technology for Measuring the Fender Motion Based on the Sensor JY901. In *The 27th International Ocean and Polar Engineering Conference*. OnePetro. <https://onepetro.org>
- Yue, W., S. Changhong & Y. Wei 2010. Study of acquisition streetlights background signal by multi-sensor array. *IEEE*. In *ICCAS 2010* (pp. 1000-1003). <https://doi.org/10.1109/iccas.2010.5669658>
- Zappi, P., E. Farella & L. Benini, 2010. Tracking motion direction and distance with pyroelectric IR sensors. *IEEE Sensors Journal*, 10 (9): 1486-1494. <https://doi.org/10.1109/jsen.2009.2039792>

**Research Article**  
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (3):417-428

<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1289202>

Uğur TAN<sup>1\*</sup> 

Mehmet Ali KURT<sup>1</sup> 

Olca ARABACI<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, 09970, Koçarlı, Aydın, Türkiye

\* Corresponding author (Sorumlu yazar):

[ugur.tan@adu.edu.tr](mailto:ugur.tan@adu.edu.tr)

## Evaluation of different organic fertilizers for improving some agronomic characteristics and essential oil content of *Lippia citriodora* L.

*Lippia citriodora* L. bitkisinin bazı agronomik özellikleri ve uçucu yağ içeriğinin artırılması için çeşitli organik gübrelerin araştırılması

Received (Alınış): 05.05.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 16.09.2023

### ABSTRACT

**Objective:** The objective of this was to identify the impact of various organic fertilizers on the yield and quality characteristics of *Lippia citriodora* L. plants and assess their adaptability under the ecological conditions of Aydın. Furthermore, it was also aimed to provide information on the potential of organic fertilizers to enhance crop productivity by minimizing the employment of chemical fertilizers.

**Material and Methods:** The study was conducted for two years (2018-2019) in Aydın ecological conditions. Six different organic fertilizers and one control were tested in the study, these are microbial fertilizer, animal-based liquid organic fertilizer, solid seaweed fertilizer, animal manure compost, leonardite and plant-based liquid organic fertilizer.

**Research Findings:** Organic fertilizers have a significant effect on all measured traits as compared to control, it may be due to biofertilizers can increase photosynthetic texture by increasing nitrogen, phosphorus and sulfur uptake, which these elements play an important role in chlorophyll production and required enzymes production. This can be the reason for obtaining positive effect of biofertilizers on plant growth and development.

**Conclusion:** Overall, findings suggest that the use of humic acid-containing fertilizers and proper organic fertilizer management can improve the growth and yield of *Lippia citriodora* L. plants.

### ÖZ

**Amaç:** Bu çalışma, *Lippia citriodora* L. bitkisinin verim ve kalite özellikleri üzerinde çeşitli organik gübrelerin etkisini belirlemeyi ve Aydın ekolojik koşullarına uyumlarını değerlendirmeyi amaçlamıştır. Ayrıca araştırma bulguları, kimyasal gübre kullanımını en aza indirerek ürün verimliliğini artırmak için organik gübrelerin potansiyeline dair bilgi sağlamayı hedeflemiştir.

**Materyal ve Yöntem:** Çalışma Aydın ekolojik koşullarına iki yıl (2018-2019) süreyle yürütülmüştür. Çalışmada altı farklı organik gübre ve bir kontrol test edilmiştir, bunlar mikrobiyal gübre, hayvan bazlı sıvı organik gübre, katı deniz yosunu gübresi, hayvan gübresi, leonardit ve bitki bazlı sıvı organik gübredir.

**Araştırma Bulguları:** Organik gübreler, bitki büyümesi ve gelişimi üzerindeki olumlu etkisi, azot, fosfor ve kükürt alımını artırarak fotosenteze katkı sağlaması ve bu elementlerin klorofil ve gerekli enzimlerin üretimi için önemli bir rol oynamaktadır. Organik gübreler, kontrol grubuna kıyasla tüm ölçülen özellikler bakımından önemli bir etkiye sahip olduğu saptanmıştır.

**Sonuç:** Bulgular, humik asit içeren gübrelerin kullanımı ve uygun organik gübre yöntemleri ile *Lippia citriodora* bitkilerinin büyüme ve verimini artırdığını göstermektedir.

**Keywords:** Agronomy, biofertilizer, essential oil, *Lippia*

**Anahtar sözcükler:** Agronomi, biyogübre, uçucu yağ, *Lippia*

## INTRODUCTION

The utilization of chemical fertilizers in the agricultural sector has resulted in a conspicuous augmentation of crop productivity. Nonetheless, this particular practice has concurrently given rise to deleterious effects on enduring soil productivity and the inherent natural equilibrium (Tortopoğlu, 2000; Kendirli, 2010; Demir, 2021). Previous studies have demonstrated that chemical fertilizer applications to soil are only partially absorbed by plants, resulting in significant amounts of nitrogen and phosphorus leaching from crop fields and entering the atmosphere or drain water sources. This fact contributes to the generation of greenhouse gases, eutrophication in aquatic systems and soil salinization (Simpson et al., 2011; da Costa et al., 2013). In recent years, a growing societal awareness has emerged regarding the adverse impact of chemical fertilizers on the environment and human health. There is an increasing shift towards agricultural products cultivated through sustainable methods that uphold natural balances and avoid leaving toxic residues in the human body (Demir, 2021). Furthermore, organic fertilizers play a pivotal role in maintaining soil structure, conserving water, reducing soil erosion and preventing the depletion of natural resources. Moreover, it promotes the growth of beneficial soil organisms and maintains a healthy and diverse ecological system (Caris-Veyrat et al., 2004; Luthria et al., 2010; Vallverdú-Queralt et al., 2012; Oliveira et al., 2013). The utilization of organic fertilizers is especially vital for the cultivation of medicinal and aromatic plants in certified organic farming systems. These systems prohibit the use of synthetic fertilizers due to the detrimental effects as previously stated.

Medicinal and aromatic plants have various uses, either directly or indirectly, in the spice, tea, pharmaceutical and cosmetic industries, also they are gaining recognition in the scientific community due to their potential therapeutic properties. These plants are also utilized in the cosmetic industry for their refreshing fragrance. Aside from its use in the industry, *Lippia citriodora* leaves can be used to prepare phytotherapeutic teas that are known to offer various health benefits (Mosavi, 2012). These teas have a calming effect on the nervous system, which can help reduce anxiety and promote improved sleep (Amini et al., 2016).

The objective of this was to identify the impact of various brand organic fertilizers on the yield and quality characteristics of *Lippia citriodora* L. plants and assess their adaptability under the ecological conditions of Aydın. The research findings could provide insights into the potential of organic fertilizers to increase crop productivity while minimizing to use of chemical fertilization.

## MATERIALS and METHODS

This study was conducted for two years in 2018 and 2019 at the experimental field of the Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Aydın Adnan Menderes University. Information about the materials and organic fertilizers used in the experiment is presented below.

### Climatic features

Table 1 shows the average temperature and precipitation for Aydın/Koçarlı in 2018, 2019 and the long period. The data indicates that 2019 has generally higher temperature and precipitation values than 2018, with the exception of June and July which were much hotter in 2018. The yearly average temperature increased from 18.0°C to 19.0°C, while the yearly average precipitation increased from 514.7 mm to 618.6 mm however the precipitation (mm) values for both 2018 and 2019 was lower than long-period averages. Also, it can be seen that both 2018 and 2019 yearly average temperature (°C) values are higher than long-period temperature (°C).



**Table 1.** Average temperature and precipitation values of Aydın/Koçarlı in 2018, 2019 long period (1941-2022)**Çizelge 1.** Aydın/Koçarlı bölgesinin 2018, 2019 ve uzun dönem (1941-2022) ortalama sıcaklık ve yağış miktarları

Aydın/Koçarlı	Average Temperature (°C)			Precipitation (mm)		
	2018	2019	Long Period	2018	2019	Long Period
January	7.7	8.5	8.1	84.8	206	118.9
February	11.2	10.6	9.4	71.4	58.3	92.3
March	13.8	13.3	11.7	39.6	28.6	70.6
April	18.3	16	16	5.2	56.9	47.5
May	22.4	21.6	20.9	34.8	11.9	35.9
June	18.5	26.9	25.6	0	26.9	16.4
July	34.2	28.5	28.3	0	1.2	7.5
August	28.6	29.3	27.7	8	0	5.7
September	31.6	24.4	23.7	18.2	16.6	17.3
October	17.1	21.4	18.6	32.4	29.4	43.5
November	8.8	16.5	13.5	127.3	65.1	81.7
December	4.2	10.5	9.5	93	117.7	122.6
<b>Average</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>17.7</b>	<b>514.7</b>	<b>618.6</b>	<b>659.9</b>

Meteorology (MGM), 2022.

### Soil properties

Based on the results as tabulated in Table 2, it can be inferred that the soil has a strong alkaline nature, free from salinity and has a calcareous composition. The soil texture is clay loam, which is good for water retention and nutrient availability. The low organic matter content indicates that the soil may require additional nutrients for optimal plant growth. The phosphorus and potassium levels are also low, which may impact plant growth and development. However, the soil is rich in calcium and magnesium, which are essential nutrients for plant health.

**Table 2.** Soil analysis results of field of study**Çizelge 2.** Deneme alanının toprak analiz sonuçları

pH	Salinity (uS/cm)	Lime (%)	Texture	Organic Matter (%)	Phosphorus (ppm)	Potassium (ppm)	Calcium (ppm)	Magnesium (ppm)
8.2	601	3.58	Clay Loam	1.51	6.9	130	4585	553
Strong Alkaline	Salinity-free	Calcareous	-	Low	Low	Low	High	Very High

Aydın, Department of Agriculture and Forestry, Soil Analysis Laboratory.

### Material

Lemon Verbena (*Lippia citriodora* L.) belongs to the Verbenaceae family. Due to the difficulty of propagation through seeds, cuttings obtained from rootstock plants provided from the Bayındır district of İzmir. Cuttings were planted in bags prepared with peat and rooted through the process of vegetative propagation. After cuttings were rooted, these seedlings were planted in the field and measurements were obtained first and second year of plants.

### Method

Field Experiment was designed as a randomized block design. with three replications. Each parcel in the experiment consisted of 4 rows, each 4 meters long and containing ten plants. There was a 1-meter distance between the parcels and a 2-meter distance between the blocks and the area of each parcel and the total field area was 6.4 m<sup>2</sup> (4m\*1.6 m) and 380.8 m<sup>2</sup> (34 m x 11.2 m).

Seven different applications were tested, including microbial fertilizer, animal-based liquid organic fertilizer, solid seaweed fertilizer, animal manure compost, leonardite, plant-based liquid organic fertilizer, and control. The fertilizers were applied to the soil based on the description provided by the brand of product during the initial planting of the seedlings in the first year's spring and the second year's spring, the soil was re-fertilized once more. Conventional methods were used as needed to avoid using herbicides in weed control. The doses of fertilizers applied are based on the recommended doses of the companies.

The following fertilizers were used in the study:

**1. Microbial Fertilizer:** Bontera brand microbial fertilizer was used. Its contents include *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Trichoderma harzianum*, and *Trichoderma konigii*. Bacterial count:  $1.2 \times 10^8$  CFU/mL. pH: 6-8.

**2. Animal-based Liquid Organic Fertilizer:** Colostrum brand fertilizer was used. Its contents are; Organic substance: 44%, Organic Carbon: 24%, Organic Nitrogen: 6.8%, Amino Acids: 14%, pH: 5.5-7.5.

**3. Solid Seaweed Fertilizer:** Sea farm brand fertilizer was used. Its contents include Organic substance: 45%, Potassium oxide: 5%, Alginic Acid: 2.5%, pH: 7-9.

**4. Animal Manure Compost:** Organic solid animal manure was used.

**5. Leonardite:** Perl humus brand was used. Its contents include Organic substance: 60%, Humic + Fulvic Acid: 60%, Maximum Moisture: 35%, pH Range: 5.5-7.5.

**6. Plant-based Liquid Organic Fertilizer:** Tekog brand was used. Its contents are; Total Organic substance: 40%, Organic Carbon: 18%, Total Nitrogen (N): 3%, Soluble Potassium  $K_2O$ : 4%, pH Range: 3.5-5.5. It also contains a certain amount of humic acid and more than 20 enzymes.

**7. Control:** No fertilizer applied.

In study, measurements of leaf length (cm), leaf width (cm) and plant height (cm) were taken from 10 randomly selected plants prior to harvest. Afterwards, the harvest of the plants in the parcels was carried out, excluding edge of parcel. The measurements obtained from the harvested plants were used to determine fresh herbage yield (kg/da), dry herbage yield (kg/da), fresh leaf ratio (%), fresh leaf yield (kg/da), dry leaf ratio (%), dry leaf yield (kg/da), essential oil content (%) (Wichtl, 1971), and essential oil yield (l/da).

### Data Analysis

The obtained data were analyzed separately and differences were determined using the F-test. Variance analyses were performed using JMP Pro v.16 software. Statistically significant factors were grouped using the LSD (Least Significant Difference) test. Insignificant factors in the LSD test were compared based on mean tables.

## RESULTS and DISCUSSION

The results of the analysis of variance of the data obtained from the measured parameters in this study are presented in Table 3. When the results were examined, it was determined that different organic fertilizers had a significant effect on leaf length (cm), plant height (cm), drog leaf yield (kg/da) and essential oil yield (l/da) at  $**P < 0.01$  level according to 2018 (1st year) data. In addition, the effects of organic fertilizers on leaf width (cm), fresh herb yield (kg/ha), drog herb yield (kg/ha), dry leaf ratio (%) and essential oil content were found to be significant at  $*P < 0.05$  level. The effects of organic fertilizers on fresh leaf ratio (%) and fresh leaf yield (kg/ha) were found to be insignificant.

When the results of 2019 (2nd year) in Table 3 were examined, it was determined that different organic fertilizers had a significant effect on leaf length (mm), leaf width (mm), plant height (cm), fresh leaf

ratio (%), fresh leaf yield (kg/da), drog leaf yield (kg/da), essential oil content (%) and essential oil yield at a probability level of \*\*P<0.01. In addition to this, the effects on the drog leaf ratio (%) were found to be significant at a probability level of \*P<0.05, while the values of fresh herb yield (kg/ha) and drog leaf ratio (%) were affected insignificantly.

**Table 3.** Significance levels of F-values in variance analysis for various organic fertilizer applications on the *Lippia citriodora* plant

**Çizelge 3.** Farklı organik gübre uygulamalarının *Lippia citriodora* bitkisi üzerine etkisine ilişkin varyans analiz sonucu F değerleri

Parameters/Years	2018	2019
Leaf Length	18,5**	16,10**
Leaf Width	4,79*	25,85**
Plant Height	8,33**	88,03**
Fresh Herbage Yield	3,25*	2,76*
Drog Herb Yield	4,38*	3,73*
Fresh Leaf Eatio	0,89	6,86**
Fresh Leaf Yield	2,32	7,69**
Drog Leaf Ratio	4,07*	2,74
Drog Leaf Yield	5,23**	5,15**
Essential Oil Content	3,16*	5,86**
Essential Oil Yield	6,89**	6,47**

\*\*P<0.01, \*P<0.05 significance level.

Mean values and LSD groups for leaf length, leaf width and plant height are given in Table 4. When leaf length and width values were inspected, it can be stated that plant-based Liquid Organic fertilizers (PBF) and Leonardite (LEO) fertilizers had better values than other applications in 2019. This suggests that PBF and LEO fertilizers positively impacted leaf development, especially after the first year.

Moreover, the study revealed that different fertilizer applications affect plant height differently. While microbial fertilizer (MF) and animal-based liquid organic fertilizer (ABF) were more prominent in terms of plant height in 2018, PBF and LEO fertilizer applications were identified as the most effective in 2019 (Table 4). The results indicate that the impact of different fertilizer applications on plant height can vary depending vegetation year of the plant. Furthermore, when the effects of PBF and LEO fertilizers on leaf length, leaf width and plant height were evaluated, better results were obtained compared to other applications according to the results of this study.

**Table 4.** Effect of different organic fertilizer applications on *Lippia citriodora* plant's leaf length, leaf width and plant height

**Çizelge 4.** Farklı organik gübre uygulamalarının *Lippia citriodora* bitkisinin yaprak uzunluğu, yaprak genişliği ve bitki boyu üzerine etkisi

Fertilizers	Leaf Length (mm)		Leaf Width (mm)		Plant Height (cm)	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019
MF	75.30 bc	82.67 b	14.93 bc	16.43 d	212.67 a	235.86 b
ABF	70.17 cd	76.53 c	15.37 b	18.10 c	209.67 a	227.38 bc
SF	74.03 bc	79.43 bc	16.20 ab	19.90 b	205.00 ab	225.00 c
AMC	77.83 b	81.33 bc	14.90 bc	20.17 b	191.59 b	228.33 bc
LEO	73.27 bc	94.73 a	15.60 ab	22.00 a	191.44 b	285.48 a
PBF	90.70 a	94.90 a	17.07 a	22.63 a	205.99 ab	290.48 a
C	65.50 d	83.67 b	13.73 c	15.77 d	164.38 c	222.62 c
<b>Average</b>	<b>75.26</b>	<b>84.75</b>	<b>15.40</b>	<b>19.29</b>	<b>197.25</b>	<b>245.02</b>
<b>LSD</b>	5.59	5.53	1.47	1.58	17.75	9.69

MF: Microbial fertilizer, ABF: Animal-based Liquid Organic Fertilizer, SF: Solid Seaweed Fertilizer, AMC: Animal Manure Compost, LEO: Leonardite, PBF: Plant-based Liquid Organic Fertilizer, C: Control.

Additionally, the study revealed that different fertilizer applications have varying effects on plant height. While microbial fertilizer (MF) and animal-based liquid organic fertilizer (ABF) were more prominent in terms of plant height in 2018, PBF and LEO fertilizer applications were identified as the most effective in 2019 (Table 4). The results indicate that the impact of different fertilizer applications on plant height can vary depending on the year.

According to Rajaraman & Pugalendhi (2013) humic acid including fertilizers can affect leaf nutrient content, including leaf nitrogen content, which can impact leaf size. Also, some other researchers stated that higher levels of nutrient availability in soil may lead to increased intake of micronutrients from the soil, resulting in increased nutrient contents in leaves (Samson & Visser, 1989; Adani et al., 1998). In our study, it is possible that fertilizer applications containing humic acid, such as PBF and LEO may have led to increased leaf characteristics such as leaf length and leaf weight as compared to other fertilizer applications. Yeshiwas (2017) and Deng et al. (2021) stated fertilizer applications can enhance the plant's photosynthetic capacity by increasing the leaf area and chlorophyll content. This means that more efficient and effective plant growth and overall increased yield. Özyilmaz et al. (2020) determined the average plant height of *L. citriodora* as 152.3 cm in their study. Elsayed et al. (2020) and Purbajanti et al. (2019) stated that both organic and inorganic fertilizers significantly improve plant growth, including plant height. Similarly, this study showed significant improvement in plant height with the use of organic fertilizers. In summary, these findings suggest that using humic acid-containing fertilizers and proper fertilizer management can improve the growth and yield of *L. citriodora* plants.

The results presented in Table 5 show the averages and LSD groups for fresh herbage yield (FHY), drog herbage yield (DHY) and fresh leaf ratio (FLR) of *L. citriodora* plant with different organic fertilizers. The findings indicate that plant-based liquid organic fertilizer (PBF) application resulted in the highest fresh herbage yield (FHY) values in both years and on the other hand, PBF and leonardite (LEO) fertilizers were found to have the highest values for drog herbage yield (DHY), separated from other fertilizer groups. These results suggest that PBF and LEO fertilizers are more effective on drog herb yield than other applications. Additionally, when the fresh leaf ratio (FLR) was examined, PBF, LEO, microbial fertilizer (MF), ABF, and AMC fertilizers were in the same LSD group in 2019, indicating that they were equally effective in improving the FLR trait.

**Table 5.** Effect of different organic fertilizer applications on *Lippia citriodora* plant's fresh herb yield, drog herb yield and fresh leaf ratio

**Çizelge 5.** Farklı organik gübre uygulamalarının *Lippia citriodora* bitkisinin yeşil herba verimine, drog herba verimine ve yeşil yaprak oranına etkisi

Fertilizers	Fresh Herb Yield (kg/da)		Drog Herb Yield (kg/da)		Fresh Leaf Ratio (%)	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019
<b>MF</b>	2007.29 abc	3134.38 c	1271.16 ab	1431.04 b	55.33	49.67 a
<b>ABF</b>	1707.87 c	4866.41 ab	998.17 c	2236.72 ab	56.00	48.20 ab
<b>SF</b>	1983.24 abc	3740.23 bc	1108.16 bc	1642.94 b	54.20	42.33 bc
<b>AMC</b>	1799.74 bc	3632.81 bc	1033.88 bc	1547.96 b	54.47	48.67 ab
<b>LEO</b>	2140.36 ab	4707.03 ab	1424.69 a	2548.45 a	55.07	54.33 a
<b>PBF</b>	2307.16 a	5304.69 a	1434.49 a	2829.57 a	55.67	54.53 a
<b>C</b>	1876.44 bc	3155.77 c	1133.72 bc	1524.49 b	56.27	40.33 c
<b>Average</b>	1974.59	4077.33	1200.61	1965.88	55.29	48.30
<b>LSD</b>	347.20	1328.53	260.40	896.21	7.85	6.33

MF: Microbial fertilizer, ABF: Animal-based Liquid Organic Fertilizer, SF: Solid Seaweed Fertilizer, AMC: Animal Manure Compost, LEO: Leonardite, PBF: Plant-based Liquid Organic Fertilizer, C: Control.

Karik & Azkan (2011)'s study determined that *L. citriodora* produced between 486.2-1075.7 kg/da of fresh herbage yield in the first year and 830.7-1458.0 kg/da in the second year. The dry herbage yield ranged between 196.0-433.8 kg/da in the first year and 337.8-610.2 kg/da in the second year. In a

different study, Rode (1997) reported 284.0-713.75 kg/da fresh herbage yield for *L. citriodora*. In our study, we found that the fresh herbage yield was between 1707 and 2307 kg/da in the first year and 3134 to 5304 kg/da in the second year, while the drog herbage yield was 998 to 1434 kg/da in the first year and 1431 to 2829 kg/da in the second year.

The study by Karik & Azkan (2011) provides information regarding the fresh and dry herbage yields of *L. citriodora* over two consecutive years. The results of their study show that the fresh herbage yield of *L. citriodora* was higher in the second year than in the first year, this indicating that the plant may require more time to reach its maximum yield potential due to it is a perennial type plant. Moreover, the wide range of fresh and dry herbage yield values observed in their study suggests that the yield performance of *L. citriodora* can be influenced by various factors, such as soil conditions, environmental conditions, and management practices. The main factor for a wide range of yield values were different planting density for their study.

According to Gharib et al. (2008), biofertilizer treatments increase the fresh and dry weight of herbs as compared to the control. Organic fertilizers have beneficial effects on plant growth and development. They make soil nutrients biologically available to plants, produce plant hormones, affect plant metabolism, and control harmful pathogens (Ping & Boland, 2004).

Can & Katar (2020) investigated the effects of different organic fertilizers (Lifebac-Np, Bactoguard, Humica Power) on the fresh herbs yield in *Mentha spicata* and *Mentha x piperita* species. The researchers reported that the organic fertilizers did not show a significant difference in fresh herb yield. However, there were differences between years and this was attributed to climatic factors by the researchers.

The findings from Rode (1997)'s study on *L. citriodora* are consistent with Karik & Azkan's (2011) study in terms of the range of fresh herbage yield values. The fresh herbage yields reported in our study are considerably higher than those reported by Rode (1997) and Karik & Azkan (2011). This could be attributed to differences in the growing conditions, management practices or genetic variability of the plant material used in these studies. Can & Katar (2020) found that Lifebac-Np fertilizer containing *Bacillus* group bacteria was more effective on fresh herb and dry herb yields than Humica Power fertilizer containing humic/fulvic acid. Also, researchers indicated that It can be explained by the ability of *Bacillus* spp. bacteria in microbial fertilizer to synthesize phytohormones such as auxin and cytokinin (Castanheira et al., 2013). However, according to the results of this study it is seen that LEO and PBF fertilizers containing humic/fulvic acid are more effective on fresh herb and dry herb yields, MF fertilizer containing *Bacillus* group bacteria was effective on fresh herb yield in 2018, and other than that, fertilizers containing humic/fulvic acid were found to be more effective. This difference may be due to the fact that the studied plants were different.

Several hypotheses have been proposed regarding the effects of humic substances, their involvement in improving enzyme catalysis, their influence in stimulating respiration, photosynthesis and nucleic acid metabolism, and their hormonal activity (Muscolo et al., 1999; Nardi et al., 2002).

Overall, this results contributes valuable insights into the use of organic fertilizers, especially PBF and LEO, as effective tools for enhancing the growth and yield of *L. citriodora* plants. However, further research is recommended to explore the underlying mechanisms behind these fertilizers' effects and better understand the potential variations in plant responses under different environmental conditions and plant varieties. These results provide valuable insights into the yield potential of *L. citriodora*, which can be useful for farmers and researchers interested in cultivating and studying this plant species.

The mean values and LSD groups for fresh leaf yield (FLY), frog leaf ratio (%) and drog leaf yield (kg/da) are tabulated Table 6. The numerically highest values for DLR and DLY were obtained from LEO fertilizer in the first year (2018), while the numerically highest values were obtained from PBF fertilizer in second year (2019). FLY (kg/da) has reached the numerically highest value for PBF in the first year, while both PBF and LEO fertilizers produced the numerically highest values in the second year. According to these results, differences between the two years are noticeable. This could be due to the first year was

growth stage of plant. While these results were also evident in the previously mentioned for yield parameters like DLY and numerically FLY and DLR were affected more prominently with PBF and LEO fertilizers in both years. This could be due to the effect of different forms of fertilizers.

**Table 6.** Effect of different organic fertilizer applications on *Lippia citriodora* plant's fresh leaf yield, drog leaf ratio and drog leaf yield

**Çizelge 6.** Farklı organik gübre uygulamalarının *Lippia citriodora*. bitkisinin yeşil yaprak verimi, kuru yaprak oranı ve kuru yaprak verimi üzerine etkisi

Fertilizers	Fresh Leaf Yield (kg/da)		Drog Leaf Ratio (%)		Drog Leaf Yield (kg/da)	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019
MF	1116.75 ab	1542.75 c	47.08 bc	46.79 abc	609.10 bc	665.32 c
ABF	951.54 b	2346.23 ab	42.89 c	44.25 bc	426.93 c	994.48 bc
SF	1070.97 ab	1632.10 c	46.25 bc	46.18 abc	526.29 c	751.42 c
AMC	972.88 b	1746.88 bc	45.98 bc	46.49 abc	480.32 c	713.54 c
LEO	1176.75 ab	2565.04 a	58.05 a	50.41 ab	825.98 a	1274.27 ab
PBF	1294.89 a	2895.03 a	50.50 b	52.33 a	726.17 ab	1483.75 a
C	1056.42 ab	1353.71 c	46.06 bc	42.81 c	522.20 c	652.06 c
Average	1091.46	2011.68	48.11	47.04	588.14	933.55
LSD	239.13	648.83	7.46	6.14	191.15	444.85

MF: Microbial fertilizer, ABF: Animal-based Liquid Organic Fertilizer, SF: Solid Seaweed Fertilizer, AMC: Animal Manure Compost, LEO: Leonardite, PBF: Plant-based Liquid Organic Fertilizer, C: Control.

Karik & Azkan (2011) reported drog leaf yields of 212.5 kg/da in the first year and 271.3 kg/da in the second year. Rode (1997) found that drog leaf yields ranged between 42.6-118.1 kg/da, while Özyılmaz et al. (2020) determined fresh leaf yields of 553.6 kg/da and drog leaf yields of 83.8 kg/da. Mohammadi et al. (2013a) reported that the control groups' fresh and dry leaf weights were 322.8 kg/da and 151.3 kg/da, respectively. They also reported that fresh leaf yield increased up to 636.4 kg/da and drog leaf yield up to 307.5 kg/da in plots where fertilization was applied.

According to Solmaz et al. (2018) study, increasing doses of leonardite application were determined to increase yield in the dry matter of plants. Purwanto et al. (2021) suggested that humic substances increase crop P uptake since they can compete with P to be bound to soil adsorption complexes. In agreement with this, Kaya et al. (2020) observed that leonardite enhanced leaf P and yield in maize under water stress in calcareous soils.

According to Abdel-Baky et al. (2019) fulvic acid fertilizers significantly promote vegetative growth and dry matter production by increasing the development of shoots and roots, increasing leaf area, and Chl. accumulation. Promoting root growth enhances the capacity to uptake and utilize nutrients from the soil making higher dry matter accumulation.

Esringü et al. (2015)'s study results showed that treatments of HA (40 mg kg<sup>-1</sup>) and FA (40 mg kg<sup>-1</sup>) enhanced the growth significantly when compared to the control groups. This result shows the promoting effects of HA and FA on plant growth parameters as the number of buds, plant height, number of main shoots, number of side shoots, plant diameter, root length, fresh root weight, dry root weight, fresh shoot weight and dry shoot weight. The Results obtained by Mohammadi et al. (2013b) indicated that biological fertilizers had significant effects because biological fertilizers increase the photosynthesis tissue amount with help of nitrogen, phosphorus and sulfur absorption which have effects on Chlorophyll production and plant enzyme production.

By regarding these results, the use of biological fertilizers had positive effects on the improving growth of *Lippia citriodora* plant. Biological fertilizers have undeniable importance in soil fertility, particularly in sandy soils with low organic matter content. Also increases leaf microelement values and nutrient-rich and slow-release organic fertilizers contribute to productivity for a long time as found by Yoldas et al. (2009), Mordogan et al. (2017).

Table 7 compares the essential oil content (EOC) and essential oil yield (EOY) of different fertilizers over two years. In the first year, LEO fertilizer resulted in numerically the highest EOY values, while MF fertilizer led to numerically the highest EOC values. The EOC values for this year ranged between 0.42% to 0.61%. This indicates that the use of LEO, MF and SF fertilizers could be beneficial for increasing the overall quality of essential oils in the first year.

**Table 7.** Effect of different organic fertilizer applications on *Lippia citriodora* plant's essential oil content and essential oil yield.

**Çizelge 7.** Farklı organik gübre uygulamalarının *Lippia citriodora* bitkisinin uçucu yağ içeriğine ve uçucu yağ verimine etkisi.

Fertilizers	Essential Oil Content (%)		Essential Oil Yield (l/da)	
	2018	2019	2018	2019
<b>MF</b>	0.61 a	0.63 c	3.83 ab	4.09 b
<b>ABF</b>	0.43 bc	0.53 c	1.81 d	5.31 b
<b>SF</b>	0.54 abc	0.48 c	2.86 bcd	3.55 b
<b>AMC</b>	0.43 bc	0.67 bc	2.01 cd	4.86 b
<b>LEO</b>	0.56 ab	0.87 ab	4.56 a	11.45 a
<b>PBF</b>	0.42 c	0.88 a	3.11 bc	13.22 a
<b>C</b>	0.46 bc	0.50 c	2.41 cd	3.26 b
<b>Average</b>	0.49	0.65	2.94	6.53
<b>LSD</b>	1.32	2.12	1.15	4.88

MF: Microbial fertilizer, ABF: Animal-based Liquid Organic Fertilizer, SF: Solid Seaweed Fertilizer, AMC: Animal Manure Compost, LEO: Leonardite, PBF: Plant-based Liquid Organic Fertilizer, C: Control.

In the second year, PBF and LEO fertilizers resulted in the highest EOY values, forming a separate group from other fertilizers. This implies that these fertilizers may be more effective in increasing the essential oil yield in the second year. From a statistical perspective, the highest EOC values in the second year were observed using PBF and LEO fertilizer, with a range of 0.53% to 0.88%.

These findings suggest that different fertilizers have varying effects on the quality characteristics of essential oils over time. LEO appears to be a consistent choice for increasing EOY values, MF-LEO-SF and PBF-LEO fertilizers seem to be more effective at improving EOC values in the first and second years, respectively. Further research may be needed to optimize the use of these fertilizers for different crops and conditions.

Can & Katar (2020) reported that the average organic fertilizer applications in *Mentha spicata* species were higher in 2019 (1.97%) as compared to 2018 (1.80%). Organic fertilizer applications did not have a significant effect on the essential oil ratio in both mint species, however, the highest essential oil ratio was determined in the Lifebac-Np application with 1.94% in *Mentha spicata* and in the Humica Power application with 2.24% in *Mentha x piperita*.

Studies on the subject reported that organic fertilizer significantly increased the essential oil ratio in *Mentha* species (Mahboobeh et al., 2014; Sheykholeslami & Almdari, 2019). This can be explained by the differences in the content, dosage and application method of organic fertilizers used in the studies. Similarly, Keshavarz and Sanavy (2018) reported that the essential oil ratio did not change significantly with organic fertilizer application. Alsafar & Al-Hassan (2009) stated that as the growth rate increased with increasing fertilization, the essential oil yield also increased. Similar to oil percentage, essential oil yield was also improved by 13% related to control when treatment was applied.

Rasouli et al. (2022) found that different fertilizers combined with HA (humic acid) fertilization increased EOC up to 30-37% as compared to control. The highest EOC was obtained with chemical fertilizer × HA (0.248%) and chemical fertilizer × without HA (0.244%). The least EOC was recorded in the control (0.181%).

For essential oil yield (EOY), Rasouli et al. (2022) suggest that HA and their combinations were significant on the EOY. Chemical fertilizer × without HA and chemical fertilizer × HA led to the highest EOY (0.720 g m<sup>-2</sup> and 0.692 g m<sup>-2</sup> respectively). While the least EOY was recorded in control with 0.288 g m<sup>-2</sup>. The application of various fertilizers and HA improved EOY up to 132-150% over the control.

Karik & Azkan (2011) reported EOC and EOY values of 0.90% for both the first and second years. Shahhoseini et al. (2018) found EOC as 1.77% and 17.11 l/da for EOY. Özyilmaz et al. (2020) reported EOC as 0.30%, while Rode (1997) found EOC values between 0.50-0.54% and EOY values between 0.4-1.2 l/da. Ateia et al. (2009) concluded that plants can benefit from the application of specific organic fertilizers for improving growth, yield, and essential oil constituents. This finding highlights the significance of organic farming practices in promoting sustainable agriculture and providing clean and high-quality agricultural products. According to Shahhoseini et al. (2018) EOC and EOY of lemon verbena were significantly improved by fertilizer treatments.

This and other studies demonstrated the potential benefits of using appropriate fertilizers to enhance the quality characteristics of essential oils in plants. Different fertilizers show varying effects, so further research is needed to optimize fertilizer use for different crops and conditions.

As results indicated before, bio-fertilizers had a significant effect on all measured traits compared to control, it may be due to biofertilizers can increase photosynthetic texture by increasing nitrogen, phosphorus and sulfur uptake, which these elements play an important role in chlorophyll production and required enzymes production. This can be the reason for positive effect of biofertilizers on plant growth and development.

## CONCLUSIONS

In this study, the impact of various organic fertilizers on the growth and yield of *L. citriodora* plants was investigated over a period of two years. The objective of the experiment was to determine the effectiveness of different organic fertilizers sold by different companies for enhancing growth and yield characteristics of cultivated plants. The results demonstrated that the effects of different organic fertilizers were not uniform across all aspects of plant growth and yield.

Two organic fertilizers, Plant-based Liquid Organic Fertilizer (PBF) and Leonardite (LEO) were found to be particularly beneficial for improving leaf traits, such as leaf length, width and overall plant height. These fertilizers promoted the growth of larger leaves, which is essential for the commercial value of *L. citriodora* plants. Furthermore, PBF and LEO fertilizers proved to be more effective in enhancing the drug herb yield when compared to other applications tested in this study.

In addition to PBF and LEO fertilizers, the research also highlighted the efficacy of microbial fertilizer (MF) in improving the fresh leaf ratio (FLR) trait. It was found that PBF, LEO, MF, ABF and AMC fertilizers were equally effective in promoting a higher FLR, which is a crucial factor in determining the overall quality of the *L. citriodora* plants.

Overall, these findings suggest that the use of humic acid-containing fertilizers and proper organic fertilizer management can improve the growth and yield of *L. citriodora* plants.

## REFERENCES

- Abdel-Baky, Y. R., H. F. Abouziena, A. A. Amin, M. Rashad El-Sh & A. E. S. Am, 2019. Improve quality and productivity of some faba bean cultivars with foliar application of fulvic acid. Bulletin of the National Research Centre, 43 (1): 1-11. <https://doi.org/10.1186/s42269-018-0040-3>
- Alsafar, M. S. & Y. M. Al-Hassan, 2009. Effect of nitrogen and phosphorus fertilizers on growth and oil yield of indigenous mint (*Mentha longifolia* L.). Biotechnology (Faisalabad), 8 (3): 380-384. <https://doi.org/10.3923/biotech.2009.380.384>
- Amini, F., G. R. Asghari, S. M. Talebi, M. Askary & M. Shahbazi, 2016. Effect of environmental factors on the compounds of the essential oil of *Lippia citriodora*. Biologija, 62 (3): 194-201. <https://doi.org/10.6001/biologija.v62i3.3372>



- Ateia, E. M., Y. A. H. Osman & A. E. A. H. Meawad, 2009. Effect of organic fertilization on yield and active constituents of *Thymus vulgaris* L. under North Sinai conditions. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5 (4): 555-565.
- Can, M. & D. Katar, 2020. *Mentha x piperita* L. ve *Mentha spicata* L. türlerinde yapraklardan uygulanan farklı organik gübrelerin tarımsal ve kalite özelliklerine etkisi. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 35 (3): 361-373. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.747347>
- Caris-Veyrat, C., M. J. Amiot, V. Tyssandier, D. Grasselly, M. Buret, M. Mikolajczak, J. C. Guillard, C. Bouteloup-Demange & P. Borel, 2004. Influence of organic versus conventional agricultural practice on the antioxidant microconstituent content of tomatoes and derived purees; consequences on antioxidant plasma status in humans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 (21): 6503-6509. <https://doi.org/10.1021/jf0346861>
- Castanheira, N., A. C. Dourado, P. I. Alves, A. M. Cortes-Pallero, A. I. Delgado-Rodriguez, A. Prazeres ... & P. Fareira, 2014. Annual ryegrass-associated bacteria with potential for plant growth promotion. *Microbiological Research*, 169 (9-10): 768-779. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2013.12.010>
- da Costa, P. B., A. Beneduzi, R. de Souza, R. Schoenfeld, L. K. Vargas & L. M. P. Passaglia, 2013. The effects of different fertilization conditions on bacterial plant growth promoting traits: Guidelines for directed bacterial prospection and testing. *Plant and Soil*, 368 (1): 267-280. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1513-z>
- Demir, E., 2021. Diyarbakir Ekolojik Koşullarında Nohut (*Cicer arietinum* L.)' da Kimyasal ve Organik Gübrelemenin Verim ve Verim Özelliklerine Etkisi. Graduate School of Education, Mardin Artuklu University (Unpublished) Master Thesis, Mardin, 78 pp.
- Deng, F., L. Wu, L. Wang, H. Hui, L. Shuang, S. L. Pu, T. Youfeng, G. H. Li & W. J. Ren, 2020. Effect of controlled-release fertilizers on leaf characteristics, grain yield, and nitrogen use efficiency of machine-transplanted rice in southwest China. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 67 (13): 1739-1753. <https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1807519>
- Elsayed, S. I. M., A. A. Glala, A. M. Abdalla, A. E. G. A. El-Sayed, & M. A. Darwish, 2020. Effect of biofertilizer and organic fertilization on growth, nutrient contents and fresh yield of dill (*Anethum graveolens*). *Bulletin of the National Research Centre*, 44 (1): 1-10. <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00375-z>
- Esringü, A., I. Sezen, B., Aytatlı & S. Ercişli, 2015. Effect of humic and fulvic acid application on growth parameters in *Impatiens walleriana* L. *Akademik Ziraat Dergisi*, 4 (1): 37-42.
- Gharib, F. A., L. A. Moussa & O. N. Massoud, 2008. Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) plant. *International Journal of Agriculture and Biology*, 10 (4): 381-387.
- Karik, Ü. & N. Azkan, 2011. The effect of different planting spacings on drug herb essential oil yield and the quality of essential oil in lemon verbena (*Lippia citriodora* L.). *Bahçe*, 40 (1): 23-34.
- Kaya, C., M. Şenbayram, N. A. Akram, M. Ashraf, M. N., Alyemeni & P. Ahmad, 2020. Sulfur-enriched leonardite and humic acid soil amendments enhance tolerance to drought and phosphorus deficiency stress in maize (*Zea mays* L.). *Scientific reports*, 10 (1): 6432. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62669-6>
- Kendirli, K., 2010. Spirulina Kültürlerinde Besin Elementlerinin Farklı Oranlarda Kullanımının Kuru Madde, Protein ve Klorofil-a Düzeyine Etkisi. Graduate School of Natural and Applied Sciences, Çukurova University (Unpublished) Master Thesis, Adana, 92 pp.
- Keshavarz, H. & S. A. M. M. Sanavy, 2018. Yield and oil content of mint under different nitrogen fertilizer treatments. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 10 (1): 92-96. <https://doi.org/10.15835/nsb10110221>
- Luthria, D. L., A. P. Singh, T. Wilson, N. Vorsa, G. S. Bañuelos & B. T. Vinyard, 2010. Influence of conventional and organic agricultural practices on the phenolic content in eggplant pulp: Plant-to-plant variation. *Food Chemistry*, 121 (2): 406-411. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.12.055>
- Mahboobeh, Z., A. S. Morteza, T. Mryam & S. A. Reza, 2014. Effects of organic and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of peppermint (*Mentha piperita* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences (IJACS)*, 7 (5): 237-244.
- Mohammadi, M., A. Tobeh, R. Fakhari, H. Naghdi & M. Ochi, 2013a. The quantitative yield of lemon verbena (*Lippia citriodora*) as influenced by different biological fertilizers. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4 (9): 2126-2129.
- Mohammadi, M., A. Tobeh, H. Naghdi, M. O. Ardabili & S. Rezazade, 2013b. The biological fertilizers effects on the quality yield of *Lippia citriodora* plant. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4 (5): 1006-1012.
- Mordogan, N. S. & S. Ceylan, 2017. Organik gübrelemenin kumlu tın bünyeli toprakta yetişen zeytin ağaçlarının verim ve mikro element içeriğine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54 (4): 413-419. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.386470>

- Mosavi, A. A., 2012. The optimization of lemon verbena (*Lippia citriodora*) medicinal plant tissue culture. International Journal of Agronomy and Plant Production, 3 (11): 561-565.
- Muscolo, A., F. Bovalò, F. Gionfriddo & S. Nardi, 1999. Earthworm humic matter produces auxin-like effects on *Daucus carota* cell growth and nitrate metabolism. Soil Biology & Biochemistry, 31 (9): 1303-1311. [https://doi.org/10.1016/s0038-0717\(99\)00049-8](https://doi.org/10.1016/s0038-0717(99)00049-8)
- Nardi, S., D. A. Pizzeghello, A. Muscolo & A. Vianello, 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology & Biochemistry, 34 (11): 1527-1536. [https://doi.org/10.1016/s0038-0717\(02\)00174-8](https://doi.org/10.1016/s0038-0717(02)00174-8)
- Oliveira, A. B., C. F. H. Moura, E. Gomes-Filho, C. A. Marco, L. Urban & M. R. A. de Miranda, 2013. The impact of organic farming on quality of tomatoes is associated to increased oxidative stress during fruit development. PLOS ONE, 8 (2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056354>
- Özyılmaz, B., G. Yılmaz, Ö. Koyutürk, R. Karataş, L. Yazıcı & K. Astan, 2020. Tokat ekolojik koşullarında *Lippia citriodora*'nın uygun dikim sıklığı ve yetiştirilme potansiyelinin belirlenmesi. Ziraat Fakültesi Dergisi, Special Issue: 166-171.
- Ping, L. & W. Boland, 2004. Signals from the underground: Bacterial volatiles promote growth in Arabidopsis. Trends in Plant Science, 9 (6): 263-266. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2004.04.008>
- Purbajanti, E. D., W. Slamet, E. Fuskhah & R. Rosyida, 2019. "Effects of organic and inorganic fertilizers on growth, activity of nitrate reductase and chlorophyll contents of peanuts (*Arachis hypogaea* L.)." International Conference on Sustainable Agriculture for Rural Development (ICSARD 2018, 23-24 October 2018, Purwokerto, Indonesia), IOP Conf. Ser: Earth Environ. Sci. 250 (1): article no: 012048.
- Purwanto, B. H., P. Wulandari, E. Sulistyarningsih, S. N. Utami & S. Handayani, 2021. Improved corn yields when humic acid extracted from composted manure is applied to acid soils with phosphorus fertilizer. Applied and Environmental Soil Science, Volume 2021: 1-12. <https://doi.org/10.1155/2021/8838420>
- Rajaraman, G. & L. Pugalendhi, 2013. Influence of spacing and fertilizer levels on the leaf nutrient contents of Bhenidi (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) under drip fertigation system. African Journal of Agricultural Research, 8 (48): 6344-6350.
- Rasouli, F., Y. Nasiri, M. Asadi, M. B. Hassanpouraghdam, S. Golestaneh & Y. Pirsarandib, 2022. Fertilizer type and humic acid improve the growth responses, nutrient uptake, and essential oil content on *Coriandrum sativum* L. Scientific Reports, 12 (1): 7437.
- Shahhoseini, R., K. Saeidi, H. Babaahmadi & M. T. Ebadi, 2018. Effect of fertilizers and superabsorbent hydrogel on the yield, essential oil content and composition of lemon verbena (*Lippia citriodora* Kunth.) cultivated in Iran. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 21 (1): 230-236. <https://doi.org/10.1080/0972060x.2017.1422808>
- Sheykholeslami, Z. & M. Q. Almdari, 2019. Comparison of the effect of organic and chemical fertilizers on yield and essence of peppermint (*Mentha piperita* L.). Current Journal of Applied Science and Technology, 34 (5): 1-7.
- Simpson, R. J., A. Oberson, R. A. Culvenor, M. H. Ryan, E. J. Veneklaas, H. Lambers ... & A. E. Richardson 2011. Strategies and agronomic interventions to improve the phosphorus-use efficiency of farming systems. Plant and Soil, 349 (1): 89-120. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0880-1>
- Solmaz, A., K. Bellitürk, A. Adiloğlu & S. Adiloglu, 2018. The Effect of increasing leonardit applications on dry matter yield and some nutrient elements contents of rye (*Secale cereale* L.) plant. Journal of Forest Science, 6 (1): 44-51.
- Tortopoğlu, A. P., 2000. Ekolojik Tarım ve Geleceği. Hasat yayıncılık, Ankara, 182 s.
- Vallverdú-Queralt, A., A. Medina-Remón, I. Casals-Ribes & R. M. Lamuela-Raventós, 2012. Is there any difference between the phenolic content of organic and conventional tomato juices. Food Chemistry, 130 (1): 222-227. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.07.017>
- Wichtl, M., 1971. Die pharmakognostisch-Chemische Analyse. Gehaltsbestimmung von Drogen (und Zubereitungen) mit atherischem 01, Akadem. Yayıncılık, Frankfurt, 263-281.
- Ye, L., X. Zhao, E. Bao, J. Li, Z. Zou & K. Cao, 2020. Bio-organic fertilizer with reduced rates of chemical fertilization improves soil fertility and enhances tomato yield and quality. Scientific Reports, 10 (1): 177-177. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56954-2>
- Yeshiwas, Y., 2017. Effect of different rate of nitrogen fertilizer on the growth and yield of cabbage (*Brassica Oleraceae*) at Debre Markos, North West Ethiopia. African Journal of Plant Science, 11 (7): 276-281. <https://doi.org/10.5897/ajps2015.1330>
- Yoldaş, F., S. Ceylan & Ö. L. Elmaci, 2009. Organik ve kimyasal gübrelemenin sanayi domatesinde (*Lycopersicon lycopersicum* L.) verim, bazı kalite özellikleri ve besin element içeriği üzerine etkisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 46 (3): 191-197.

**Research Article**  
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (3):429-436  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1297576>

Ayşe Sinem DOĞRU<sup>1</sup> 

Yasin Emre KİTİŞ<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup> Akdeniz University, Faculty of Agriculture,  
Department of Plant Protection, 07070,  
Antalya, Türkiye

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

## The weed species in corn fields in Antalya province of Türkiye

Antalya (Türkiye) ili mısır tarlalarındaki yabancı ot türleri

Received (Alınış): 16.05.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 24.09.2023

### ABSTRACT

**Objective:** The objective of this study was to identify weeds in corn fields and to determine their prevalence and density in Antalya, which is one of the major provinces in Türkiye with regard to corn production.

**Material and Methods:** Observations were carried out in a total of 47 corn fields in 2020. The number of fields to be surveyed in each district was determined according to the corn cultivation areas. Similarly, the number of quadrats thrown in each field was determined according to the field size. Care was taken to ensure that the fields to be observed were not close to each other. Densities and coverage areas of weeds on the basis of species were recorded in each field.

**Results:** According to survey results; 26 weed species belonging to 14 families were determined. Among these, it was found that the prominent species were found to be *Cyperus rotundus* L., *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv., *Sorghum halepense* (L.) Pers., *Portulaca oleraceae* L. and *Ipomoea triloba* L. The average coverage area of weeds in corn fields was determined to be as 18.7% while the average density was determined to be 21.5 plant m<sup>-2</sup>.

**Conclusion:** It was concluded that the density of weeds in the corn cultivation areas of Antalya province is high and it is necessary to control weeds more effectively.

### ÖZ

**Amaç:** Başarılı bir yabancı ot kontrolü, öncelikle türlerin doğru teşhis edilmesine bağlıdır. Bu çalışmada, mısır üretimi bakımından Türkiye'deki önemli illerden biri olan Antalya'da mısır tarlalarında bulunan yabancı otların tespiti, yaygınlık ve yoğunluklarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

**Materyal ve Yöntem:** 2020 yılında toplam 47 mısır tarlasında gözlem yapılmıştır. Her ilçede sürvey yapılacak tarla sayısı ekiliş alanlarına göre belirlenmiştir. Benzer şekilde her tarlada atılan çerçeve sayısı tarla büyüklüğüne göre belirlenmiştir. Sürvey yapılacak tarlaların birbirlerine yakın bulunmamasına özen gösterilmiştir. Her tarlada yabancı otların tür bazında yoğunlukları ve kaplama alanları kaydedilmiştir.

**Araştırma Bulguları:** Yapılan surveyler neticesinde 14 familyaya ait 26 yabancı ot türü tespit edilmiştir. Bunlar içerisinde *Cyperus rotundus* L., *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv., *Sorghum halepense* (L.) Pers., *Portulaca oleraceae* L. ve *Ipomoea triloba* L. öne çıkan türlerdir. Mısır tarlalarında yabancı otların ortalama kaplanma alanı %18,7, ortalama yoğunluk ise 21,5 bitki/m<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir.

**Sonuç:** Antalya ili mısır tarlalarında yabancı ot yoğunluğunun yüksek olduğu ve yabancı ot mücadelesinin daha etkili bir şekilde yapılması gerektiği anlaşılmıştır.

**Keywords:** Corn, invasive plants, survey, weed density, weed frequency

**Anahtar sözcükler:** Mısır, istilacı bitkiler, sürvey, yabancı ot yaygınlığı, yabancı ot yoğunluğu

## INTRODUCTION

Corn (*Zea mays* L.) is one of the most widely cultivated crops in the world. Since it is used for human nutrition and animal feed, it is also one of the important raw materials for the oil and starch industry. In the last 10 years, the production of grain corn in the world has increased by about 28% to approximately 1.15 billion tons. More than half of this production is made in America (52%), 29% in Asia, 11% in Europe, and 7% in Africa (Anonymous, 2021a). In Türkiye, according to 2020 data, grain corn production was carried out on an area of 692 thousand hectares and with a production of 6.5 million tons (Anonymous, 2021b). The provinces in Türkiye where corn cultivation is most intensive are Adana, Konya, Mardin, şanlıurfa, Karaman, Sakarya, and Osmaniye. However, corn, which is grown in almost every province of Türkiye, is the cultivated plant with the largest planted area after wheat and barley among cereals (Anonymous, 2020). Naturally, as this intensive production increases, the problems to be solved also ascend and change. In particular, the drought problem, which has increased in recent years and is expected to increase further in the coming years, as well as sudden changes in the global warming and precipitation regime, may lead to the emergence of new species that will adversely affect corn production, especially weeds. When the observations made in the corn planted areas in Türkiye are taken into consideration, it can be said that more than 100 weed species are seen. However, not all of these have the potential to be a problem. As corn is a plant of hot climate, the weeds that are problematic in corn areas are mostly summer species (Kitiş, 2021). These weed species, like in other cultivated plants, directly compete with corn for factors such as space, water, nutrients, and light, and indirectly cause harm by carrying diseases and harmful insects on them and by secreting toxic chemical substances (allelopathic chemicals) (Zimdahl, 2004; Soltani et al., 2016). The control of weed species, which cause direct and indirect harm to corn, is a major problem for corn producers. The most important and effective method for controlling weeds is the usage of herbicides. However, herbicides should be used in combination with other weed control methods in an integrated and sustainable manner in order to reduce the negative impacts on the environment and human health, and to obtain a more effective and long-lasting control (Doğan et al., 2004; Kitiş, 2021). In this study, it is aimed to define the weed species and their population structure elements in corn fields in Antalya province, which is one of the major provinces with regard to corn production in Türkiye.

## MATERIALS and METHODS

The main material of the study consisted of weed species in the corn fields of Antalya province. Apart from this, a one square meter quadrat to determine the weed density and necessary materials for identification of unrecognizable specimens in the fields were used.

Survey studies were carried out in Serik, Aksu and Manavgat districts where most of the corn production took place in Antalya in 2020 (Figure 1). The plain continues to the east by narrowing towards the town of Manavgat and ends in the town of Alanya. It is bordered by the city center to the west. The surface area of the plain is about 27000 ha and its altitude vary between 0-70 m (Anonymous, 2022).

The number of surveys to be carried out in each district was determined according to the weighted average method, taking into account the corn cultivation areas (Bora & Karaca, 1970). Accordingly, survey studies were carried out in 47 fields in total in three districts (Table 1). Surveys were made in the corn fields in July-August, the period when weeds are most intense after irrigation. A special care was taken to ensure that the fields to be surveyed were not close to each other and that there was at least two kilometers between them if possible. Observations in the field were started at least 15-20 m inside of the field in order not to be affected by the edge effect. Four one square meter quadrats in fields up to 0.5 hectare, six for 0.5-1.0 ha fields, eight for 1.0-1.5 ha fields, and ten for the fields with a size of more than 1.5 ha were used and the density of weed species included in these quadrats was recorded. (Modified from Zengin & Gñncan, 1993). The quadrats were randomly placed to represent the field, moving along the diagonal of the fields, and not too close to one another.



Figure 1. Antalya province map and districts where surveys were carried out.

Şekil 1. Antalya il haritası ve surveylerin yapıldığı ilçeler.

Table 1. Corn cultivation areas and number of surveys by districts

Çizelge 1. İlçelerdeki mısır ekim alanları ve gerçekleştirilen survey sayıları

Districts	Area planted (ha)*	Number of surveys
Aksu	3572	31
Manavgat	1200	10
Serik	767	6
Total	5539	47

\* Anonymous, 2019.

After the determination of density, other parts of the field were investigated and other weed species not included in quadrats were recorded, and the coverage values (%) of weeds were recorded. Known common weed species were written into survey forms, but the samples that were difficult to recognize were taken in accordance with the herbarium technique, dried and then scientifically identified. Flora of Turkey and the Eastern Islands (Davis, 1965-1985; Davis et al., 1988; Güner et al., 2000) was used to identify plant species. Photographs of all known and unidentified weed samples were taken in the fields.

The frequency and coverage areas of weed species determined as a result of the surveys were calculated using the following formulas belonging to Odum (1971). Evaluation was made on the basis of arithmetic percentage in determining the frequency of incidence.

$$F.I. (\%) = n / m \times 100 \quad (1)$$

$$O.C.A. (\%) = C.A. / m \quad (2)$$

$$S.C.A. (\%) = C.A. / n \quad (3)$$

Where; *F.I* is frequency of incidence (%), *O.C.A* is overall coverage area (%), *S.C.A* is special coverage area (%), *C.A* is the total value of coverage area (%) of a species across the surveyed fields, *m* is the total number of sampled fields, *n* is the number of fields in which the species was found.

Evaluation was made on the basis of arithmetic mean in determining the density of weeds with the following formula;

$$O.D. (\text{plant m}^{-2}) = T.D. / m \quad (4)$$

$$S.D. (\text{plant m}^{-2}) = T.D. / n \quad (5)$$

Where; *O.D.* is overall density, *T.D.* is total density, *S.D.* is special density, *m* is the total number of sampled fields, *n* is the number of fields in which the species was found. For the determination of density, the value obtained as a result of the counts for each weed species in a field was divided by the total area counted in that field and the specific weed density (plant.m<sup>-2</sup>) was calculated. The overall weed density was calculated by dividing the total density of a species in the region (plant.m<sup>-2</sup>) to the number of surveys.

## RESULTS and DISCUSSION

As a result of the surveys carried out in 47 corn fields in Aksu, Serik and Manavgat Districts; 26 weed species are belonging to 14 plant families were found. The list of 26 species in question is given in Table 2.

**Table 2.** Weed species determined in corn fields in Antalya province

**Çizelge 2.** Antalya ili mısır tarlalarında belirlenen yabancı ot türleri

Plant Family	Weed Species	OCA* %	SCA %	Overall Density	Special Density	Frequency
Amaranthaceae	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	0.01	0.08	0.07	0.54	13.00
	<i>Chenopodium album</i> L.	0.29	1.13	0.22	0.85	26.09
Apocynaceae	<i>Cynanchum acutum</i> L.	0.33	15.00	0.11	5.25	2.17
Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	0.08	0.72	0.14	1.33	10.87
	<i>Xanthium strumarium</i> L.	0.70	2.29	0.33	1.10	30.43
Boraginaceae	<i>Heliotropium europaeum</i> L.	0.18	2.13	0.07	0.86	8.70
Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	0.32	1.47	0.24	1.08	21.74
	<i>Ipomoea triloba</i> L.	1.42	4.66	1.58	5.18	30.43
Cucurbitaceae	<i>Cucumis melo</i> var. <i>agrestis</i> Naudin	0.09	1.03	0.05	0.58	8.70
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i> L.	3.58	4.22	4.38	5.16	84.80
Euphorbiaceae	<i>Chrozophora tinctoria</i> (L.) Rafin.	0.91	1.90	0.77	1.61	47.83
	<i>Ricinus communis</i> L.	0.02	0.50	0.01	0.25	4.35
Fabaceae	<i>Arachis hypogaea</i> L.	0.09	2.00	0.03	0.60	4.35
	<i>Abutilon theophrasti</i> Medik.	0.23	2.63	0.43	4.98	8.70
Malvaceae	<i>Corchorus olitorius</i> L.	0.22	10.00	0.76	34.83	2.17
	<i>Hibiscus trionum</i> L.	0.03	0.50	0.01	0.08	6.52
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	0.11	5.00	0.09	4.25	2.17
	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	0.41	6.33	0.36	5.44	6.52
	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. Beauv.	3.50	4.60	6.88	9.04	76.09
	<i>Echinochloa colonum</i> (L.) Link	0.61	2.15	0.45	1.59	28.26
	<i>Elymus repens</i> (L.) Gould	0.30	3.40	0.25	2.85	8.70
	<i>Setaria verticillata</i> (L.) P. Beauv.	0.76	5.00	0.93	6.11	15.22
	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	2.70	3.88	1.40	2.02	69.57
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	1.54	2.14	1.74	2.43	71.74
Solanaceae	<i>Physalis angulata</i> L.	0.26	1.18	0.18	0.81	21.74
Zygophyllaceae	<i>Tribulus terrestris</i> L.	0.01	0.50	0.00	0.13	2.17

Abbreviations: OCA: Overall Coverage Area, SCA: Special Coverage Area.

Considering the family distribution of the identified species; Poaceae 7, Malvaceae 3 Euphorbiaceae, Amaranthaceae, Asteraceae and Convolvulaceae 2, and eight other families were represented by one species (Figure 2). Among the species detected in the corn fields, the most common species was purple nutsedge (*Cyperus rotundus*), which was seen in 84.8% of the fields. Barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*) with 76.1%, purslane (*Portulaca oleracea*) with 71.7%, and Johnsongrass (*Sorghum halepense*) with 69.6% followed that, respectively (Figure 3). Similarly, Hançerli & Uygur (2017), was reported that purple nutsedge (*C. rotundus*) is the most widespread weed species in the corn cultivation areas of the Çukurova Region, which has very similar climate characteristics with Antalya province. Purple nutsedge has emerged as one of the most important weed species in Antalya as a weed that can grow very well in tropical and subtropical regions, likes water and has adapted to the vegetation of corn.

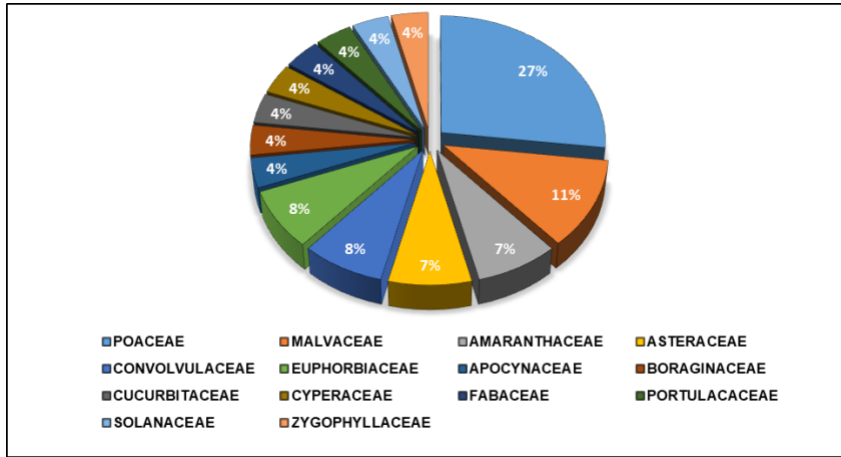


Figure 2. Proportional distribution of identified weed species to families.

Şekil 2. Belirlenen tür sayılarının familyalara göre oransal dağılımı.

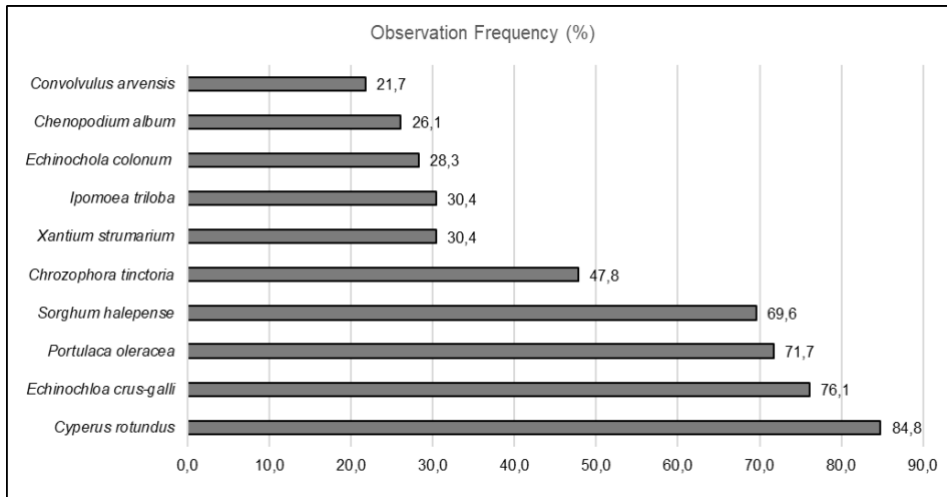


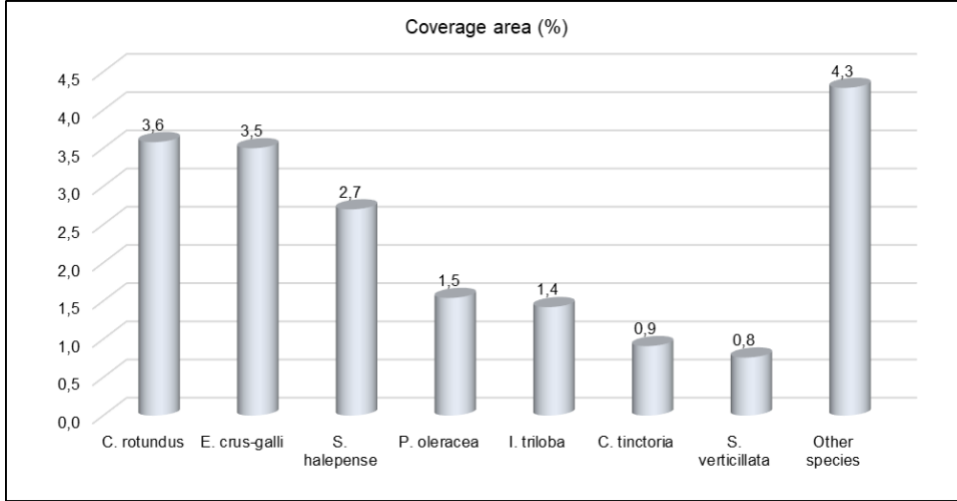
Figure 3. The frequency of the top 10 species encountered in the corn fields of Antalya province.

Şekil 3. Antalya ili mısır tarlalarında en çok karşılaşılan ilk 10 türün rastlama sıklığı.

According to the coverage values of weeds seen in the corn fields of Antalya province; It was observed that the species with the highest coverage area was *C. rotundus* with 3.6%, followed by *E. crus-galli* with 3.5%. Johnsongrass (*S. halepense*) came in third place with 2.7% (Figure 4). It has been determined that the weeds seen in the corn fields of the Antalya Plain (Aksu-Serik-Manavgat) cover an average of 18.7% of the fields.

In terms of density, *E. crus-galli* took the first place with an average of 6.9 plants  $m^{-2}$ , while *C. rotundus* ranked second with 4.4 plant  $m^{-2}$ . *P. oleracea* (1.7 plant  $m^{-2}$ ) and *I. triloba* (1.6 plant  $m^{-2}$ ) took the third and fourth rows, respectively. (Table 2). It was determined that the general average weed density in the corn fields of Antalya province was as high as 21.5 plants per square meter. When considering both the frequency of occurrence and the values of coverage area and density in Antalya province, it was observed that the top five most important weed species causing problems in corn fields are *C. rotundus*, *E. crus-galli*, *S. halepense*, *P. oleracea*, and *I. triloba*. The species *Chrozophora tinctoria* and *Setaria verticillata* followed these species. With the exception of the *I. triloba* species, the weed species mentioned above have been identified as important species in many studies conducted in corn cultivation areas in Türkiye (Kaçan et al., 1997; Mennan & Işık, 2003; Güngör, 2005; Hançerli & Uygur, 2017; Arslan, 2018; Turan, 2019; Alptekin et al., 2023; Tepe, 2023).

In Türkiye, a species *Ipomoea triloba*, known as pink ivy by the farmers in Antalya, which is referred to as the morning glory and laughing flowers, has been causing problems in summer crops (particularly cotton) grown in fields of the Antalya province (zkił et al., 2019; Arslan & Kitiř, 2021). This ivy species which is invasive character was officially recorded for the first time by Yazlık et al. in 2014. The species, which has increased its prevalence and density in the last 10 years, has taken its place among the top five most important weed species in the corn fields in Antalya province today.



**Figure 4.** General coverage of weed species identified in corn fields in Antalya province.

**şekil 4.** Antalya ili mısır tarlalarında saptanan yabancı ot türlerinin genel kaplama alanı.

The species, which has a very fast and aggressive growth feature, clings to the crops in a very short time if it is not controlled in time (Figure 5).



**Figure 5.** Infestation status of *I. triloba* in corn field in Antalya province (Aksu district-2020).

**şekil 5.** Antalya ilinde mısır tarlasında *I. triloba*'nın istila durumu (Aksu ilçesi-2020).



For this reason, mechanical control can also be quite difficult. Three-lobed morning glory is a species that reproduces by seed and can make more than once emergence during a vegetation period, especially depending on irrigation. Due to this feature of the species, *I. triloba* make new emergence despite the herbicides applied in certain periods (Arslan, 2022). This situation also affects corn producers significantly. On the other hand, it is known that the mentioned species continues to spread and threatens other crops. As a matter of fact, in the study conducted by Özkil & Üremiş (2020), it was reported that three-lobed morning glory is also seen in peanut, soybean, eggplant, pomegranate and citrus orchards in the Mediterranean Region, in addition to cotton and corn.

## CONCLUSION

As a result, it is seen that the general coverage area (18.7%) and density (21.5 plants m<sup>-2</sup>) of weeds in the corn cultivation areas of Antalya province are quite high, and it is understood that weed control cannot be done sufficiently and/or effectively. It is thought that the increasing input (plant protection products and fuel oil) costs in recent years also have an effect on this. On the other hand, changing climatic conditions, especially increasing temperatures and variable precipitation regimes cause new and difficult-to-control species such as *I. triloba* to dominate the environment in subtropical regions. This reveals that the currently applied mechanical and chemical methods should be reviewed, new active substances should be registered, or other alternative control methods should be investigated. As an example, flaming could be considered among these alternative methods. This technique is easily applicable, particularly in monocot crops like corn, where the growth point is protected by a sheath. Flame-based weed control can be effectively employed, especially during the early stages of weed emergence and for species that resurface after each irrigation, such as *I. triloba*. It's worth noting that the number of studies on flame-based weed control in Turkey is relatively limited. However, flaming stands out as one of the most important alternative methods that can be used post-emergence against weed species lacking registered or effective herbicides. Research in this area holds significant importance.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Syngenta Tarım San. ve Tic. A.Ş. for their support to conduct this study.

## REFERENCES

- Alptekin, H., A. Özkan, R. Gürbüz & M. Kulak, 2023. Management of weeds in maize by sequential or individual applications of pre- and post-emergence herbicides. *Agriculture*, 13 (2): 1-18. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020421>
- Anonymous, 2019. Türkiye İstatistik Kurumu, Agricultural Production Statistics (Web page: <http://www.tuik.gov.tr>) (Date accessed: 05.06.2019).
- Anonymous, 2020. Türkiye İstatistik Kurumu, Agricultural Production Statistics (Web page: <http://www.tuik.gov.tr>) (Date accessed: 21.09.2020).
- Anonymous, 2021a. FAO (Food and Agriculture Organisation). (Web page: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>) (Date accessed: 20.01.2021).
- Anonymous, 2021b. Türkiye İstatistik Kurumu, Agricultural Production Statistics. (Web page: <http://www.tuik.gov.tr>) (Date accessed: 20.01.2021).
- Anonymous, 2022. Antalya Valiliği. (Web page: <http://www.antalya.gov.tr/sehrimiz>) (Date accessed: 20.01.2022).
- Arslan, E. & Y.E. Kitiş, 2021. Antalya ili pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) ekim alanlarında görülen yabancı otlar ve popülasyon durumları. *Turkish Journal of Weed Science*, 24 (2):141-149.
- Arslan, E., 2022. Pamuk Üretiminde Yabancı Otlara Karşı Herbisit ve Alev Uygulamalarının Etkilerinin Araştırılması. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Antalya, 57 s.

- Arslan, Z.F., 2018. şanlıurfa ili mısır tarlalarında bulunan yabancı otların yaygınlık ve yoğunlukları ile mücadele sorunlarına çözüm önerileri. Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6 (10): 1322-1328.
- Bora, T. & İ. Karaca, 1970. Kültür Bitkilerinde Hastalığın ve Zararın Ölçülmesi. Ege Üniversitesi Yardımcı Ders Kitabı, Yayın No: 167, E.Ü. Mat., Bornova-İzmir, 8 s.
- Davis, P.H., 1965-1985. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 1-9. Edinburg University Press, Edinburg, UK, 6451 pp.
- Davis, P.H., R.R. Mill & K. Tan, 1988. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol.10, Edinburgh University Press, Edinburgh, UK, 590 pp.
- Doğan, M.N., A. Ünay, Ö. Boz & F. Albay, 2004. Determination of optimum weed control timing in maize (*Zea mays* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 28: 349-354.
- Güner, A., N. Özhatay, T. Ekim & K.H.C. Başer, 2000. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 11, Edinburg University Press, Edinburg, UK, 656 pp.
- Güngör, M., 2005. Adana İli Mısır Ekim Alanlarında Yabancı Otlara Karşı Uygulanan Kimyasal Mücadelenin Önemi ve Ortaya Çıkan Sorunların Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Adana, 171 s.
- Hançerli, L. & F.N. Uygur, 2017. Çukurova bölgesi mısır ekim alanlarındaki yabancı ot türleri. Turkish Journal of Weed Science, 20 (2): 55-60.
- Kaçan, K., N. Tursun & H. Önen, 1997. "Kazova (Tokat)'da mısır (*Zea mays* L.) ekim alanlarında sorun olan yabancı otlar. 189-194". Türkiye II. Herboloji Kongresi (1-4 Eylül 1997, İzmir), 478 s.
- Kitiş, Y.E., 2021. Yabancı Otlar ve Mücadelesi, 77-90". In: Mısır Tarımı. (Ed. B. Kara) Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, 102 s.
- Mennan, H. & D. Işık, 2003. Samsun ili mısır ekim alanlarında son otuz yılda yabancı ot florasında görülen değişiklikler ve bunların nedenlerinin araştırılması. Turkish Journal of Weed Science, 6 (1): 1-7.
- Odum, E.P., 1971. Fundamentals of Ecology. W.B. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto, 574 pp.
- Özkił, M. & İ. Üremiř, 2020. Akdeniz Bölgesi tarım alanlarında bulunan akşam sefası (*Ipomoea* spp.) ile tarla sarmaşığı (*Convolvulus* spp.) türlerinin, yaygınlık ve yoğunluk durumları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 57 (2): 229-237.
- Özkił, M., A.T. Serim, H. Torun & İ. Üremiř, 2019. Antalya ili pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) tarlalarında bulunan yabancı ot türlerinin, dağılım ve yoğunluklarının saptanması. Turkish Journal of Weed Science, 22 (2): 185-191.
- Soltani, N., J.A. Dille, I.C. Burke, W.J. Everman, M.J. VanGessel, V.M. Davis & P. H. Sikkema, 2016. Potential corn yield losses from weeds in North America. Weed Technology, 30 (4): 979-984.
- Tepe, I., 2023. Yabancı Otlarla Mücadele. Sidaş Medya Ltd. şti. İzmir, 306 s.
- Turan, R., 2019. Mardin İli Pamuk ve Mısır Ekim Alanlarındaki İstilacı Yabancı Ot Türlerinin (*Physalis* spp., *Amaranthus* spp. ve *Echinochloa* spp.) Yaygınlık ve Yoğunluğunun Araştırılması. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi. 63 s.
- Yazlık, A., İ. Üremiş, A. Uludağ, K. Uzun, G.S. şenol & İ. Keskin, 2014. "A new alien plant species in Turkey: *Ipomoea triloba* L., 174-174". 8th International Conference on Biological Invasions Biological Invasions: From understanding to action Proceeding Book (3-8 November 2014, Antalya, Turkey) 279 pp.
- Zengin, H. & A. Güncan, 1993. "Erzurum ve yöresi patates dikim alanlarında sorun oluşturan yabancı otlar ve önemlilerinin topluluk oluşturma durumları üzerinde araştırmalar. 193-201". Türkiye I. Herboloji Kongresi Bildirileri, (3-5 şubat 1993, Adana), 415 s.
- Zimdahl, R., 2004. Weed-Crop Competition. Blackwell Publishing Iowa, USA, 220 pp.


**Research Article**  
(Araştırma Makalesi)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (3):437-449  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1291985>

Betül BAYRAKLI<sup>1</sup> 

Coşkun GÜLSER<sup>2</sup> 

Gülen ÖZYAZICI<sup>3</sup> 

Mehmet Arif ÖZYAZICI<sup>3</sup> 

Emel KESİM<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Republic of Türkiye Ministry of Agriculture and Forestry, Black Sea Agricultural Research Institute, 55300, Samsun, Türkiye

<sup>2</sup>Department of Soil Science and Plant Nutrition, Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, 55139, Samsun, Türkiye

<sup>3</sup>Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, 56100, Siirt, Türkiye

\* Corresponding author (Sorumlu yazar):

[bbetul25@gmail.com](mailto:bbetul25@gmail.com)

**Keywords:** Available nutrients, microbial biomass carbon, organic matter, penetration resistance, yield

**Anahtar sözcükler:** Besin elementi, mikrobiyal biyomas-C, organik madde, penetrasyon direnci, verim

## The effect of hazelnut husk applications on some properties of hazelnut orchard soil and hazelnut yield\*

Fındık zurufu uygulamalarının fındık bahçesi toprağının bazı özelliklerine ve fındık verimine etkisi

\* This article was presented as a poster presentation at the Soil Science in International Year of Soils 2015 Congress. This article was also supported by General Directorate of Agricultural Research and Policies as project number TAGEM-BB-080205H1.

Received (Alınış): 04.05.2023

Accepted (Kabul Tarihi): 30.09.2023

### ABSTRACT

**Objective:** The objective of this study was to determine the effect of hazelnut husk released after production on some physical and biological properties, nutrient content, and hazelnut yield of hazelnut orchard soil.

**Material and Methods:** In experiments, each hazelnut ocak was planted at a 4.0 m x 4.5 m distance to form a parcel; Hazelnut husk was applied at doses of 0, 25, 50, and 75 kg/ocak in a randomized block design with three replications. In the first, second, and third years following the application, soil samples were taken after the hazelnut harvest in order to determine some physical, chemical and biological properties, nutrient content, and hazelnut yields.

**Results:** Statistically, significant differences were determined in the organic matter (OM), penetration resistance (PR), bulk density (BD), soil respiration (SR), microbial biomass carbon ( $C_{mic}$ ), total N, available  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  and hazelnut yields ( $p < 0.01$ ) of the soil depending on the hazelnut husk dose applications. Depending on the application dose, hazelnut husk application increased the organic matter content of the soil by an average of 29.84% as compared to the control.

**Conclusion:** As a result of the positive changes in the physical and biological properties of the soils, increases were obtained in the applied doses in the total N, available  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , and hazelnut yields of the soils as compared to the control.

### ÖZ

**Amaç:** Bu çalışmada, üretim sonrası açığa çıkan fındık zurufunun fındık bahçesi toprağının bazı fiziksel ve biyolojik özelliklerine, besin elementi içeriğine ve fındık verimine etkisi belirlenmiştir.

**Materyal ve Yöntem:** Denemede 4.0 m x 4.5 m aralıklarla dikilmiş her bir fındık ocağı bir parselli oluşturacak şekilde fındık zurufu 0, 25, 50 ve 75 kg/ocak dozlarında tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak ocaklara uygulanmıştır. Uygulamayı takip eden birinci, ikinci ve üçüncü yılda fındık hasadı sonrası toprak örnekleri alınarak toprağın bazı fiziksel ve biyolojik özellikleri, besin elementi içeriği ve fındık verimleri belirlenmiştir.

**Araştırma Bulguları:** İstatistiksel olarak fındık zurufu doz uygulamalarına bağlı olarak toprağın organik maddesi (OM), penetrasyon direnci (PD), hacim ağırlığı (HA), toprak solunumu (TS), mikrobiyal biyomas karbonu ( $C_{mic}$ ), toplam N, alınabilir  $P_2O_5$  ve  $K_2O$  ve fındık verimlerinde ( $p < 0.01$ ) önemli farklılıklar belirlenmiştir. Fındık zurufu uygulaması toprağın organik madde miktarını kontrole göre ortalama %29.84 artırmıştır.

**Sonuç:** Toprakların bu özelliklerindeki olumlu değişikliklerin sonucu toprakların toplam N, alınabilir  $P_2O_5$  ve  $K_2O$  ve fındık verimlerinde uygulanan dozlarda kontrole göre artışlar belirlenmiştir.

## INTRODUCTION

As a world's leading hazelnut producer, Türkiye accounts for 63.51% of the total production, according to the 2021 FAO data (FAOSTAT, 2021). Türkiye is also the leading hazelnut exporter in the world, with its export reaching up to 61%. According to the Farmer Registration System in Türkiye, although hazelnut is produced in 43 provinces, almost all of the commercial production is carried out in Ordu, Samsun, Giresun, Sakarya, Düzce, Trabzon, Zonguldak, Kocaeli, Artvin, Bartın, Kastamonu, Sinop, Gümüşhane, Rize, Bolu and Tokat (TMO, 2017). Even though the hazelnut is produced in larger lands as compared to other top hazelnut producers. But the yield is much lower than the other producers. While France ranks first with 225 kg/da in world hazelnut yield in 2019, China ranks second with 212 kg/da and Greece ranks third with 212 kg/da. Looking at the average yield of the last five years, Armenia ranks first with 238 kg/da, the USA ranks second with 221 kg/da and China ranks third with 207 kg/da. Türkiye's hazelnut yield in 2019 was 106 kg/da and the average yield of the last five years is 96 kg/da (Anonymous, 2021). The emergence of new hazelnut producers and the increase in the production of other hazelnut-producing countries have caused Türkiye's share in world hazelnut exports to decrease over time. While Türkiye has been exporting hazelnuts in a relatively uncompetitive environment in production for many years, it may have to compete severely with other countries in terms of quality and price in the coming years unless necessary precautions are taken. Türkiye, therefore, has to reduce the cost of hazelnut production and increase the quality to the optimum level in a short time. To reduce the production cost and increase the yield of hazelnut, it is highly important and necessary to pay attention to the chemical inputs used at the wrong time and in excessive amounts (Eryılmaz & Kılıç, 2019).

Lawandowski & Zumwinkle (1999) reported that fertile soil should have a high level of organic matter and biological activity, stable aggregates, an environment in which plant roots can easily move, and a soil structure where water can easily infiltrate on the surface. Soil organic matter affects soil functions by causing or mediating changes in soil properties and processes related to soil physical integrity, soil fertility and productivity, and environmental quality. Soil organic matter contributes to and is affected by biological productivity in natural and managed ecosystems (Herrick & Wande, 1997). The application of organic waste to the soil has the greatest effect on the organic matter content and nutritional values and also improves the soil structure, water and air balance, and microbiological activities (Chenu et al., 2000; Candemir & Gülser, 2010). These positive effects vary depending on the organic matter content and the quality of the organic matter (Ünsal et al., 2001). Sarker et al. (2018) reported that the chemical quality of organic matter plays an important role in the soil aggregation process. Gülser et al. (2015) implied that hazelnut husk (55% C:N ratio) has a higher C:N ratio than that of compost (22% C:N ratio) depending on the slower mineralization rate in the soil, having a greater impact on soil quality indices than does compost.

There is no specific soil management in hazelnut orchards other than surface applications of fertilizer. Therefore, hazelnut husk can be physically or chemically recycled as an organic matter source in hazelnut orchards with degraded soil conditions (Gülser et al., 2015). For producers, fertilizer has a significant share in important production cost for hazelnut production. It is of great importance to increase the amount of organic matter by adding organic material to the soil in reducing this cost and increasing the effectiveness of the fertilizer applied to the soil. The organic material applied may have positive effects on the physical, chemical, and biological properties of the soil, resulting in an increase in the effectiveness of the applied fertilizer and a decrease in the amount of fertilizer used. The fact that hazelnut husk is abundant and residual in the region as organic material to be applied to the soil is an issue that should be taken into consideration in economic terms. It is very important to use hazelnut husk, which becomes available during production, as a source of organic matter in the soils of the region in question, especially since hazelnut fields are difficult to reach.

In this study, the effect of hazelnut husk, which is released after production and has become an environmental problem, the majority of which cannot be evaluated, on some physical, chemical and biological properties of the hazelnut orchard soil was determined.

## MATERIALS and METHODS

### Materials

The experiment was set up in Muslubey Village of Salıpazarı District, Samsun Province (Figure 1). Some properties of soil and the hazelnut husk used in the experiment are given in Table 1. Accordingly, the trial garden has soil with a clay loam texture, with an organic matter value of 2.87%, and a bulk density of 1.12 g/cm<sup>3</sup>. The hazelnut husk used in the experiment was kept covered for 75 days, releasing its bitter green juice. The C/N ratio of the hazelnut husk used was 15.51, the pH value was 7.86, the EC value was 0.62 dS/m, and the OC value was 34.55%.



Figure 1. Location map of the study area.

Şekil 1. Çalışma alanının lokasyon haritası.

The temperature and precipitation data for the years 2008, 2009, and 2010, when the experiment was conducted, and the long term are depicted in Figure 2. Given the long-term data, the lowest temperature was 6.7°C in February, and the highest temperature was 23.6°C in August. The highest precipitation was observed in October, with 90.9 mm.

Table 1. Some properties of soil and hazelnut husk used in the trial

Çizelge 1. Deneme toprağının ve fındık zurufunun bazı özellikleri

	soil	hazelnut husk
Sand (%)	20.2	-
Clay (%)	28.5	-
Silt (%)	51.3	-
Class	CL	-
Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	1.12	-
pH	5.05	7.86
EC (dS/m)	0.30	0.62
OM (%)	2.85	60.9
Total N (%)	0.16	2.23
C:N	10.25	15.1

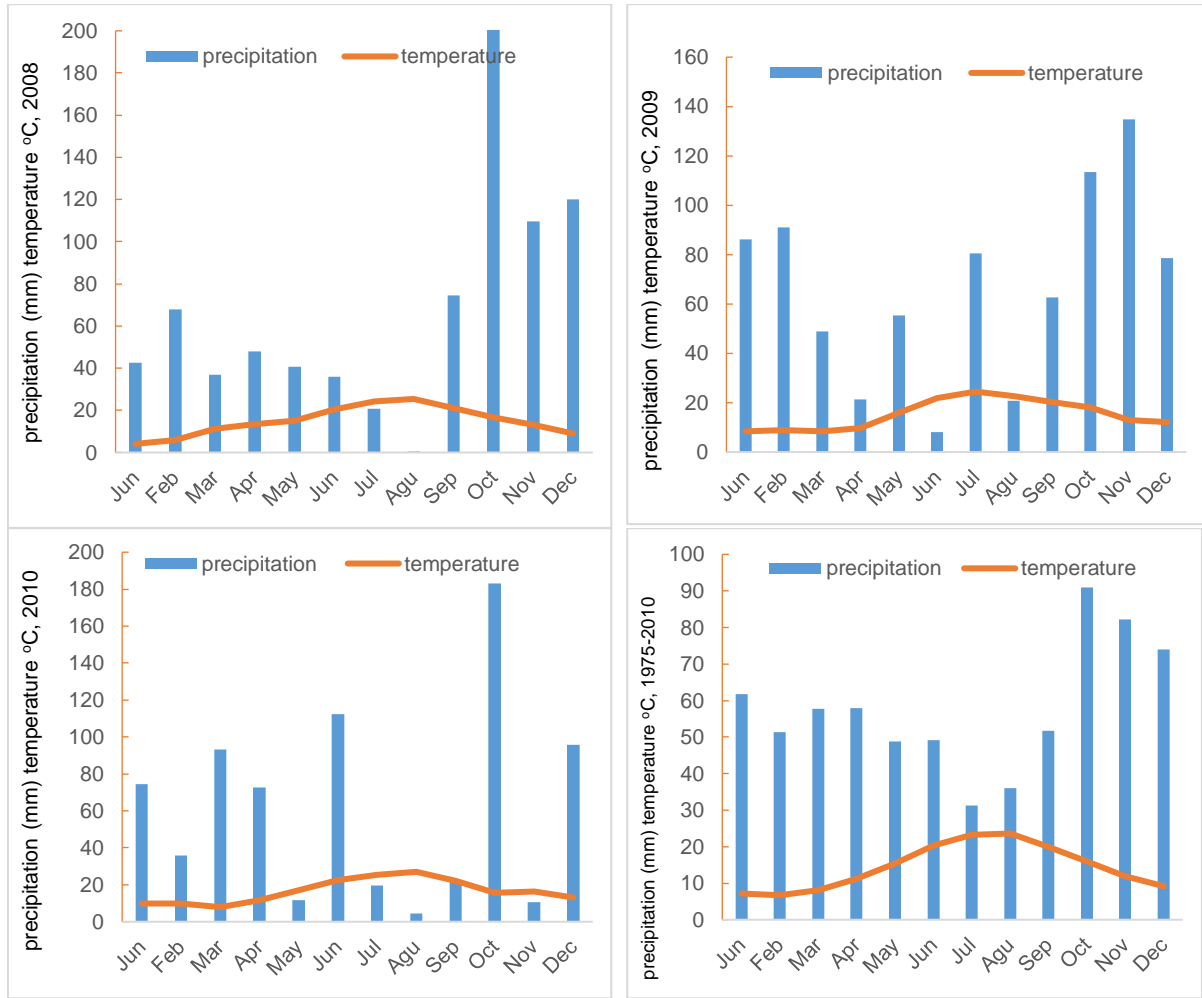


Figure 2. Temperature and precipitation values for research years and the long term (1975-2010).

Şekil 2. Araştırma yıllarına ve uzun yıllara (1975-2010) ait sıcaklık ve yağış değerleri.

## Methods

Experiments were designed as a randomized block design with three replications. In the trials, each hazelnut ocak (in Turkish “ocak”, which is consist of 8 single trunks together) planted at 4 m x 4.5 m intervals formed a parcel. An ocak was left unprocessed between the plots. Hazelnut husk was applied once in the trial plots in November 2007 as 0, 25, 50, 75 kg/ocak based on its dry weight (33%), and it was mixed with the soil. Based on the results of the soil analysis, half of the nitrogenous fertilizer and all of the phosphorus and potassium fertilizers were applied to all plots in March, and the other half of the nitrogenous fertilizer was applied as topdressing to ocaks in June and equally to each plot. Calcium ammonium nitrate (26 N%) was used as nitrogen fertilizer, diammonium phosphate (18 N%-46 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>%) as phosphorus fertilizer, and potassium sulfate (50%) fertilizer as potassium fertilizer. Again, since the soil in which the experiment was established was acidic, 363 kg/da lime was applied equally to each plot in the first year. Pruning was done in the autumn months, when the vegetation in the hazelnuts stops and the leaves fall to a large extent. Hazelnuts were harvested when  $\frac{3}{4}$  of the existing fruits fell from the branch when the branches were shaken. Soil samples were taken from each plot after the hazelnut harvest in 2008, 2009 and 2010 (Although the data obtained are old, it is thought that the results give general information and are sufficient to provide up-to-date information). The organic matter (OM) of hazelnut husk was determined according to Kacar (1990), pH and electrical conductivity (EC) was determined

according to Bayraklı (1987) in hazelnut husk : water (1/10) extraction. In soil samples; reaction (pH) and electrical conductivity (EC) in saturation paste, total nitrogen (N), available P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O contents were determined according to the principles reported by Tüzüner (1990); soil texture and bulk density values were determined according to Demiralay (1993); aggregate stability(AS) was determined according to Kemper & Rosenau (1986); and penetration values(MPa) were determined with a conical tip Eijkelkamp model hand penetrometer with a surface area of 2 cm<sup>2</sup>; the average of 6 measurement readings was calculated. Soil respiration was done as reported by Anderson (1982) and Microbial biomass carbon according to Anderson & Domsch (1978). The C<sub>mic</sub>/C<sub>org</sub> ratio was determined by the ratio of microbial biomass carbon to organic carbon. The data obtained from the experiments were evaluated according to the procedure as suggested by Yurtsever (1984). Three-year data were subjected to pooled analysis of variance in randomized blocks, and significant mean values were grouped by LSD multiple comparison.

## RESULTS and DISCUSSION

### The changes in soil penetration resistance, aggregate stability, and bulk density

The changes caused by hazelnut husk applied at increasing levels in the penetration resistance, aggregate stability, and bulk density values of the trial soils and the results of their variance analysis are tabulated in Table 2.

Penetration resistance is a commonly used parameter to evaluate soil compaction and the effects of soil management. Penetration resistance is a point measurement that varies greatly depending on time and area (O'Sullivan et al., 1987; Gülser et al., 2011). Increase in the penetration resistance in the soil or increase in the bulk density value as a result of compaction adversely affects the water-holding capacity and hydraulic conductivity properties of the soil, causing negative effects on the infiltration of water in the soil and the storage capacity of water that can be used by plants. Root growth of most agricultural crops slows significantly when penetration resistance in soil exceeds about 1.7 to 2 MPa (Bengough & Mullins, 1990; Canarache, 1990; Arshad et al., 1996). In this study, penetration values were found between 1.45-7.23 MPa (It is thought that this value is high because the hazelnut orchards are not tillage). According to the analysis of variance performed using penetration values, differences were determined between subjects ( $p < 0.01$ ) and years ( $p < 0.01$ ). The highest penetration value was obtained from the control subject, while the lowest value was obtained from the application of 75 kg/da hazelnut husk. Depending on the dose applications, reductions of 11.64%, 16.26%, and 36.04% were achieved compared to the control. Gülser & Candemir (2012) found that the penetration resistance decreased from 1.72 MPa to 0.91, 0.84, and 0.72 MPa 7 months after applying 2%, 4%, and 6% hazelnut husk to clay soil. Gülser et al. (2015) reported that there were significant negative correlations between penetration resistance and organic carbon and stated that penetration resistance decreased by 67% with hazelnut husk application as compared to the control. Aksakal et al. (2016) reported that the penetration resistance decreased significantly ( $p < 0.05$ ) with the increase in dose due to vermicompost application, and the lowest penetration value was obtained with the highest dose (4%) of vermicompost. Bandyopadhyay et al. (2010) found the penetration resistance in NPK + farmyard manure application up to a soil depth of 28 cm to be significantly lower than the control, stating that this might have resulted from the reduced bulk density due to the application of organic matter. Mujdeci (2011) applied organic matter (biosolid and manure, 30 tons ha<sup>-1</sup>) to clay loam soil in an apple orchard and investigated its effect on penetration resistance. Penetration values in 2008 and 2009 were higher than in 2010. This variability may be caused by the differences in the bulk density depending on the moisture content of the soils and the hazelnut husk application. Penetration resistance is affected by some soil properties such as bulk density, texture, aggregation, cementation, organic matter content, mineralogy, and soil water content (Ribon & Tavares Filho, 2004; To & Kay, 2005; Dexter et al., 2007; Tavares Filho et al., 2012). Even though many soil properties affect penetration resistance, bulk density and especially soil water content has the greatest short-term effects on penetration resistance. Some studies have reported a direct relationship between penetration resistance and these variables, and this is usually described with an exponential model (Vaz et al., 2011, 2013).

According to the analysis of variance performed with the bulk density of the soil, significant differences at  $p < 0.01$  level were found between subjects and years. As compared to the control, an average of 16.36% reduction in bulk density value was achieved. Research has suggested that applying organic matter to soils reduces bulk density (Kılıç et al., 2000; Marinari et al., 2000; Özenç, 2004; Candemir & Gülser, 2010; Gülser, 2016; Gülser et al., 2017; Demir & Gülser 2021). Gülser (2022) stated that there is a significant negative relationship (-0.844\*\*) between the organic matter content of the soils and the bulk density. Gülser et al. (2017) reported that hazelnut husk application reduced the bulk density of the soil compared to the control, stating that the lowest bulk density was determined with a 6% dose of hazelnut husk. Since organic materials possess low bulk density and higher porosity, the mixing of soils with denser mineral fractions causes a decrease in the bulk density of the soil (Martin & Stephens, 2001; Bronick & Lal, 2005). Celik et al. (2010) reported that the highest penetration resistance and bulk density values were found in control and mineral fertilizer applications, while the lowest values were obtained in organic applications. Researchers have evidently demonstrated that long-term applications of barnyard manure, compost, and mycorrhizal compost are important to prevent root growth, infiltration, runoff, erosion, hydraulic conductivity, aeration, mineralization rate, and soil compaction that limits biological activity. Bandyopadhyay et al. (2010) found the bulk density of the combined use of NPK and farm manure to be 5.6% and 9.3% lower than the application of NPK alone and control, respectively. They underlined that this reduction in bulk density may result from a higher organic carbon content of the soil, better aggregation, and increased root growth and biopores.

**Table 2.** The changes in soil penetration resistance, aggregate stability, and bulk density caused by hazelnut husk applied at increasing doses

**Çizelge 2.** Artan dozlarda uygulanan fındık zurufunun toprakların penetrasyon direnci, agregat stabilitesi ve hacim ağırlığı değerinde meydana getirdiği değişimler

	0 (Control)	25 (kg/ocak)	50 (kg/ocak)	75 (kg/ocak)	Mean
Penetration Resistance (MPa)					
2008	7.23 a	6.04 b	5.79 c	3.21 e	<b>5.57 A</b>
2009	4.71 c	4.51c	4.14 c	3.96 cd	<b>4.33 B</b>
2010	1.71 e	1.51 e	1.49 e	1.45 e	<b>1.54 C</b>
<b>Mean</b>	<b>4.55 A</b>	<b>4.02 B</b>	<b>3.81 B</b>	<b>2.87 C</b>	
F <sub>year</sub> : 65.986**		F <sub>subject</sub> : 22.952**		F <sub>subject x year</sub> : 11.886**	
Aggregate Stability (%)					
2008	62.08	58.78	51.36	51.38	<b>55.90 A</b>
2009	55.55	57.26	58.26	60.14	<b>57.80 A</b>
2010	43.90	46.85	45.91	43.94	<b>45.15 B</b>
<b>Mean</b>	<b>53.84</b>	<b>54.30</b>	<b>51.74</b>	<b>51.72</b>	
F <sub>year</sub> : 12.231**		F <sub>subject</sub> : 0.348		F <sub>subject x year</sub> : 1.017 <sup>ns</sup>	
Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )					
2008	1.07	0.78	0.87	0.88	<b>0.90 B</b>
2009	1.11	1.00	0.98	0.96	<b>1.01 A</b>
2010	1.12	1.09	0.88	0.79	<b>0.97 AB</b>
<b>Mean</b>	<b>1.10 A</b>	<b>0.96 B</b>	<b>0.91 B</b>	<b>0.88 B</b>	
F <sub>year</sub> : 9.876**		F <sub>subject</sub> : 7.481**		F <sub>subject x year</sub> : 1.568 <sup>ns</sup>	

ns: not significantly different, \*: Significant at  $P < 0.05$ , \*\*: Significant at  $P < 0.01$ .

Although the aggregate stability value was not statistically significant depending on the dose applications, an average increase of 2.32% occurred compared to the control. The highest aggregate stability values were obtained in 2009, but they were not statistically different from the values obtained in 2008. In 2010, however, there was a decrease in aggregate stability values. Candemir (2005) stated that residual (waste) applications increase aggregate stability and that the application that increases aggregate stability the most in sandy soil is hazelnut husk. Gülser (2016) reported that AS values have a significant positive correlation (0.667\*) with soil OM and the aggregate stability of hazelnut husk application increased by 99% compared to the control. Improved aggregate stability by adding organic



waste to the soil is the result of plant phenolic acid interactions released during the decomposition of the structural components of the waste and increased microbial activity due to carbohydrate metabolisms (Martens, 2000). Oades (1984) reported that the aggregate stability of the soil is affected by microorganisms in two aspects: the mechanical bonding of soil particles and the production of effective binders through the synthesis or decomposition of organic wastes. The increases were generally more pronounced in 25 kg/ocak applications. There were decreases in 50 and 75 kg/ocak applications compared to 25 kg/ocak applications. This decrease seen at high doses might have resulted from the fact that the hazelnut husk applied in increasing doses increases the microbial activity, the increased nutritional needs cannot be met due to this increase, and the humus, which provides aggregation, is used as a nutrient by microorganisms. As a matter of fact, in our study, the hazelnut husk application increased the organic matter of the soil as well as the microbial biomass carbon. Aşkın et al. (2000) and Candemir & Gülser (2007) also found similar results in their studies.

### The changes in the OM, SR, C<sub>mic</sub> and C<sub>mic</sub>/C<sub>org</sub> ratio values of the soils

The changes in organic matter, soil respiration, C<sub>mic</sub> and C<sub>mic</sub>/C<sub>org</sub> ratios of the trial soils caused by hazelnut husk applied at increasing doses and their variance analysis results are shown in Table 3. Microbial biomass (C<sub>mic</sub>), comprising only 1-3% of total soil carbon and about 5% of total soil (Smith & Paul, 1990), is an important component of soil organic matter. It comes in on the biogeochemical cycles of basic nutrients (C-N-P-S) and related energy flows (Meli et al., 2002; Kızılkaya et al., 2004). Basal soil respiration of soil microflora provides useful information about the physiological state of the pedo ecosystem, upon which there is still some controversy. This respiration activity refers to the energy use of microflora and demonstrates the efficiency of organic carbon degradation by soil microorganisms (Wardle & Ghani, 1995).

**Table 3.** The changes in the OM, SR, C<sub>mic</sub> and C<sub>mic</sub>/C<sub>org</sub> ratio values of the soils caused by increasing doses of hazelnut husk

**Çizelge 3.** Artan dozlarda uygulanan fındık zuruğunun toprakların OM, TS, C<sub>mic</sub> ve C<sub>mic</sub>/C<sub>org</sub> oranında meydana getirdiği değişimler

	0 (Control)	25 (kg/ocak)	50 (kg/ocak)	75 (kg/ocak)	Mean
OM (%)					
<b>2008</b>	3.11	3.64	4.17	4.71	<b>3.91</b>
<b>2009</b>	3.00	3.81	4.03	4.58	<b>3.85</b>
<b>2010</b>	3.34	3.96	3.89	4.03	<b>3.81</b>
<b>Mean</b>	<b>3.15 C</b>	<b>3.80 B</b>	<b>4.03 B</b>	<b>4.44 A</b>	
	F <sub>year</sub> : 0.358 <sup>ns</sup>	F <sub>subject</sub> : 35.553 <sup>**</sup>	F <sub>subject x year</sub> : 2.636 <sup>ns</sup>		
Soil respiration (µg CO <sub>2</sub> 100 g <sup>-1</sup> dry soil 24h)					
<b>2008</b>	4.90 ef	5.53 def	7.46 cd	15.65 a	<b>8.38 B</b>
<b>2009</b>	3.53 f	7.56 cd	11.60 b	13.43 ab	<b>9.03 A</b>
<b>2010</b>	4.05 ef	6.45 cde	7.54 cd	8.85 c	<b>6.72 A</b>
<b>Mean</b>	<b>4.16 D</b>	<b>6.51 C</b>	<b>8.87 B</b>	<b>12.64 A</b>	
	F <sub>year</sub> : 4.087 <sup>*</sup>	F <sub>subject</sub> : 56.543 <sup>**</sup>	F <sub>subject x year</sub> : 6.502 <sup>**</sup>		
C <sub>mic</sub> (µg CO <sub>2</sub> -C g <sup>-1</sup> dry soil 24h)					
<b>2008</b>	23.90 c	27.21 bc	30.60 b	44.24 a	<b>31.49 A</b>
<b>2009</b>	18.28 de	24.23 c	27.45 bc	31.26 b	<b>25.31 B</b>
<b>2010</b>	13.55 e	14.86 de	15.50 de	18.95 d	<b>15.72 C</b>
<b>Mean</b>	<b>18.58 C</b>	<b>22.10 B</b>	<b>24.52 B</b>	<b>31.48 A</b>	
	F <sub>year</sub> : 433.946 <sup>**</sup>	F <sub>subject</sub> : 34.390 <sup>**</sup>	F <sub>subject x year</sub> : 5.035 <sup>**</sup>		
C <sub>mic</sub> /C <sub>org</sub>					
<b>2008</b>	0.132	0.129	0.127	0.126	<b>0.138 A</b>
<b>2009</b>	0.105	0.110	0.117	0.117	<b>0.112 B</b>
<b>2010</b>	0.070	0.070	0.060	0.080	<b>0.070 C</b>
<b>Mean</b>	<b>0.102</b>	<b>0.103</b>	<b>0.101</b>	<b>0.120</b>	
	F <sub>year</sub> : 96.998 <sup>**</sup>	F <sub>subject</sub> : 2.398 <sup>ns</sup>	F <sub>subject x year</sub> : 1.253 <sup>ns</sup>		

ns: not significantly different, \*: Significant at P< 0.05, \*\*: Significant at P <0.01.

According to the analysis of variance achieved with organic matter values, there was a significant difference between the subjects ( $P < 0.01$ ) in the OM value of the soils. While the lowest organic matter value was obtained in the control, the highest OM value was obtained from the 75 kg/ocak application, with an average of 29.84% increase compared to the control. Candemir & Gulser (2011), Ozenc (2004), and Candemir & Gülser (2007) emphasized that hazelnut husk applied as organic residue increases the OC values of the soil.

According to the analysis of variance with SR and  $C_{mic}$  values, differences were found between subjects ( $p < 0.01$ ), years ( $p < 0.01$ ), and subject-year interaction ( $p < 0.01$ ). The highest soil respiration and  $C_{mic}$  values were obtained from the highest dose application. It is evident that the hazelnut husk applied at an increasing level results in increase in the soil respiration and  $C_{mic}$  values of the soils by an average of 124.52% and 40.09%, respectively. High soil respiration and  $C_{mic}$  values determined at increasing application doses may result from the microbial decomposition of the high organic matter contained by the hazelnut husk applied to the soils over time, serving as a food source for microorganisms, and increasing the number of heterotrophic microorganisms. Meanwhile, the applied material may have provided suitable conditions for the development and reproduction of microorganisms by improving the physical properties of soil, such as soil aeration and water retention. As a matter of fact, it has been observed that the bulk density and penetration values of the soil decrease depending on the application of organic matter. Kaplan (2005) found that different organic residues (tobacco fabrication waste, wheat straw, tea waste, and hazelnut husk) added to sandy-loam soil increased SR and  $C_{mic}$  content. Kızılkaya & Gülser (2016) stated that organic wastes increase the  $C_{mic}$  and soil respiration of soils compared to the control, the C/N ratio of the wastes makes a difference in these soil parameters, and the low initial C/N ratio increases these parameters more. Gülser et al. (2016) reported that there is a significant positive correlation between OC and SR (0.864 at  $p < 0.01$ ). Candemir & Gülser (2011) stated that SR is increased by hazelnut husk application. Özenç et al. (2019) found that hazelnut husk application increased the SR and  $C_{mic}$  contents of the soils compared to the control. It was also stated that the application of organic waste to the soil increases the biological properties of the soil, and the increased soil organic matter content was reported to be generally positively correlated to the microbiological activity in the soil (Bayadilova et al., 2022).

The current study found that hazelnut husk application increased the  $C_{mic}/C_{org}$  ratio, although not statistically significant. A high  $C_{mic}/C_{org}$  ratio indicates an increase in  $C_{mic}$  in total organic C. Therefore, the organic material applied not only increased the organic carbon content of the soil but also increased the  $C_{mic}$  amount, suggesting that microorganisms can be effective for a longer time in terms of soil fertility and sustainability. Studies showed that the application of organic residues to soils increases both  $C_{mic}$  and total organic C (Monreo et al., 1999; Kaplan, 2005; Kızılkaya & Hepşen, 2007). Statistical analyses with the  $C_{mic}/C_{org}$  ratio revealed differences between years. As the year progressed, this rate decreased, which may be due to the loss of effect of the applied organic material over time.

#### **The changes in the total N, available $P_2O_5$ and $K_2O$ values of the soils**

The changes in N, available  $P_2O_5$ , and available  $K_2O$  soils caused by hazelnut husk applied at increasing doses and their variance analysis results are shown in Table 4.

According to the analysis of variance with the total N values of the soils, differences were determined between subjects ( $p < 0.01$ ), years ( $p < 0.01$ ), and subject-year interaction ( $p < 0.01$ ). The highest N values were obtained from the application of 75 kg/ocak dose in 2008. According to the variance analysis made with the available P values of the soils, differences were determined between the subjects ( $p < 0.01$ ), and subject-year interaction ( $p < 0.01$ ). Compared to the control application, an increase of 42% was achieved in the 25 kg/ocak dose application, 116% in the 50 kg/ocak dose application, and 164% in the 75 kg/ocak dose application. The useful P has been found to decrease depending on the years. This

decrease may result from the fixation of P by humus and clay minerals in the soil or the formation of compounds with Fe and Al in acidic soil. According to the analysis of variance with the available K values of the soils, differences were determined between subjects ( $p < 0.01$ ), years ( $p < 0.01$ ) and subject-year interaction ( $P < 0.01$ ). As compared to the control application, an increase of 63% was achieved in the 25 kg/ocak dose application, 99% in the 50 kg/ocak dose application, and 173% in the 75 kg/ocak dose application. It is evident that the available K increases depending on the years. Kacar & Katkat (1998) emphasized that hazelnut husk is an organic waste that draws attention with its high K content. Andrews et al. (2021) underlined that research has shown that potassium ions readily dissolve from plant material into soil solution due to their high mobility as a predominantly unbound monatomic cation in plant tissues. This study found that there was an increase in the microbial biomass of the soil due to the application of hazelnut husk. Therefore, due to the increased microbial biomass, the N, P, and K contents of the soils may have increased as a result of the decomposition of the hazelnut husk and the penetration of the nutrients it contained in it into the soil. Indeed, researchers state that microbial biomass is involved in the biogeochemical cycles of essential nutrients (C-N-P-S) and related energy flows (Meli et al., 2002; Kızılkaya et al., 2004). Özenç et al. (2019) reported that the application of hazelnut husk to the soil provides a 99% increase in the available phosphorus content and a 103% increase in the extractable potassium content compared to biochar. Kaur et al. (2005) reported that the application of farmyard manure, poultry manure, and sugarcane filter cake alone or in combination with chemical fertilizers improved organic C, total N, P, and K status in soil.

**Table 4.** The changes in the total N, available  $P_2O_5$  and  $K_2O$  values of the soils caused by the hazelnut husk applied in increasing doses

**Çizelge 4.** Artan dozlarda uygulanan fındık zurufunun toprakların toplam N, alınabilir  $P_2O_5$  ve  $K_2O$  değerinde meydana getirdiği değişimler

	0 (Control)	25 (kg/ocak)	50 (kg/ocak)	75 (kg/ocak)	Mean
N (%)					
2008	0.17g	0.22c	0.26b	0.29a	<b>0.23 A</b>
2009	0.14h	0.18fg	0.19efg	0.18fg	<b>0.17 B</b>
2010	0.21cde	0.22cd	0.25b	0.20def	<b>0.22 A</b>
Mean	<b>0.17 C</b>	<b>0.20 B</b>	<b>0.23 A</b>	<b>0.22 A</b>	
	$F_{\text{year}}: 72.731^{**}$	$F_{\text{subject}}: 29.835^{**}$	$F_{\text{subject} \times \text{year}}: 11.611^{**}$		
Available $P_2O_5$ (kg/da)					
2008	3.90 d	8.13 bc	8.50 bc	10.10 b	<b>7.66</b>
2009	5.43 d	5.97 cd	9.20 b	14.50 a	<b>8.78</b>
2010	4.90 d	6.12 cd	13.02 a	12.97 a	<b>9.25</b>
Mean	<b>4.75 D</b>	<b>6.74 C</b>	<b>10.24 B</b>	<b>12.52 A</b>	
	$F_{\text{year}}: 1.6733$	$F_{\text{subject}}: 47.5070^{**}$	$F_{\text{subject} \times \text{year}}: 4.4780^{**}$		
Available $K_2O$ (kg/da)					
2008	30.0 e	63.3 b	64.7 b	129.0 a	<b>71.75 A</b>
2009	33.9 de	43.6 de	62.4 b	68.3 b	<b>52.03 B</b>
2010	29.9 e	46.2 cd	59.8 bc	59.2 bc	<b>48.78 B</b>
Mean	<b>31.28 D</b>	<b>51.03 B</b>	<b>62.26 C</b>	<b>85.50 D</b>	
	$F_{\text{year}}: 15.14^{**}$	$F_{\text{subject}}: 63.24^{**}$	$F_{\text{subject} \times \text{year}}: 13.00^{**}$		

ns: not significantly different, \*: Significant at  $P < 0.05$ , \*\*: Significant at  $P < 0.01$ .

### The changes in hazelnut yields

It is more appropriate to determine the effects of organic waste application on yield in the long term; that said, in the short term, the effects of organic waste on crop yield compared to mineral fertilizers and controls may vary depending on the characteristics of the organic material, soil properties, application rate, and climatic conditions (Franco-Otero et al., 2012). In this study, differences were determined between subjects ( $p < 0.01$ ), years ( $p < 0.01$ ) and subject-year interaction ( $p < 0.01$ ) according to the analysis of variance performed using yield values (Table 5). Given the interaction, it is apparent that the highest yield was obtained from the application of 75 kg/ocak in 2010. This study has found that positive changes in the

physical, chemical, and biological properties of the soils due to the application of hazelnut husk increased the hazelnut yield values. Bandyopadhyay et al. (2010) stated that the combined use of farmyard manure and the recommended dose of chemical fertilizer resulted in increases in plant growth parameters and grain and stalk yields of soybean. Abedi et al. (2010) pointed out that wheat grain yield and yield components increased significantly with N fertilizer and compost application. The same researchers also stated that besides the positive effects of organic fertilizer on soil structure leading to better root growth and more nutrient uptake, compost not only slowly releases nutrients, but also prevents losses of chemical fertilizers through denitrification, evaporation and waste, and can increase the effectiveness of chemical fertilizers, thereby increasing yields and reducing the use of chemical fertilizers to maintain soil health and fertility.

**Table 5.** The changes in hazelnut yields caused by hazelnut husk applied at increasing doses

**Çizelge 5.** Artan dozlarda uygulanan fındık zurufunun fındık verimlerinde meydana getirdiği değişimler

	0 (Control)	25 (kg/ocak)	50 (kg/ocak)	75 (kg/ocak)	Mean
	Yield (kg/ocak)				
<b>2008</b>	2.13d	2.90c	3.07bc	3.20ab	<b>2.83A</b>
<b>2009</b>	1.47f	1.53ef	1.65ef	2.17d	<b>1.70 C</b>
<b>2010</b>	1.66ef	2.01d	1.75e	3.41a	<b>2.21B</b>
<b>Mean</b>	<b>1.75C</b>	<b>2.15B</b>	<b>2.15B</b>	<b>2.93A</b>	
	F <sub>year</sub> : 40.160**	F <sub>subject</sub> : 98.975**	F <sub>subject x year</sub> : 8.616**		

## CONCLUSIONS

The application of hazelnut husk, an important source of organic matter, to the soil after being withered for a certain period of time helped achieve positive changes in the organic matter of the soil and, accordingly, some biological and physical properties, as well as increases in the nutrient content and yield. Hazelnut husk, applied at increasing doses, increased the SR and C<sub>mic</sub> values of the soil with clay loam texture thanks to the high organic matter in its structure. The application of hazelnut husk increased not only the OM value of the soils but also the microbial activity required in the soil to degrade and decompose the organic matter. Similarly, the HA values of the soil decreased depending on the application. Despite this decrease in BD, the PD value of the soil decreased. In addition, hazelnut husk application caused an increase in AS, although it was not statistically significant; however, this change resulted in an increase that was effective at low doses, whereas it resulted in a decrease due to the increase in microbial activity at high doses. This study has found that positive changes in the physical, chemical, and biological properties of the soils due to the application of hazelnut husk increased the hazelnut yield values.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This study was produced from project coded as Project No: TAGEM-BB-080205H1 "General Directorate of Agricultural Research and Policies".

## REFERENCES

- Abedi, T., A. Alemzadeh & S.A. Kazemeini, 2010. Effect of organic and inorganic fertilizers on grain yield and protein banding pattern of wheat. *Australian Journal of Crop Science*, 4 (6): 384-389.
- Aksakal, E. L., S. Sari & I. Angin, 2016. Effects of vermicompost application on soil aggregation and certain physical properties. *Land Degradation & Development*, 27 (4): 983-995. <https://doi.org/10.1002/ldr.2350>.
- Anderson, J.P.E. & K.H. Domsch, 1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils, *Soil Biology and Biochemistry*, 10: 215-221. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(78\)90099-8](https://doi.org/10.1016/0038-0717(78)90099-8).
- Anderson, J.P.E., 1982. "Soil Respiration, 831-871". In: *Methods of Soil Analysis, Part 2-Chemical and Microbiological Properties*, (Eds. A.L. Page, D. R. Keeney, D.E. Baker, R.H. Miller, R. Jr. Ellis & J.D. Rhoades). ASA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA. 1143 pp.

- Andrews, E.M., S. Kassama, E.E. Smith, P.H. Brown & S.D.S. Khalsa, 2021. A review of potassium-rich crop residues used as organic matter amendments in tree crop agroecosystems. *Agriculture*, 11 (7): 580. <https://doi.org/10.3390/agriculture11070580>.
- Anonymous, 2021. Republic of Türkiye Ministry of Agriculture and Forestry Agricultural Economic and Policy Development Institute. Crop Reports. (Web pages: <https://www.tarimorman.gov.tr/Sayfalar/EN/AnaSayfa.aspx>) (Date accessed: March 2023).
- Arshad, M.A., B. Lowery & B. Grossman, 1996. "Physical Tests for Monitoring Soil Quality, 123-142". In: *Methods for Assessing Soil Quality*, (Eds. J.W. Doran & A.J. Jones) Madison, WI: Soil Science Society of America, 410 pp.
- Aşkın, T., C. Gülser, R. Kızılkaya & N. Özdemir, 2000. "The effects of inoculation of soil with different numbers of bacteria on aggregation, 242-246". *Proceedings of International Symposium on Desertification* (June 13-17, Konya, Türkiye), 553 pp.
- Bandyopadhyay, K.K., A.K. Misra, P.K. Ghosh & K.M. Hati, 2010. Effect of integrated use of farmyard manure and chemical fertilizers on soil physical properties and productivity of soybean. *Soil and Tillage Research*, 110 (1): 115-125. <https://doi.org/10.1016/j.still.2010.07.007>.
- Bayadilova, G., A. Zhykibayev, J. Yessenbayeva, G. Yelibayeva, D. Kazkeyev & V.M. Karasseva, 2022. Effect of different organic wastes on biological properties of maize (*Zea mays indendata*) rhizosphere. *Eurasian Journal of Soil Science*, 11 (2): 141-150. <https://doi.org/10.18393/ejss.1022545>.
- Bayraklı, F., 1987. *Toprak ve Bitki Analizleri*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 17, Samsun, 200 pp.
- Bengough, A.G. & C.E. Mullins, 1990. Mechanical impedance to root growth: A review of experimental techniques and root growth responses. *Journal of Soil Science*, 41: 341-358. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1990.tb00070.x>.
- Bronick, C. & R. Lal, 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124: 3-22. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.005>.
- Canarache, A., 1990. Penetr: A generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. *Soil Tillage and Research*, 16: 51-70. [https://doi.org/10.1016/0167-1987\(90\)90021-5](https://doi.org/10.1016/0167-1987(90)90021-5).
- Candemir, F. & C. Gülser, 2007. Changes in some chemical and physical properties of a sandy clay loam soil during the decomposition of hazelnut husk. *Asian Journal of Chemistry*, 19 (3): 2452-2460.
- Candemir, F. & C. Gülser, 2010. Effects of different agricultural wastes on some soil quality indexes in clay and loamy sand fields. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42 (1): 13-28. <https://doi.org/10.1080/00103624.2011.528489>.
- Candemir, F., 2005. Effects of organic wastes on soil quality indexes and nitrate nitrogen. Ondokuz Mayıs University Faculty of Agriculture Department of Soil, (Unpublished) PhD Thesis, Samsun, Türkiye, 160 pp.
- Celik, I., H. Gunal, M. Budak & C. Akpinar, 2010. Effects of long-term organic and mineral fertilizers on bulk density and penetration resistance in semi-arid Mediterranean soil conditions. *Geoderma*, 160 (2): 236-243. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.09.028>.
- Chenu, C., Y. Le Bissonais & D. Arrouays, 2000. Organic matter influence on clay wettability and soil aggregate stability. *Soil Science Society of America Journal*, 64 (4): 1479-1486. <https://doi.org/10.2136/sssaj2000.6441479x>.
- Demiralay, İ., 1993. *Toprak Fiziksel Analizleri*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak İlimi Bölümü. Erzurum, 131 s.
- Dexter, A.R., E.A. Czyż & O.P. Gate, 2007. A method for prediction of soil penetration resistance. *Soil and Tillage Research*, 93 (2): 412-419. <https://doi.org/10.1016/j.still.2006.05.011>.
- Eryılmaz, G. & O. Kılıç, 2019. Developments in organic hazelnut production and export of Türkiye. *International Journal of Economics and Administrative Sciences*, 3 (1): 41-54.
- FAOSTAT, 2021. Crops and Livestock Products Statistics. (Web page: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>) (Date accessed: 20 May 2023).
- Franco-Otero, V.G., P. Soler-Rovira, D. Hernández, E.G. López-de-Sá & C. Plaza, 2012. Short-term effects of organic municipal wastes on wheat yield, microbial biomass, microbial activity, and chemical properties of soil. *Biology and Fertility of Soils*, 48: 205-216. <https://doi.org/10.1007/s00374-011-0620-y>.
- Gülser, C. & F. Candemir, 2012. Changes in penetration resistance of a clay field with organic waste applications. *Eurasian Journal of Soil Science*, 1 (1): 16-21.
- Gülser, C., İ. Ekberli, F. Candemir & Z. Demir, 2011. "Spatial variability of penetration resistance in a cultivated soil, 244-250". Prof.Dr. Nuri Munsuz, *Ulusal Toprak ve Su Sempozyumu* (25-27 Mayıs, Ankara, Türkiye), 353 s.

- Gülser, C., 2016. "Changes in soil physical properties with hazelnut husk and tobacco waste applications, 2032-2036". In VII International Scientific Agriculture Symposium," Agrosym 2016", 6-9 October 2016, Jahorina, Bosnia and Herzegovina. Proceedings. University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture, 2970 pp.
- Gülser, C., 2022. Effects of agricultural wastes on some physical properties of clay loam soil. *Agricultural Sciences/Agrarni Nauki*, 14 (33). <https://doi.org/10.22620/agrisci.2022.33.001>.
- Gülser, C., R. Kızılkaya, T. Askın & I. Ekberli, 2015. Changes in soil quality by compost and hazelnut husk applications in a hazelnut orchard. *Compost Science & Utilization*, 23 (3): 135-141. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2015.1013584>.
- Gülser, C., T. Minkina, S. Sushkova & R. Kızılkaya, 2017. Changes of soil hydraulic properties during the decomposition of organic waste in a coarse textured soil. *Journal of Geochemical Exploration*, 174: 66-69. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2016.05.014>.
- Herrick, J.E. & M.M. Wander, 1997. "Relationships Between Soil Organic Carbon and Soil Quality in Cropped and Rangeland Soils: The Importance of Distribution, Composition, and Soil Biological Activity, 405-425". In: *Soil Processes and The Carbon Cycle* (Eds. R. Lal, J.M. Kimble, R.F. Follett & B.A. Stewart), CRC Press, 624 pp.
- Kacar, B. & A.V. Katkat, 1998. Bitki Besleme. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No:127, VİPAŞ Yayınları: 3, Bursa, 595 s.
- Kacar, B., 1990. Gübre Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ankara, 249 s.
- Kaplan N., 2005. Effect of Organic Wastes on Biological Properties of Soil and Maize (*Zea mays indendata*) rhizosphere, Ondokuz Mayıs University Faculty of Agriculture Department of Soil, (Unpublished) Master Thesis, Samsun, Türkiye, 49 pp.
- Kaur, K., K.K. Kapoor & A.P. Gupta, 2005. Impact of organic manures with and without mineral fertilizers on soil chemical and biological properties under tropical conditions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Sciences*, 168: 117-162. <https://doi.org/10.1002/jpln.200421442>.
- Kemper, W.D. & R.C. Rosenau, 1986. "Aggregate Stability and Size Distribution, 425-442". In: *Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods* (Ed. A. Klute), Madison, Wisconsin, 1188 pp. <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.1.2ed.c17>.
- Kılıç, K., K. Saltalı & A.K. Sürücü, 2000. The effect of tobacco waste application on the physical and chemical properties of alkaline soils. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 26: 87-91 (In Turkish). <https://doi.org/10.3906/tar-0006-22>.
- Kızılkaya, R. & C. Gulser, 2016. "Effect of different organic wastes on microbial properties of maize (*Zea mays indendata*) rhizosphere and root free soil, 2052-2058". In: VII International Scientific Agriculture Symposium, "Agrosym 2016" (6-9 October 2016, Jahorina, Bosnia and Herzegovina) Proceedings. University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture, 2970 pp.
- Kızılkaya, R. & Ş. Hepşen, 2007. Microbiological properties in earthworm cast and surrounding soil amended with various organic wastes. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38 (19-20): 2861-2876. <https://doi.org/10.1080/00103620701663107>.
- Kızılkaya, R., T. Aşkın, B. Bayraklı & M. Sağlam, 2004. Microbiological characteristics of soils contaminated with heavy metals. *European Journal of Soil Biology*, 40: 95-102. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2004.10.002>.
- Lewandowski, A. & M. Zumwinkle, 1999. Assessing the Soil System. A Review of Soil Quality Literature. Minnesota Department of Agriculture, 63 pp.
- Marinari, S., G. Masciandar, B. Ceccanti & S. Grego, 2000. Influence of organic and mineral fertilizers on soil biological and physical properties. *Bioresource Technology*. 72: 9-17. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)00094-2](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00094-2)
- Martens, D. A., 2000. Plant residue biochemistry regulates soil carbon cycling and carbon sequestration. *Soil Biology and Biochemistry*, 32 (3): 361-369. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(99\)00162-5](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00162-5).
- Martin, P.J. & W. Stephens, 2001. "The Potential for Biomass Production on Restored Landfill Caps, 337-344". In: *Aspects of Applied Biology* (Eds. M.J. Bullard, D.G. Christian, J.D. Knight, M.A. Lainsbury & S.R. Parker).
- Meli, S., M. Porto, A. Belligno, S. A. Bufo, A. Mazzatura & A. Scapa, 2002. Influence of irrigation with lagooned urban wastewater on chemical and microbiological soil parameters in a citrus orchard under Mediterranean condition. *Science of The Total Environment*, 285: 69-77. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)00896-8](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)00896-8).
- Mujdeci, M., 2011. The effects of organic material applications on soil penetration resistance. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 9 (3/4 part 2): 1045-1047.

- O'sullivan, M.F., J.W. Diskon & D.J. Campell, 1987. Interpretation and presentation of cone resistance data in tillage and traffic studies. *European Journal of Soil Science*, 38 (1): 137-148. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1987.tb02131.x>.
- Oades, J.M., 1984. Soil organic matter and structural stability: Mechanisms and implications for management. *Plant and Soil*, 76: 319-337. <https://doi.org/10.1007/BF02205590>.
- Özenç, D. B., F. I. Yılmaz, C. Tarakçioğlu & S. Aygün, 2019. Fındıktan üretilen atıkların toprağın fiziko-kimyasal ve biyolojik özelliklerine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32: 7-13. <https://doi.org/10.29136/mediterranean.558856>.
- Özenç, N., 2004. Fındık zurufu ve diğer organik materyallerin fındık tarımı yapılan toprakların özellikleri ve ürün kalitesi üzerine etkileri, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, (Unpublished) Doktora Tezi, Ankara, Türkiye, 423 s.
- Ribon, A.A. & J. Tavares Filho, 2004. Models for the estimation of the physical quality of a yellow red latosol (oxisol) under pasture. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47: 25-31.
- Sarker, T. C., G. Incerti, R. Spaccini, A. Piccolo, S. Mazzoleni & G. Bonanomi, 2018. Linking organic matter chemistry with soil aggregate stability: Insight from <sup>13</sup>C NMR spectroscopy. *Soil Biology and Biochemistry*, 117: 175-184. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.11.011>.
- Smith, J.L. & E.A. Paul, 1990. "The Significance of Soil Microbial Biomass Estimations, 357-396". In: *Soil Biochemistry* (Eds. J.M. Bollag & G. Stotzky), Newyork, 584.pp.
- Tavares Filho, J., C.T.M., Feltran, J.F.D. Oliveira & A.E.D. Almeida, 2012. Modelling of soil penetration resistance for an oxisol under no-tillage. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36: 89-95.
- TMO, 2017. 2016 Yılı Fındık Sektör Raporu. 31 s.
- To, J. & B.D. Kay, 2005. Variation in penetrometer resistance with soil properties: the contribution of effective stress and implications for pedotransfer functions. *Geoderma*, 126: 261-276. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.08.006>.
- Tüzüner, A., 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. Köy Hizmetleri Genel Müd. Yay., Ankara, 375 s.
- Ünsal, T. & S.S. Ok, 2001. Description of characteristics of humic substances from different west materials. *Bioresource Technology*, 78: 294-242. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00019-0](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00019-0).
- Vaz, C.M.P., J.M. Manieri, I.C., de Maria & M. Tuller, 2011. Modeling and correction of soil penetration resistance for varying soil water content. *Geoderma*, 166: 92-101. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.07.016>.
- Vaz, C.M.P., J.M. Manieri, I.C. de Maria & M.Th. van Genuchten, 2013. Scaling the dependency of soil penetration resistance on water content and bulk density of different soils. *Soil Science Society of America Journal*, 77: 1488. <https://doi.org/10.2136/sssaj2013.01.0016>.
- Wardle, D.A. & A. Ghani, 1995. A critique of the microbial metabolic quotient (qCO<sub>2</sub>) as a bioindicator of disturbance and ecosystem development. *Soil Biology and Biochemistry*, 27: 1601-1610. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(95\)00093-T](https://doi.org/10.1016/0038-0717(95)00093-T).
- Yursever, N., 1984. Deneysel İstatistik Metotları. Toprak ve Gübre Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No: 121, Ankara, 623 s.

## Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (3): 451-464

<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1258084>

Ruziye KARAMAN <sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup> Isparta Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 32260, Merkez, Isparta, Türkiye

\* Sorumlu yazar (Corresponding author):

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

# Fasulye genotiplerinde çok değişkenli istatistiksel yöntemler ile tohum fiziksel özelliklerinin karakterizasyonu

Characterization of seed physical properties of bean genotypes by multivariate statistical methods

**Alınış:** (Received):02.03.2023

**Kabul Tarihi** (Accepted): 04.09.2023

## ÖZ

**Amaç:** Tohumların hasat, harman, işlenmesi, sınıflandırılması ve depolanmasında tohumun fiziksel özellikleri büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle çalışmada farklı büyüklük ve renkteki fasulye genotiplerinin fiziksel özellikleri kullanarak çok değişkenli istatistik yöntemleri ile karakterizasyonun yapılması amaçlanmıştır.

**Materyal ve Yöntem:** Çalışma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri bölümü laboratuvarlarında 2021 yılında kurulmuştur. Araştırmada fiziksel özellik olarak tohumların uzunluğu, genişliği, kalınlığı, en-boy oranı, parlaklık (L\*) değeri, aritmetik ortalama çapı, geometrik ortalama çapı, basıklığı, küreselliği, tohum hacmi, yığın hacim ağırlığı, gerçek hacim ağırlığı, porozite ve yüzey alanı özellikleri incelenmiştir. Çalışmada elde edilen veriler doğrultusunda korelasyon, temel bileşen analizi ve kümeleme ısı haritaları belirlenmiştir.

**Araştırma Bulgular:** Çalışma sonucunda fiziksel özellikler yönünden genel olarak Bolu'dan temin edilen G10 genotipi ön plana çıkmıştır. Korelasyon analizi sonucu genel olarak tohum uzunluğu, genişliği ve kalınlığı, aritmetik ortalama çap, geometrik ortalama çap ve tohum hacmi özellikleri arasında pozitif ilişki olduğu belirlenmiştir. TBA sonucunda incelenen özellikler ile ilgili olarak birbirinden bağımsız 3 tane temel bileşen ekseninde elde edilmiştir. Elde edilen eksenlerin toplam varyasyonun %91.7'sini oluşturmaktadır. Kümeleme analizine göre ise, genotipler dört gruba, incelenen özellikler ise üç gruba ayrılmıştır.

**Sonuç:** Yapılan bu çok değişkenli analizlerin sonucunda belirlenen özelliklerin fasulye genetik materyalleri üzerine ilahçılara pratik anlamda fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

## ABSTRACT

**Objective:** The physical characteristics of seeds are of great importance in harvesting, threshing, processing, classification and storage of seeds. For this reason, the aim of this study was to characterize the bean genotypes of different sizes and colors by using physical properties with multivariate statistical methods.

**Material and Methods:** The study was carried out in the laboratories of Field Crops Department, Agriculture Faculty, Isparta University of Applied Science in 2021. In the study, the physical properties of seeds such as length, width, thickness, aspect ratio, brightness (L\*) value, arithmetic mean diameter, geometric mean diameter, kurtosis, sphericity, volume, bulk volume weight, true volume weight, porosity, and surface area were analyzed. It was determined by correlation, principal component analyses and cluster heat maps in accordance with the data obtained in the study.

**Results:** As a result of the study, the G10 genotype obtained from Bolu, which has white seed color in terms of physical properties, came to the fore. As a result of correlation analysis, it was determined that there was a positive relationship between seed length, width and thickness, arithmetic mean diameter, geometric mean diameter, and seed volume. As a result of PCA, 3 independent principal component axes were obtained for traits. Obtained axes accounted for 91.7% of the cumulative variation. According to the clustering analysis, the genotypes were divided into four groups and the traits were divided into three groups.

**Conclusion:** The traits determined as a result of these multivariate analyses are thought to be of practical benefit to breeders on bean genetic materials.

**Anahtar sözcükler:** Fasulye, karakterizasyon, korelasyon analizi, kümeleme ısı haritası, temel bileşen analizi

**Keywords:** Bean, characterization, correlation analyze, cluster heat map, PCA



## GİRİŞ

Türkiye’de fasulye genetik çeşitliliği oldukça yüksektir (Elkoca vd., 2010; Çancı vd., 2019). Türkiye’deki çeşitli ekolojik koşullar, fasulye genotipleri üzerine etki etmiş ve bu süreç içerisinde birbirinden farklı yerel fasulye genotip/ ekotipleri oluşmasına sebep olmuştur (Soydaş vd., 2021). Nitekim, ülkemizde kuru fasulye üzerinde farklı araştırmacılar tarafından fenolojik, morfolojik ve agronomik açıdan genotiplere ait karakterizasyon yapılmış ve varyasyonlar ayrıntılı olarak ortaya konulmuştur (Ülker & Ceyhan, 2008; Bıyıklı vd., 2015; Sözen vd., 2014a, b; Çancı vd., 2019; Yeken vd., 2019; Soydaş vd., 2021). Ancak bu araştırmalarda kuru fasulye genotiplerinin fiziksel özellikleri üzerine istatistiki analizler ile detaylı incelemeler yapılmamıştır. Tarımsal ürünlerin ekim ve dikiminde, sınıflandırılmasında, hasat ve harmanında, işlenmesinde, depolanmasında, iletimi ve taşınmasında fiziksel özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir (Özlü & Güner, 2016). Bu tür temel bilgiler sadece mühendisler için değil, aynı zamanda gıda bilimcileri, gıda endüstrisi, bitki yetiştiricileri ve yeni kullanım alanları bulabilecek diğer bilim insanları için de önemlidir (Mohsenin, 1986). Gıdacılar için, tohum fiziksel özelliklerinin bilinmesi bu tohumlardan elde edilecek ürünlerin renk, kalite, yoğunluk vb. pek çok özelliği etkileyeceği için önem arz etmektedir. Tohumların şekil ve boyut (fiziksel) özellikleri, çıkış ve çıkış sonrası oluşan bitkinin gelişiminde büyük önem taşımaktadır (Dumanoğlu vd., 2019). Kara & Akman (2007), buğdayda iri tohumların daha derine ekilse bile çıkış ve gelişim performanslarının daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Bunlara ek olarak tohum boyutu hem çimlenme hem de çimlenme sonrası gelişen bitkilerin çoğu zaman sağlığı ve gelişimine de direkt etki etmektedir (Pollock & Ross, 1972; Salisbury & Ross, 1992). Özellikle kültüre alınan bitkilerin geniş alanlara makineli ekimlerinde uygun ekici düzeni tercih edilmesi açısından da tohumlara ait bu bilgiler önem taşımaktadır (Dumanoğlu & Çakmak, 2017). Bunların dışında, tohumların temizlenmesi, paketlenmesi ya da depolanması gibi ürün işleme basamaklarında da bu veriler değerlendirilmektedir (Dumanoğlu & Çakmak, 2019b; Dumanoğlu vd., 2019). Tohumlar sadece yapılarına göre değil farklı yüzey özellikleri de göstermektedir. Şekil ve boyutları belirlenen tohumların ayrıca yüzey alanlarına bakılmasının bir nedeni de bu durumdur (Dumanoğlu & Çakmak, 2019a). Ayrıca üniform bir ekim ve tarımsal işlemlerin kolaylıkla yapılabilmesi için tohumlara ait küresellik değeri de belirlenmektedir. Bu belirlenen değerler ışığında, özellikle üreticinin mevcut kullandıkları makineler ile bu tohumları ekim işlemlerini gerçekleştirmelerine ya da eksiklerin giderilmesi veya kullanılmayan ekici düzenlerin değerlendirilerek hedeflenen seviyede ürünün elde edilmesi açısından önem arz etmektedir (Dumanoğlu vd., 2019).

Çoklu değişkenli analiz yöntemleri [cluster ve temel bileşen analizi (TBA) vb.], oluşan varyasyonun ortaya çıkarılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Tan, 2005). Cluster (kümeleme) ve TBA genotiplerin çeşitliliğini ve genotipler arasındaki varyasyonun belirlenmesinde yardımcı olmaktadır. Temel bileşen analizi, çok sayıda değişkeni maksimum bilgi ile en az değişkene indirgeme yeteneğine sahiptir. Kümeleme analizi, genetik benzerliğe dayalı olarak arzu edilen özellikler için genotiplerini sınıflandırılmasında kullanılmaktadır (Ahmad et al., 2014). Isı haritaları ise, kümeleme analizinin sonucunu görselleştirmenin bir yolu olup, bir dizi olası durumdaki verilerin benzerlik ve farklılıkları sezgisel olarak görünmesini sağlamaktadır (Kellom & Raymond, 2016). Ayrıca, ıslah programlarında ebeveyn seçiminde (Ahmad et al., 2014), genotipler arasında benzerlik ve farklılıklarının ortaya çıkmasında çoklu değişkenli analiz yöntemleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Sözen vd., 2014b; Karaman & Türkay, 2022).

Bu çalışmada amaç, (i) ülkemizin farklı bölgelerinden temin edilen fasulye genotiplerinin tohum fiziksel özelliklerinin belirlenmesi, (ii) çoklu değişkenli analiz yöntemleri kullanarak fasulye genotipleri arasındaki genetik değişkenliği gözlemlemek ve böylece fasulye genotiplerinin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi için istenen özellik gruplarına sahip genotiplerin seçilebilmesini sağlamaktır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmada, iki adet Yunus-90 ve Önceler-98 fasulye çeşitleri ile Türkiye ve yurt dışından (Bosnahersek, İran, Kırgızistan, Özbekistan ve Sudan) temin edilen 20 adet farklı tip, boyut ve renkteki

fasulye genotipi tohum materyali oluşturmuştur (Çizelge 1; Şekil 1). Fasulye genotipleri Türk Standartları Enstitüsünde belirtilen (TSE 141) tane tiplerine göre (Barbunya, Tombul, Şeker, Dermason, Bomba, Selanik, Horoz, Çalı, Sıra ve Battal) sınıflandırılmıştır. Temin edilen fasulye tipleri Türk Standartları Enstitüsüne göre 7 tanesi Barbunya tipi, 3 tanesi Şeker tipi, 3 tanesi Dermason tipi, 3 tanesi Horoz tipi, 1 tanesi bomba tipi, 2 tanesi Selanik tipi, 1 tanesi battal tipi, 1 tanesi tombul tipi ve 1 tanesi de Çalı tipinde olduğu belirlenmiştir. Araştırmanın tohum materyalleri Isparta iklim şartlarında 2021 yılında kurulan ve geleneksel bakım işlemleri yapılmış fasulye denemesinden temin edilmiştir.

**Çizelge 1.** Araştırmada kullanılan materyallerin temin yerleri, tipleri ve tane renkleri

**Table 1.** Procurement locations, types and seed colors of the materials used in the research

Genotip	Temin yeri	TSE'ye göre tane tipi	Tane rengi	
			1. renk	2. renk
G 1	Bosnahersek	Barbunya	Açık kahverengi	Bordo (leke)
G 2	Bosnahersek	Tombul	Sarı	-
G 3	Bosnahersek	Şeker	Siyah	-
G 4	İran	Barbunya	Açık kahverengi	Bordo (leke)
G 5	Kırgızistan	Barbunya	Beyaz	Hilum ve birleşme kısımları kırmızı
G 6	Kırgızistan	Dermason	Kırmızı	-
G 7	Kırgızistan	Barbunya	Açık kahverengi	Bordo (leke)
G 8	Özbekistan/Taşkentcity	Barbunya	Bordo	Açık kahverengi (leke)
G 9	Sudan/Geneina	Barbunya	Bordo	Açık kahverengi (leke)
G 10	Bolu	Bomba	Beyaz	-
G 11	Konya	Şeker	Beyaz	-
G 12	Mersin	Selanik	Siyah	-
G 13	Mersin	Dermason	Beyaz	-
G 14	Mersin	Horoz	Beyaz	Hilum ve birleşme kısımları siyah
G 15	Mersin/Mut	Battal	Mor	-
G 16	Mersin/Mut	Dermason	Bordo	-
G 17	Mersin/Mut	Selanik	Beyaz	-
G 18	Isparta	Çalı	Koyu mor/siyah	-
G 19	Isparta	Horoz	Beyaz	-
G 20	Isparta	Şeker	Sarı	-
Önceler-98	Isparta	Barbunya	Açık kahverengi	Bordo (leke)
Yunus90	Isparta	Horoz	Beyaz	-

Her gruptan tesadüfi olarak seçilen 100'er adet fasulye tohumlarına ait uzunluk (TU; mm), genişlik (TG; mm) ve kalınlık (TK; mm) değerleri 0.01 mm hassasiyetindeki dijital kumpas kullanılarak belirlenmiştir. Aritmetik ortalama çap (AOÇ; mm), geometrik ortalama çap (GOÇ; mm), ve küresellik değerleri (K) Eşitlik 1-2 kullanılarak hesaplanmıştır (Karaj & Müller, 2010; Alibas & Koksall, 2015).

$$AOÇ = \frac{TU+TG+TK}{3} \quad (1)$$

$$GOÇ = (TU \times TG \times TK)^{1/3} \quad K = \frac{GOÇ}{TU} \times 100 \quad (2)$$

Çalışmada kullanılan tohumların yüzey alanı (YA; mm<sup>2</sup>) ve hacim (H; mm<sup>3</sup>) özellikleri aşağıda verilen 3 ve 4 nolu Eşitlikler kullanılarak belirlenmiştir (Baryeh & Mangope, 2002; Ünal vd., 2008). Fasulye tohumlarının en boy oranı (EBO) (Kobuk vd., 2019) ve basıklık (Özlü & Güner, 2016) değerlerinin hesaplanmasında 5 ve 6 nolu Eşitlikler kullanılmıştır.

$$YA = \pi (GOÇ^2) \quad (3)$$

$$H = \pi (B^2TU^2)/6 (2TU - B) \quad B = (TG \times TU)^{1/2} \quad (4)$$

$$EBO = TG/TU \quad (5)$$

$$Basıklık = 1 - TG/TU \quad (6)$$

Fasulye tohumlarının yığın hacim ağırlığının (YHA) belirlenmesinde (kg m<sup>-3</sup>), hektolitreye yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde hektolitreye kabına örnekler tepeleme doldurulmuş ve kabın içindeki örnek ağırlığı ve kabın hacmine oranlanmasıyla belirlenmiştir. Gerçek hacim ağırlığının belirlenmesinde ise sıvı yer değiştirme yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde, sıvı taşıma hacmi ve örnek ağırlığının oranlanmasıyla gerçek hacim ağırlığı (GHA; kg m<sup>-3</sup>) belirlenmiştir (Mohsenin, 1980). Porozitenin (P; %) belirlenmesinde 7 no'lu Eşitlikten yararlanılmıştır (Mohsenin, 1970).

$$P = (1 - (YHA / GHA)) * 100 \quad (7)$$

Fasulye genotiplerinin tohum kabuğu renginin ölçümleri için renk ölçüm cihazı (Konica MINOLTA marka CR-400 Chroma Meter) kullanılmıştır. Renk ölçümlerinden hemen önce kalibrasyon plakası ile cihazın kalibrasyonu yapılmıştır. Ölçümler sonucunda tohum kabuğu renginin parlaklığını ifadesi olan L\* değeri CIE L\* cinsinden belirlenmiştir (Erbaş & Koyuncu, 2016).

Araştırmada, fasulye genotiplerinin tohumları tesadüf parselleri deneme parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olacak şekilde fiziksel özellikleri incelenmiş; elde edilen veriler Minitab 17 paket programı kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada elde edilen verilere, tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) ile genotiplerin arasında gözlemlenen farklılık  $P < 0.05$  seviyesinde belirlenmiş, ortalamalar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Çok değişkenli analiz yöntemlerinden olan TBA ve hiyerarşik kümeleme analizinde ısı haritası R paket programı kullanılarak yapılmıştır. TBA'nde değişkenlerin bileşen haritasında bulunan temsil kalitesini ve toplam katkısını belirleme amacıyla cos2 (kosinus kare, kare koordinatlar) görüntülenerek belirlenmiştir TBA, Factoextra, pca3d, FactoMineR, gplots, ggplot2; ısı haritası ise cluster, gplots ve pheatmap R Studio (version 4. 2. 2) programındaki paketler kullanılarak tespit edilmiştir (Alpar, 2017).

## ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Fasulye genotiplerine ait tohumların uzunluk, genişlik ve kalınlık, en boy oranı, L\*, aritmetik ve geometrik ortalama çapına ait ortalama değerler Çizelge 2'de; basıklık, küresellik, hacim, yığın hacim ağırlığı, gerçek hacim ağırlığı, porozite ve yüzey alanı özelliklerine ilişkin ortalama değerler ise Çizelge 3'te verilmiştir. Fasulye genotiplerinin tohum uzunluğu en yüksek 17.52 mm ile G13 genotipinde belirlenmiş olup, G6 (17.38 mm), G10 (17.32 mm), G7 (17.32 mm) genotipleri ve Yunus90 çeşidi (17.05 mm) ile G13 genotipiyle aynı istatistiksel grupta yer almıştır. En kısa tohum uzunluğu ise 10.88 mm ile G11 genotipinde saptanırken ve G3 (11.66 mm) ile G12 (11.72 mm) genotipleri ile aralarında istatistiksel olarak fark oluşmamıştır. Fasulye genotiplerinin tohum genişliği 6.62-11.67 mm arasında değişmiştir. En yüksek tohum eni G10 genotipinde, en düşük ise G12 ve G2 (6.67 mm) genotiplerinde belirlenmiştir. Diğer taraftan en yüksek tohum kalınlığı 7.37 mm ile G10 genotipinde tespit edilmiştir. G10 genotipi ile G5 (7.33 mm), G14 (7.03 mm), G11 (6.68 mm) genotipleri ve Önceler-98 çeşidi (6.80 mm) aynı istatistiksel grupta yer almışlardır. En düşük tohum kalınlığı ise 5.06 mm ile G2 ve G16 genotiplerinde belirlenmiştir. Fasulye genotiplerinin en-boy oranı, 0.46-0.75 arasında değişim göstermiştir. En yüksek en-boy oranı sırasıyla G18, G11 ve G3 genotiplerinde; en düşük en boy oranı ise Yunus-90 çeşidinde saptanmıştır. Tohumların parlaklığının ifadesi olan L\* değeri 82.76 ile G10 genotipinde en yüksek, 12.67 ile G12 genotipinde en düşük değerleri almıştır. Tohumların boyut özelliklerinden hesaplanan aritmetik ve geometrik ortalama çap değerleri sırasıyla 7.82-12.12; 7.35-11.42 mm arasında değişmiş olup, en yüksek aritmetik ve geometrik ortalama çap G10 genotipinde, en düşük ise G12 genotipinde tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Tohumların fiziksel boyutları (uzunluk, genişlik ve kalınlık) sınıflandırma, ayırma, eleme ve hasat sonrası işlemlerde oldukça önemlidir (Dahiya et al., 2015). Tohum büyüklüğü yetiştirme koşullarından, olgunluk derecesinden ve bakladaki durumuna göre etkilenmektedir. Ayrıca farklı abiyotik koşullarda da (düşük nem ve yüksek sıcaklıklar) tohum büyüklüğü varyasyon gösterebilmektedir. İstisnai olarak küçük tohum boyutuna sahip tohumlar işleme performansını düşürmektedir (örneğin, hidrasyon ve şişme kapasitesinde azalma). Bu nedenle, ticari olarak daha küçük tohumları ayıklamak ve partinin homojenliğini artırmak için sınıflandırılmaktadır (Uebersax et al., 2022). Tohumların en-boy oranı, tohumların genişliğinin

uzunlukla ilişkilendirilmesi olup, tohumun dikdörtgen bir şekle doğru bir eğilimin göstergesidir (Omobuwajo et al., 1999). Diğer taraftan kuru fasulye tohumlarında tohum rengi ve boyutunda büyük bir varyasyon mevcut olup, tüketiciler için bu iki özellik oldukça önemlidir (Aparicio-Fernandez et al., 2005). Singh et al. (1991), büyük tohumlu kuru fasulye çeşitlerinin ağırlıklı olarak And kökenli iken, Mezo-Amerikan merkezi olarak adlandırılan küçük tohumlu çeşitler Meksika ve Orta Amerika kökenli olduğunu ifade etmişlerdir. Ülkemizde ise çiftçiler kendi tohumlarını seçerek köy ekotiplerini oluşturmuşlar ve tüketiciler özellikle iri fasulye tohumlarını tercih etmektedir (Bozoğlu & Sözen, 2011). Kara vd. (2013), kuru fasulye çeşitlerinin uzunluk genişlik, kalınlık ve geometrik ortalama çap değerlerini sırasıyla 9.1-17.8 mm, 5.8-10.0 mm, 4.6-6.0 mm, 7.5-9.8 mm arasında değişim gösterdiği ifade etmişlerdir. Bozoğlu & Sözen (2011) ise Artvin ilindeki fasulye genotiplerinin tohum renginde, uzunluk (1.18-76.99 mm), genişlik (5.78-15.35 mm) ve kalınlık (0.71-9.96 mm) özelliklerinde geniş bir varyasyon olduğunu bildirmişlerdir. Diğer taraftan Wani et al. (2017), barbunya tane tipine sahip fasulye çeşitlerinin uzunluk, genişlik, kalınlık ve L\* değerini sırasıyla 11.45-13.95 mm, 7.0-7.80 mm, 4.70-6.13 mm ve 33.31-38.90 mm arasında değişim gösterdiğini belirtmişlerdir. Çalışmada elde edilen sonuçlar önceki çalışmalar ile uyum içeresindedir.

**Çizelge 2.** Fasulye genotiplerine ait tohumların uzunluk, genişlik, kalınlık, en-boy oranı, L\* değeri, aritmetik ortalama çap ve geometrik ortalama çapına ilişkin ortalama değerler

**Table 2.** Mean values of length, width, thickness, aspect ratio, L\* value, arithmetic mean diameter and geometric mean diameter of bean genotypes

Genotipler	Tohum Uzunluğu	Tohum Genişliği	Tohum Kalınlığı	En Boy Oranı	L*	AOÇ	GOÇ <sup>1</sup>
G 1	13.94 d-g	8.17 f-j	6.33 c-g	0.59 f-j	53.45 hı	9.47 e-g	8.97 f-ı
G 2	13.14 gh	6.67 k	5.06 j	0.51 j-m	67.90 f	8.29 kl	7.63 kl
G 3	11.66 ı	8.22 e-h	6.28 c-h	0.71 a-c	15.63 no	8.72 ı-k	8.44 ij
G 4	13.73 e-g	8.35 f-ı	6.60 b-f	0.61 ef	51.00 ı	9.56 ef	9.11 e-h
G 5	14.79 d	9.67 b-d	7.33 ab	0.65 c-e	76.80 b	10.60 b-d	10.16 b
G 6	17.38 a	8.29 f-ı	5.92 e-h	0.48 lm	21.87 m	10.53 b-d	9.48 c-f
G 7	16.94 ab	8.64 d-f	6.56 c-g	0.51 j-m	62.70 g	10.71 bc	9.86 b-d
G 8	15.74 c	8.89 d-f	5.80 g-j	0.56 f-j	32.66 k	10.14 cd	9.32 d-g
G 9	13.44 gh	7.72 h-j	6.14 d-h	0.57 f-ı	33.45 k	9.10 f-ı	8.61 h-j
G 10	17.32 a	11.67 a	7.37 a	0.67 b-d	82.76 a	12.12 a	11.42 a
G 11	10.88 ı	7.88 g-j	6.68 a-e	0.72 ab	72.24 de	8.48 jk	8.30 j
G 12	11.72 ı	6.62 k	5.12 ij	0.56 f-j	12.67 o	7.82 l	7.35 l
G 13	17.52 a	9.28 c-e	5.89 f-ı	0.53 h-l	72.64 cd	10.89 b	9.85 b-d
G 14	16.12 bc	8.45 f-h	7.03 a-c	0.52 ı-l	72.42 d	10.53 b-d	9.86 b-d
G 15	14.50 d-f	7.62 ij	6.06 d-h	0.52 ı-l	16.66 n	9.39 de	8.75 g-j
G 16	14.80 d	7.37 j-k	5.06 j	0.50 k-m	28.03 l	9.08 f-ı	8.20 jk
G 17	13.58 f-h	7.40 jk	5.54 h-j	0.54 g-k	68.97 ef	8.84 h-k	8.22 jk
G 18	13.50 gh	10.16 b	6.43 c-g	0.75 a	22.91 m	10.03 cd	9.59 b-e
G 19	13.08 gh	7.87 g-j	6.21 d-h	0.60 e-g	75.82 bc	9.05 f-j	8.61 h-j
G 20	12.74 h	7.91 g-j	6.31 c-g	0.62 d-f	46.02 j	8.98 g-j	8.59 h-j
<b>Önceler-98</b>	14.62 de	9.86 bc	6.80 a-d	0.68 b-d	54.45 h	10.42 b-d	9.93 bc
<b>Yunus90</b>	17.05 ab	7.87 g-j	6.25 d-h	0.46 m	72.34 d	10.39 b-d	9.43 c-f
<b>F değeri</b>	131.60**	62.82**	21.09**	60.04**	1458.33	94.52**	70.81**
<b>CV (%)</b>	2.06	3.06	3.94	3.15	2.11	1.90	2.11

<sup>1</sup>Aynı sütun içerisindeki birbirine benzer harfler ile gösterilen ortalamalar arasında istatistik açıdan fark bulunmamaktadır. \*\*: 0.01 düzeyinde önemlidir. AOÇ: Aritmetik Ortalama Çap; GOÇ: Geometrik Ortalama Çap

Fasulye genotiplerine ait tohumlarının küreden sapma miktarının ölçüsü olan basıklık değeri 0.25 - 0.54 arasında değişim göstermiştir. En yüksek basıklık değeri, Yunus-90 çeşidinde belirlenirken, G6 (0.52), G16 (0.50), G7 (0.49) ve G2 (0.49) genotipleri bu çeşit ile aynı istatistik grupta yer aldığı belirlenmiştir. En düşük basıklık değeri ise G18 genotipinde belirlenmiştir. Fasulye tohumlarının küreselliği en yüksek G11 genotipinde (%76.31), en düşük ise G6 (%54.53) genotipinde saptanmıştır. Fasulye tohumlarının hacimleri 23.76 (G12)-57.40 (G10) mm<sup>3</sup> arasında değişim göstermiştir (Çizelge 3). Fasulye genotiplerine ait yığın hacim ağırlığı özelliği 828.92- 846.98 kg m<sup>-3</sup> arasında değişim göstermiş, en yüksek yığın hacim ağırlığı G4

genotipinde, en düşük ise G6 genotipinde belirlenmiştir. G4 genotipi ile G1 (841.17 kg m<sup>-3</sup>) genotipi aynı istatistiki grupta yer almışlardır. Fasulye genotiplerinin gerçek hacim ağırlığı 1173.76-1268.39 kg m<sup>-3</sup>; porozite ise %27.84-34.64 arasında değişim göstermiştir. Gerçek hacim ağırlığı ve porozite özellikleri genotiplere göre benzer sonuçlar vermiştir. Nitekim en yüksek G17 genotipinde belirlenirken, bunu Yunus-90, G19, G12, G8, G20, G10, Önceler-98, G14, G15, G11 ve G18 genotipleri takip etmiştir. Her iki özellikte de G2 genotipinde en düşük değerlere sahip olmuştur. Yüzey alanı özelliği incelendiğinde ise, 169.66 (G11) - 409.58 (G10) mm<sup>2</sup> arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 3).

**Çizelge 3.** Fasulye genotiplerine ait tohumların basıklık, küresellik, hacim, yığın hacim ağırlığı, gerçek hacim ağırlığı, porozite ve yüzey alanına ait değerler

**Table 3.** Mean values of kurtosis, sphericity, volume, bulk volume weight, true volume weight, porosity and surface area of seeds of bean genotypes

Genotipler	Basıklık	Küresellik	Hacim	Yığın Hacim Ağırlığı	Gerçek Hacim Ağırlığı	Porozite	Yüzey Alanı <sup>1</sup>
G 1	0.41 f-h	64.34 e-h	35.34 f-ı	841.17 ab	1204.22 de	30.14 e	252.36 f-ı
G 2	0.49 a-d	58.04 k-n	25.68 kl	832.45 de	1173.76 e	27.84 f	182.87 kl
G 3	0.30 k-m	72.37 b	31.66 ij	832.28 de	1207.45 d	30.39 de	223.73 ij
G 4	0.39 hı	66.35 d-g	36.5 e-h	846.98 a	1230.93 b-d	32.08 b-e	260.74 e-h
G 5	0.35 ı-k	68.69 cd	45.54 b	833.58 c-e	1233.67 b-d	32.27 b-e	323.98 b
G 6	0.52 ab	54.53 n	39.90 c-f	828.92 e	1234.71 b-d	32.34 b-d	282.31 c-f
G 7	0.49 a-d	58.23 k-m	42.87 b-d	831.60 de	1231.17 b-d	32.09 b-e	305.34 b-d
G 8	0.44 d-h	59.20 j-l	38.28 d-g	840.55 b	1251.95 ab	33.54 ab	272.87 d-g
G 9	0.43 e-h	64.03 f-ı	32.57 h-j	833.10 c-e	1224.19 b-d	31.60 b-e	232.62 h-j
G 10	0.33 j-l	65.96 d-g	57.40 a	836.07 b-d	1250.10 ab	33.41 ab	409.58 a
G 11	0.28 lm	76.31 a	30.98 ij	835.35 b-d	1243.97 a-c	32.99 a-c	216.47 jk
G 12	0.44 d-h	62.75 g-j	23.76 l	835.54 b-d	1253.23 ab	33.62 ab	169.66 l
G 13	0.47 b-f	56.24 l-n	42.94 b-d	836.02 b-d	1218.29 cd	31.17 c-e	304.89 b-d
G 14	0.48 b-e	61.15 h-k	42.71 b-d	832.06 de	1249.16 ab	33.33 ab	304.89 b-d
G 15	0.47 b-e	60.37 jk	33.66 g-j	832.41 de	1246.47 a-c	33.16 a-c	240.16 g-j
G 16	0.50 a-c	55.44 mn	29.81 jk	833.70 c-e	1228.62 b-d	31.91 b-e	211.38 jk
G 17	0.46 c-g	60.56 ı-k	29.75 jk	831.66 de	1268.39 a	34.64 a	212.33 jk
G 18	0.25 m	71.01 bc	40.77 b-e	837.36 b-d	1243.33 a-c	32.94 a-c	288.89 c-e
G 19	0.40 g-ı	65.86 d-g	32.63 h-j	838.48 bc	1254.02 ab	33.68 ab	232.83 h-j
G 20	0.38 h-j	67.47 c-f	32.56 h-j	836.51 b-d	1250.78 ab	33.46 ab	231.89 h-j
<b>Önceler-98</b>	0.33 j-l	67.93 c-e	43.48 bc	831.81 de	1249.88 ab	33.40 ab	309.51 bc
<b>Yunus-90</b>	0.54 a	55.29 mn	39.39 c-f	832.59 de	1254.36 ab	33.70 ab	279.21 c-f
<b>F değeri</b>	60.04**	77.98**	71.48**	14.00**	14.05**	14.96**	71.53**
<b>CV (%)</b>	4.46	1.85	4.23	0.23	0.80	2.11	4.24

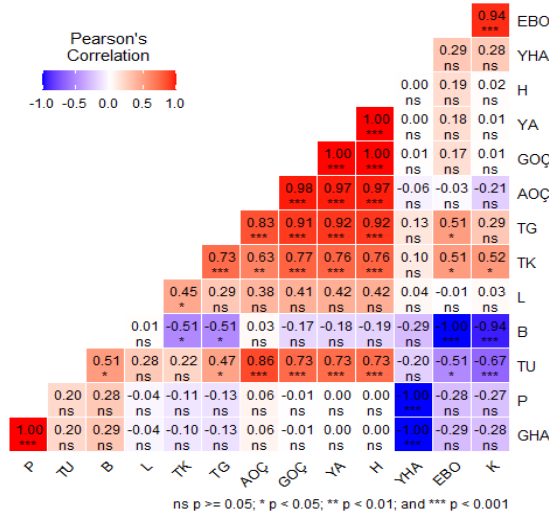
<sup>1</sup>Aynı sütun içerisindeki birbirine benzer harfler ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiki açıdan fark bulunmamaktadır. \*\*:0.01 düzeyinde önemlidir

Fasulye tohumlarının fiziksel özelliklerinin bilinmesi ayırma, toplama, sınıflandırma ve öğütme makinelerinin dizaynında kullanılmaktadır. Ayrıca bu özelliklerin yanında basıklık, küresellik, hacim, yüzey alanı, porozite, yığın ve gerçek hacim ağırlıklarının bilinmesi özellikle depolama yapılarının tasarımında kullanılmaktadır. Yığın hacim ağırlığı, bir malzemenin yığın halinde paketlenildiğinde veya istiflendiğinde sahip olduğu yoğunluktur; gerçek hacim ağırlığı ise açık ve kapalı gözeneklerin hacmi hariç katı malzemenin yoğunluğunu ifade etmektedir. Bir malzemenin yığın ve gerçek hacim ağırlıkları, yoğunluğuna ve malzemenin geometrik özelliklerine, boyutuna ve yüzey özelliklerine bağlıdır (Rahman, 2005). Porozite ve yüzey alanı ise yığın halindeki malzemenin hava akımına karşı direncinde etkili olmakta ve bu özellikler kurutma işlemlerinde oldukça önemlidir (Dash et al., 2008; Çekim & Özarslan, 2020). Diğer taraftan birçok araştırmacı (Berber, 2007; Çekim & Özarslan, 2020) yığın hacim ağırlığı özelliğinde tohumlar arasında bulunan hava boşlukları sebebiyle, yığın hacim ağırlığı gerçek hacim ağırlığına nazaran daha düşük değerler aldığını ifade etmişlerdir. Wani et al. (2017), barbunya tipine sahip fasulye çeşitlerinin küresellik, yüzey alanı, porozite, yığın ve gerçek hacim ağırlıklarını sırasıyla %52.13-63.08, 137.84-224.18 mm<sup>2</sup>, %33.6-37.5, 780-810 kg m<sup>-3</sup> ve 1220-1270 kg m<sup>-3</sup> arasında değişim gösterdiğini ifade etmişlerdir. Kara vd. (2013), ülkemizdeki on iki farklı fasulye çeşidinin küreselliğini %58.7-70.0, yüzey alanını 128-301 mm<sup>2</sup>,

gerçek hacim ağırlığını 1292-1317 kg m<sup>-3</sup> arasında gösterdiğini bildirmişlerdir. Çetin (2007), fasulye tohumlarının (barbunya tipi) nem seviyesinin yükselmesiyle birlikte küresellik (%63.2-64.4), porozite (%47.85-48.56), yığın (579.29-639.24 kg m<sup>-3</sup>) ve gerçek (1225.68-1126.15 kg m<sup>-3</sup>) hacim ağırlıklarında arttığını bildirmiştir. Yapılan bu çalışmalar doğrultusunda fasulye tohumlarının basıklık, küresellik, hacim, yüzey alanı, porozite, yığın ve gerçek hacim ağırlığı özellikleri nem içeriğine, tane büyüklüğüne, yetiştirildiği çevre şartlarına ve çeşit veya genotiplerin genetik yapısına göre değişiklik gösterebilmektedir.

### Korelasyon analizi

Araştırmada, fasulye genotiplerinde 14 özellik incelenmiş ve bu özelliklerin birbirleriyle olan ilişkisine ait korelasyon katsayıları Şekil 1’de gösterilmiştir. Korelasyon analizi, iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi, bu ilişkinin yönünü ve derecesinin belirlenmesinde kullanılan bir istatistiksel analiz yöntemidir. Nitekim, gerçek hacim ağırlığı x porozite (GHxP), tohum genişliği x hacim (TGxH), tohum genişliği x yüzey alanı (TGxYA), tohum genişliği x geometrik ortalama çap (TGxGOÇ), aritmetik ortalama çap x hacim (AOÇxH), aritmetik ortalama çap x yüzey alanı (AOÇxYA), aritmetik ortalama çap x geometrik ortalama çap (AOÇxGOÇ), geometrik ortalama çap x hacim (GOÇxH), geometrik ortalama çap x yüzey alanı (GOÇxYA), yüzey alanı x hacim (YAxH), en-boy oranı x küresellik (EBOxK) özellikleri arasında pozitif yönde ve çok yüksek bir korelasyon ( $r=0.90-1.00^{***}$ ) olduğu belirlenmiştir. Tohum uzunluğu x hacim (TUxH), tohum uzunluğu x yüzey alanı (TUxYA), tohum uzunluğu x geometrik ortalama çap (TUxGOÇ), tohum uzunluğu x aritmetik ortalama çap (TUxAOÇ), tohum kalınlığı x hacim (TKxH), tohum kalınlığı x yüzey alanı (TKxYA), tohum kalınlığı x geometrik ortalama çap (TKxGOÇ), tohum kalınlığı x tohum genişliği (TKxTG) ve tohum genişliği x aritmetik ortalama çap (TGxAOÇ) özellikleri arasında yüksek düzeyde pozitif bir korelasyon ( $r=0.70-0.89^{***}$ ) tespit edilmiştir. Tohum uzunluğu x tohum genişliği (TUxTG), tohum uzunluğu x basıklık (TUxB), tohum parlaklığı x tohum kalınlığı (LxTK), tohum kalınlığı x küresellik (TKxK), tohum kalınlığı x en-boy oranı (TKxEBO) ve tohum genişliği x en-boy oranı (TGxEBO) özellikleri arasında orta düzeyde pozitif korelasyon ( $r=0.50-0.69^*$ ) bulunmuştur. Diğer taraftan, geometrik ortalama çap x yığın hacim ağırlığı (GHxYHA), porozite x yığın hacim ağırlığı (PxYHA), basıklık x küresellik (BxK) ve basıklık x en-boy oranı (BxEBO) özellikleri arasında negatif yönde oldukça yüksek bir korelasyon ( $r=-0.90-1.00^{***}$ ) olduğu saptanmıştır. Tohum uzunluğu x küresellik (TUxK), tohum uzunluğu x en-boy oranı (TUxEBO), basıklık x tohum genişliği (BxTG) ve basıklık x tohum kalınlığı (BxTK) özellikleri arasında orta düzeyde negatif bir korelasyon ( $r=-0.70-0.89^{i***}$ ) tespit edilmiştir (Şekil 1).



TG:Tohum genişliği, TU:Tohum uzunluğu, TK:Tohum kalınlığı, EBO:En-boy oranı, L: L\* değeri, AOÇ: Aritmetik ortalama çap, GOÇ:Geometrik ortalama çap, B:Basıklık, K:Küresellik, H:Hacim, YHA:Yığın hacim ağırlığı, GH: Gerçek hacim ağırlığı, P: Porozite, YA:Yüzey alanı

Şekil 1. Fasulye genotiplerinde ele alınan özellikler arasındaki korelasyon katsayıları (r).

Figure 1. Correlation coefficients (r) between the traits analyzed in bean genotypes.

Genel olarak tohum uzunluğu, genişliği ve kalınlığı, aritmetik ortalama çap, geometrik ortalama çap ve tohum hacmi özellikleri arasında pozitif ilişki olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, bu özellikler tohumun diğer özellikleri ile negatif veya pozitif yönde düşük korelasyon göstermiş ya da hiç göstermemiştir. De Oliveira et al. (2021), soya fasulyesi tohumlarının uzunluk, genişlik, kalınlığı ile tohum hacmi arasında pozitif yönde yüksek korelasyon; yığın hacim ağırlığı ile tohum hacmi arasında ise negatif yönde orta düzeyde ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Kara et al. (2013), fasulye çeşitlerinin boyut ve şekil analizlerini incelemişler ve yaptıkları analiz sonucunda tohum şekli ile tohum genişliği ve tohum uzunluğu arasında pozitif korelasyon olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacıların çalışmalarındaki bulgulara benzer olarak, yapılan bu çalışmada boyut özellikleri (uzunluk, genişlik, kalınlık, hacim, yüzey alanı) arasında pozitif korelasyon olduğu belirlenmiştir.

### Temel bileşen analizi (TBA)

Fasulye genotiplerinde incelenen fiziksel özelliklerde yapılan TBA sonucunda toplam çoklu varyasyon %91.7 olarak belirlenmiştir. Temel bileşen analizindeki özdeğerinin 1'den büyük olması, analizdeki temel bileşen ağırlıklarının güvenilir olmasını ifade etmektedir (Mohammadi & Prasanna, 2003) Bununla birlikte çalışmada özdeğeri 1'den küçük değerler alan faktörler göz ardı edilmiştir (Dunteman, 1989). Çalışmada da 3 temel bileşenin özdeğeri 1'den büyük olduğu belirlenmiştir. Temel bileşen analizinde ilk üç ana bileşen için öz değerleri 2.31 ile 6.18 arasında değişmektedir. Bu üç ana bileşen için belirlenen özellikler genotiplerin sınıflandırılmasında temel olabilecek özellikler olarak ortaya çıkmaktadır. Temel bileşen analizi incelendiğinde, 14 ana bileşenden 3 tanesi toplam değişkenliğin %91.7'sini açıklamaktadır. Bu bilgiler doğrultusunda, çalışmada toplam varyasyonun %44.2'sini oluşturan birinci temel bileşende (TB1), tohum genişliği, tohum kalınlığı, aritmetik ortalama çap, hacim, geometrik ortalama çap ve yüzey alanı özelliklerinin yüksek değerler alması genotipler arasındaki farklılığı ortaya koyan en önemli özellikler olduğunu ifade etmektedir. Toplam varyasyonun %31.0'lik kısmını oluşturan ikinci temel bileşenleri (TB2), tohum uzunluğu, en-boy oranı, küresellik ve basıklık özellikleri; üçüncü temel bileşenleri (TB3) (%16.51) ise, porozite, yığın ve gerçek hacim ağırlığı özellikleri oluşturmuştur. Diğer ana bileşenlerin toplam değişkenliği açıklama oranı, azalan oranlarda devam etmektedir (Çizelge 4).

**Çizelge 4.** İncelenen fiziksel özelliklerin temel bileşen analizi

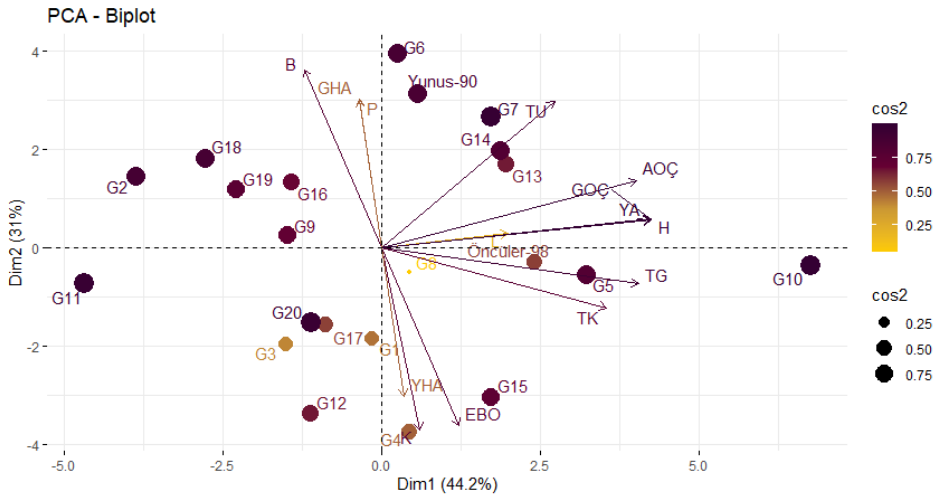
**Table 4.** Principal component analysis of the physical properties analyzed

Terimler	TB1	TB2	TB3	TB4
Öz (Eigen) değeri	6.18	4.34	2.31	0.88
Varyans (%)	44.20	31.04	16.51	6.27
Kümülatif Varyans (%)	44.20	75.9	91.70	97.97
Özellikler				
TG	0.89	0.03	0.01	0.04
TU	0.40	0.48	0.10	0.01
TK	0.68	0.08	0.05	0.04
AOC	0.87	0.10	0.01	0.01
GOC	0.98	0.02	0.00	0.00
EBO	0.08	0.70	0.19	0.01
K	0.02	0.74	0.22	0.01
B	0.08	0.70	0.19	0.01
YA	0.98	0.02	0.00	0.00
L	0.22	0.01	0.01	0.74
H	0.98	0.02	0.00	0.00
YHA	0.01	0.49	0.51	0.00
GHA	0.01	0.49	0.51	0.00
P	0.01	0.48	0.51	0.00

TG:Tohum genişliği, TU:Tohumların uzunluğu, TK:Tohum kalınlığı, EBO:En-boy oranı, L:L\* değeri, AOC:Aritmetik ortalama çapı, GOC:Geometrik ortalama çapı, B:Basıklık, K:Küresellik, H:Hacim, YHA:Yığın hacim ağırlığı, GHA:Gerçek hacim ağırlığı, P:Porozite, YA:Yüzey alanı

Ayrıca TBA sonucunda ele alınan özelliklerin ve genotiplerin dağılımı Şekil 2'de gösterilmiştir. Görünürlüğün daha iyi olması için, ele alınan özelliklerin vektörleriyle çalışmada kullanılan genotip ve çeşitler farklı panellerde verilmiştir. Cos2 terimi, belirli bir özellik için bir bileşenin önemini göstermekte ve hangi bileşen üzerinde çıkarım yapılacağını belirlemede önem arz etmektedir (Abdi & Williams, 2010; Adu vd., 2018). Bir özellik için, tüm boyutlardaki cos2 'nin toplamı 1'e eşit olup, yüksek cos2 değerine sahip olan faktörler, korelasyon çemberinin çevresine yakın olmaktadır. Bu da değişkenin temel bileşenlerde iyi bir şekilde temsil edildiğini ifade etmektedir. Ayrıca, değişken dairenin merkezine yakın olduğu durumlarda düşük bir cos2 değeri almakta ve bu durum ise, değişkenin temel bileşenlerce tam olarak temsil edilmediğini ifade etmektedir (Kassambara, 2017; Adu et al., 2018). Değişkenlerin bu durumları göz önüne alındığında ele alınan özellikler içerisinde en yüksek etki geometrik ortalama çap, hacim ve yüzey alanı özelliklerinde; en düşük etki ise parlaklık (L\*) özelliğinde gözlemlenmiştir. Ele alınan özelliklerin meydana getirdiği vektörler arası açının daralması özelliklerin yakınlığını, ilgili açının büyümesi özellikler arasındaki ilişkinin zayıflığını ifade etmektedir (Kendal et al., 2014). Bu bilgi doğrultusunda basıklık, gerçek hacim ağırlığı, porozite özellikleri ile ters yönde olan küresellik, en-boy oranı ve yığın hacim ağırlığı arasındaki açı oldukça fazladır, bu durum bu özellikler arasındaki ilişkinin zayıf olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan tohum uzunluğu ile geometrik ortalama çap, aritmetik ortalama çap, tohum parlaklığı, tohum genişliği, tohum hacmi ve tohum kalınlığı arasındaki açı dar olması belirtilen bu özelliklerin yakınlığını açıkça göstermektedir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar literatürde belirtilen ifadeleri desteklemektedir.

Fasulye çeşit ve genotiplerinin temel bileşen analizine göre dağılımları ele alındığında, en yüksek cos2 değeri ve temel bileşen merkezinden en uzakta bulunan genotiplerde G10 ve G12 (TB1 değerleri sırasıyla 0.99 ve 0.95); en düşük cos2 değeri ile temel bileşen merkezine en yakın G1 (TB1 değeri 0.00) genotipinde belirlenmiştir (Şekil 2). Çeşitler ve genotipler üzerinde etkili olan özelliklerin belirlenmesinde TBA bir araç olarak kullanılmaktadır (Sivakumar et al., 2020). Fasulye üzerine yapılan temel bileşen analizi sonucunda Yeken vd. (2019), fasulye genotipleri arasında morfolojik özelliklerde 10 tane TBA eksenini elde etmişler ve bu eksenlerin toplamı varyasyonun %68.6'sını oluşturduğunu belirlemişlerdir. Fasulyenin genetik çeşitliliği üzerine yapılan başka bir çalışmada 5 bileşenin eksenleri toplam varyasyonun %78.4'ünü ifade ettiği belirlenmiştir (Öztürk, 2018). İncelenen literatür çalışmaları arasındaki benzerlik ve farklılıkların, genotip ve çevre faktörlerinin etkilerinden kaynaklandığı ifade edilebilir. Genotip ve çeşitlerin tohum fizyolojik özellikleri üzerine yapılan TBA'lerinde çevresel faktörler ve genetik çeşitlilik oldukça önemlidir (Dias et al., 2007; Öten & Albayrak, 2018). Çalışmadan elde edilen sonuçlar literatür çalışmaları ile uyum içerisindedir. Ayrıca ileriki yıllarda, incelenen özelliklere sahip genetik materyalleri ıslahçılara pratik anlamda fayda sağlayabileceği düşünülmektedir.



Şekil 2. Temel bileşen analizi sonucunda incelenen özellikler ve genotiplerin dağılımı.

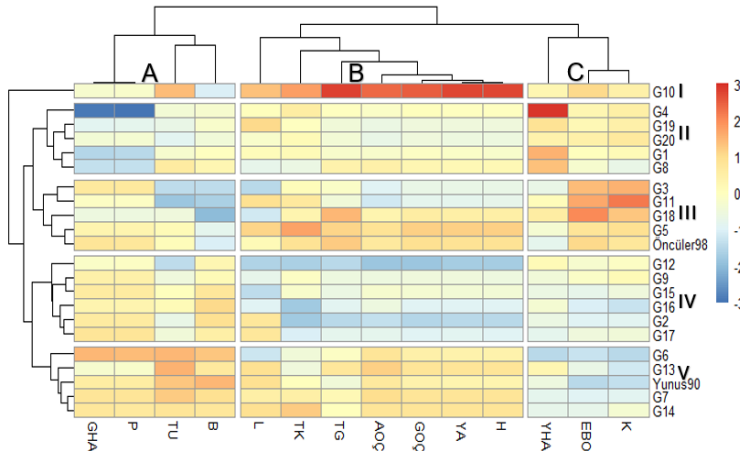
Figure 2. Distribution of traits and genotypes analyzed by principal component analysis.



### Kümeleme ısı haritası (cluster heat map)

Isı haritası, bir veri matrisinde sıra ve sütundaki verilerin hiyerarşik kümeleme yapısıyla beraber ortaya koyan iki boyutlu bir veri görselleştirme yaklaşımıdır (Wilkinson & Friendly, 2009; Barua et al., 2022). Çalışmada 2 tane tescilli ile 20 tane farklı tip, boyut ve renkteki fasulye genotipi ile incelenen 14 özelliğin kümeleme analizine göre ısı haritası Şekil 3'te gösterilmiştir. Isı haritasında iki dendrogram bulunmaktadır; biri genotipleri (satırlar), diğeri ise renk dağılımını tetikleyen özellikleri (sütunları) yansıtmaktadır (Barua et al., 2022). Kümeleme analizi sonucunda oluşan dendrogramda, incelenen özelliklere bağlı olarak genotipler dört gruba ayrılmıştır. Ayrılan bu gruplarda 6 tane genotip ile en fazla genotipe sahip olan IV. grup; bunu 5 genotip ile II, III ve V. gruplar takip etmiş ve içerdiği 1 genotip ile en az üyeye sahip I. Gruptur. Genotiplerin birbirleri ile olan ilişkileri ve genetik uzaklıkları incelendiğinde G14 (V) ile G7 genotipleri (V) en yakın, G10 (I) ile G14 (V) genotipleri ise birbirine en uzak genotipler olduğu belirlenmiştir. İncelenen özelliklere ait oluşan dendrogramda ise 3 farklı grup oluşmuş ve en fazla özellik B grubunda (7 adet), bunu sırasıyla A (4 adet) ve C grubu (3 adet) takip etmiştir. Her grup içinde bulunan özelliklerin birbirleriyle ilişkisi oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Isı haritası tüm özellikleri karşılaştırmakta ve her genotipin en yüksek ve en düşük değerlerini farklı renk yoğunluklarında göstermektedir. Nitekim, I. gruptaki genotip (G10) tohum uzunluğu, genişliği, kalınlığı, hacmi, yüzey alanı, parlaklığı (L\*), aritmetik ve geometrik ortalama çap özellikleri yüksek değerler aldığı, IV. gruptaki genotipler ise genel olarak I. gruptaki özelliklere göre düşük değerler aldığı görülmektedir. V. grupta bulunan genotiplerin A ve B grubundaki özellikleri genel olarak orta ve yüksek iken, C grubundaki özelliklerin düşük değerler aldığı tespit edilmiştir.

Belirli bir popülasyondaki gruplar arasında benzerlik ya da farklılıklar kümeleme analizi ile belirlenebilmektedir. Bununla birlikte, popülasyonların birbiri ile olan taksonomik ilişkilerinin gösterilmesinde de kümeleme analizi kullanılmaktadır (Cartea et al., 2002). Kümeleme analizine göre ısı haritası, ton veya yoğunluğa göre renk değişiminin nasıl gruplandırıldığını veya grup içindeki değişimleri ifade etmektedir (Barua vd., 2022). Kümeleme analizindeki ısı haritasına göre fasulye genotipleri ve incelenen özellikler arasında geniş bir varyasyonun olduğunu belirlenmiştir (Şekil 3). Ayrıca, ısı haritasının sonuçları, korelasyon ve temel bileşen analizi sonuçlarını benzerlik gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4 ve Şekil 2).



TG:Tohum genişliği, TU:Tohumların uzunluğu, TK:Tohum kalınlığı, EBO:En-boy oranı, L:L\* değeri, AOC:Aritmetik ortalama çapı, GOÇ:Geometrik ortalama çapı, B:Basıklık, K:Küresellik, H:Hacim, YHA:Yığın hacim ağırlığı, GHA:Gerçek hacim ağırlığı, P:Porozite, YA:Yüzey alanı

**Şekil 3.** Farklı fasulye genotipleri ve özelliklerin kümelendiği (cluster) modeli gösteren ısı haritası (heatmap).

**Figure 3.** Heatmap showing the cluster pattern of different bean genotypes and traits.

Öz vd. (2003) ve Sözen (2006), tarımsal çalışmalarda tüketici ve üretici taleplerine göre çok sayıda parametre incelemesi gerektiğini belirterek, bitkilerde ekonomik öneme sahip özelliklerin poligenik kalıtım gösterdiğini ve karakterlerin ayrı ayrı değerlendirilmesinin bazen hatalı yorum ve öneriler ortaya çıkardığını ifade etmişlerdir. Bu nedenle birçok araştırmacı (Madakbaş & Ergin, 2011; Sözen vd., 2014a; Soydaş vd.,

2021; Karaman & Türkay, 2022) araştırmacılar çok değişkenli analiz yöntemlerinin kullanılmasının birden fazla karakterin aynı anda analiz edilmesine olanak sağladığını ileri sürmüşlerdir. Ülkemizde fasulye genotiplerinin tarımsal özellikleri üzerine yapılan birçok kümeleme analizi sonucunda fasulye genotiplerinin geniş bir varyasyon gösterdiğini araştırmacılar ifade etmişlerdir (Ceyhan vd. 2009; Sözen vd., 2014a; Kahraman vd., 2014; Bıyıklı vd. 2015). Literatür çalışmalarında elde edilen tarımsal özelliklerdeki varyasyon yapılan fasulye tohumunun fiziksel özellikleri üzerinde de belirlenmiştir.

## SONUÇ

Çalışmada farklı renk ve boyutlardaki fasulye genotiplerinin incelenen fiziksel özellikleri arasında zengin bir varyasyon bulunmaktadır. Çalışmada incelenen bu özellikler üzerinde kullanılan istatistiksel analizler doğrultusunda fasulye genotiplerinin içerisinde G10 genotipi ön plana çıkmaktadır. Korelasyon analizi sonucunda genel olarak tohum uzunluğu, genişliği ve kalınlığı, aritmetik ortalama çap, geometrik ortalama çap ve tohum hacmi özellikleri arasında pozitif ilişki olduğu belirlenmiştir. İncelenen özellikler tohum genişliği, tohum kalınlığı, aritmetik ortalama çap, geometrik ortalama çap, hacim ve yüzey alanı özelliklerinin yüksek ağırlık değerleri ile birinci temel bileşende (TB1) yer almış olup, en yüksek cos2 değeri ve temel bileşen merkezine en uzak genotipler G10 ve G12 olmuştur. Kümeleme analizi sonucunda oluşan dendogramda, incelenen özelliklere bağlı olarak genotipler dört gruba ayrılmıştır. Bu gruplar içinde 6 genotip ile en fazla genotipe sahip olan IV. grup; bunu 5 genotip ile II, III ve V. Gruplar takip etmiş ve en az üyeye sahip I grupta ise 1 genotip bulunmaktadır. İncelenen özelliklerin dendogramında ise 3 farklı grup oluşmuş ve en fazla özellik B grubunda (7 adet), bunu sırasıyla A (4 adet) ve C grubu (3 adet) takip etmiştir. Yapılan bu çok değişkenli analizlerin sonucunda belirlenen özellikler fasulye genetik materyalleri üzerine ıslahçılara pratik anlamda fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abdi, H. & L.J. Williams, 2010. Principal component analysis. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics, 2: 433-459.
- Adu, M.O., P.A. Asare, E. Asare-Bediako, G. Amenorpe, F.K. Ackah, E. Afutu & D.O. Yawson, 2018. Characterising shoot and root system trait variability and contribution to genotypic variability in juvenile cassava (*Manihot esculenta* Crantz) plants. Heliyon, 4: 1-28.
- Ahmad, H.M., S.I. Awan, O. Aziz & M.A. Ali, 2014. Multivariate analysis of some metric traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). European Journal of Biotechnology and Bioscience, 1 (4): 22-26.
- Alibas, I. & N. Koksall, 2015. The effect of moisture content on physical, mechanical and rheological properties of soybean (*Glycine max* cv. ATAEM-II) seed. Legume Research-An International Journal, 38 (3): 324-333.
- Alpar, R., 2017. Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler. Detay Yayıncılık, Ankara, 820 pp.
- Aparicio-Fernandez, X., G. G. Yousef, G. Loarca-Pina, E. De Mejia & M. A. Lila, 2005. Characterization of polyphenolics in the seed coat of Black Jamapa bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agricultural and Food chemistry, 53(11): 4615-4622.
- Barua, H., S.R. Saha, N.A. Ivy, G. Rasul & A.A. Islam, 2022. Genetic divergence of guava (*Psidium guajava* L.) genotypes in Bangladesh: Guava Genotypes in Bangladesh. SAARC Journal of Agriculture, 20 (1): 15-28.
- Baryeh, E.A. & B.K. Mangope, 2002. Some physical properties of QP-38 variety pigeon pea. Journal of Food Engineering, 56: 341-347.
- Berber, S., 2007. Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Tohumlarının Aerodinamik Özelliklerinin Belirlenmesi Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, Tokat, 57 s.
- Bıyıklı, B., E. Elkoca & M. Aydın, 2015. İspir kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) popülasyonunun karakterizasyonu ve seleksiyon yoluyla ıslahı. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 36 (1): 20-33.
- Bozoğlu, H. & O. Sözen, 2011. A sample for biodiversity in Turkey: Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces from Artvin. African Journal of Biotechnology, 10 (63): 13789-13796.

- Cartea, M.E., A. Picoagea, P. Soengas & A. Ordás, 2002. Morphological characterization of kale populations from Northwestern Spain. *Euphytica* 129: 25-32.
- Ceyhan, E., M. Önder & A. Karaman, 2009. Fasulye genotiplerinin bazı tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 23 (49): 67-73.
- Çancı, H., M. Bozkurt, F. Kantar, M.Z. Yeken, G. Özer & V. Çiftçi, 2019. Batı Anadolu fasulye genetik kaynaklarının biyolojik çeşitliliğinin araştırılması ve karakterizasyonu. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22 (Ö.S.- 2): 251-263.
- Çekim, İ. & C. Özarslan, 2020. Marul tohumunun bazı fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8 (1): 89-97.
- Çetin, M., 2007. Physical properties of barbutia bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv.'Barbutia') seed. *Journal of Food Engineering*, 80 (1): 353-358.
- Dahiya, P.K., A.R. Linnemann, M.A.J.S. Van Boekel, N. Khetarpaul, R.B., Grewal & M.J.R. Nout, 2015. Mung bean: Technological and nutritional potential. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55 (5): 670-688.
- Dash, A.K., R.C. Pradhan, L.M. Das & S.N. Naik, 2008. Some physical properties of simarouba fruit and kernel. *International Agrophysics*. 22: 111-116.
- De Oliveira, J.A.V., P.C. Coradi, C.Z. Alves, P.E. Teodoro & R.D.C.F. Alvarez, 2021. Correlation of physical properties for establishments of standardized groups of soybean seed technologies in post-harvest. *Journal of Stored Products Research*, 93: 101854.
- Dias, P.M.B., B. Julier, J.P. Sampoux, P. Barre & M. Dall'Agnol, 2007. Genetic diversity in red clover (*Trifolium pratense* L.) revealed by morphological and microsatellite (SSR) markers. *Euphytica*, 160 (2): 189-205.
- Dumanoğlu, Z. & B. Çakmak, 2019a. Tohum uygulamalarının İzmir kekiği (*Origanum onites* L.) tohumları üzerindeki bazı fiziksel ve fizyolojik etkilerinin incelenmesi. *Erasmus International Academic Research Symposium in Science, Engineering and Architecture*, İzmir.
- Dumanoğlu, Z. & B. Çakmak, 2019b. Tohum uygulamalarının soğan (*Allium cepa* L.) tohumunun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(1), 53-66.
- Dumanoğlu, Z., Ş.S. Özkan & G. D. Topçu, 2019. İtalyan çimi (*Lolium multiflorum* L.) çeşitlerine ait tohumların bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5 (2): 292-298.
- Dunteman, G.H., 1989. Principal components analysis (No. 69). (Web Sayfası: [https://books.google.com.tr/books?id=Pzwt-CMMt4UC&printsec=frontcover&dq=Dunteman,+G.H.+1989.&hl=tr&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Dunteman%2C%20G.H.%201989.&f=false](https://books.google.com.tr/books?id=Pzwt-CMMt4UC&printsec=frontcover&dq=Dunteman,+G.H.+1989.&hl=tr&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Dunteman%2C%20G.H.%201989.&f=false)) (Erişim Tarihi: Ocak 2023).
- Elkoca, E., K. Haliloglu, F. Kantar, C. Eken, F. Donmez & M. Aydin, 2010. "Genetic diversity of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in the northeast region of Turkey based on morphological traits, 36". 5th International Food Legumes Research Conference (IFLRC V) & 7th European Conference on Grain Legumes (AEP VII), Legumes for Global Health, Legume Crops and Products for Food, Feed and Environmental Benefits, Scientific Books, (26-30 April, 2010), Antalya, Turkey,
- Erbaş, D. & M.A. Koyuncu, 2016. 1-Metilsiklopropan uygulamasının Angeleno erik çeşidinin depolanma süresi ve kalitesi üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 53 (1): 43-50.
- Kahraman, A., M. Önder & E. Ceyhan, 2014. Cluster analysis in common bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.). *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1 (Özel Sayı-1): 1030-1035.
- Kara, B., & Z. Akman, 2007. Farklı tane iriliği ve ekim derinliklerinin buğday (*Triticum aestivum* L.)'in kök ve toprak üstü organlarının ilk gelişmesine etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2): 193-202.
- Kara, M., B. Sayinci, E. Elkoca, İ. Öztürk & T. Özmen, 2013. Seed size and shape analysis of registered common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars in Turkey using digital photography. *Journal of Agricultural Sciences*, 19 (3): 219-234.
- Karaj, S. & J. Müller, 2010. Determination of physical, mechanical and chemical properties of seeds and kernels of *Jatropha curcas* L. *Industrial Crops and Products*, 32: 129-138.
- Karaman, R. & C. Türkay, 2022. Türkiye'deki maş fasulyesi [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] genotiplerinin çıkış ve fide özellikleri yönünden karakterizasyonu. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27 (3): 434-444.
- Kassambara, A., 2017. Practical Guide to Principal Component Methods in R: PCA, M (CA), FAMD, MFA, HCPC, Factoextra Vol. 2. Cilt, 152 pp.

- Kellom, M. & J. Raymond, 2016. Using dendritic heat maps to simultaneously display genotype divergence with phenotype divergence. *PloS one*, 11 (8): e0161292.
- Kendal, E., S. Tekdal, H. Aktaş, M. Karaman, K. Berekatoğlu & H. Doğan, 2014. Biplot analizi kullanılarak yazlık arpa genotiplerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 15 (2): 95-103.
- Kobuk, M., K. Ekinci & S. Erbaş, 2019. Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) genotiplerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22 (1): 89-96.
- Madakbaş, S.Y. & M. Ergin, 2011. Morphological and phenological characterization of Turkish bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes and their present variation states. *African Journal of Agricultural Research*, 6 (28): 6155-6166.
- Mohammadi, S.A. & B.M. Prasanna, 2003. Analysis of genetic diversity in crop plants-salient statistical tools and considerations. *Crop Science*, 43: 1235-1248
- Mohsenin, N.N., 1970. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*, 2nd Ed.; Gordon and Breach Science Publishers: New York, 891 pp.
- Mohsenin, N.N., 1980. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 198-224 pp.
- Mohsenin, N.N., 1986. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. Structure, Physical Characteristics and Mechanical Properties. 2. Aufl. 891 Seiten, zahlr. Abb. und Tab. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 702 pp.
- Omobuwajo, T.O., E.A. Akande & L.A. Sanni, 1999. Selected physical, mechanical and aerodynamic properties of African breadfruit (*Treculia africana*) seeds. *Journal of Food Engineering*. 40 (4): 241-244.
- Öten, M., S. Albayrak, S. Kiremitci & M. Türk, 2018. Determination of yield and quality parameters of some Alfalfa genotypes in the Mediterranean Region of Turkey. *Fresenius Environment Bulletin*, 27 (11): 7627-7633.
- Öz, A., H. Kapar & A. Üstün, 2003. Türkiye'de üretimi yapılan bazı mısır çeşitlerinin diskriminant ve cluster analizleri ile farklılıklarının belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (2): 115-121.
- Özlu, R.R. & M. Güner, 2016. Farklı nem düzeylerinde kanola tohumlarının fiziksel özelliklerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33 (Ek Sayı): 10-24.
- Öztürk, H.I., 2018. Erzincan İlinde Yaygın Yetiştiriciliği Yapılan Barbunya Taze Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Seleksiyonu, Morfoloji ve Moleküler Karakterizasyonu. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Doktora Tezi, Erzurum, 152 s.
- Rahman, M.S., 2005. Mass-volume-area-related properties of foods. *Engineering Properties of Foods*, 3: 1-40.
- Sardana, S., R.K. Mahajan, N.K. Gautam & B. Ram, 2007. Genetic variability in pea (*Pisum sativum* L.) germplasm for utilization. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 39 (1): 31-41.
- Singh, S.P., P. Gepts & D.G. Debouck, 1991. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Economic Botany*, 45 (3): 379-396.
- Sivakumar, J., J.E.P. Prashanth, N. Rajesh, S.M. Reddy & O.B. Pinjari, 2020. Principal component analysis approach for comprehensive screening of salt stress-tolerant tomato germplasm at the seedling stage. *Journal of Biosciences*, 45 (1): 1-11.
- Soydaş, V., M. Aydın, E. Elkoca & E. İlhan, 2021. Gümüşhane ili yerel fasulye genotiplerinin morfolojik ve tarımsal özellikler yönünden karakterizasyonu üzerine bir ön çalışma. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 31 (2): 143-160.
- Sözen, Ö. 2006. Artvin İli Yerel Taze Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Populasyonlarının Toplanması, Tanımlanması ve Morfolojik Varyabilitenin Belirlenmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Samsun, 449 s.
- Sözen, Ö., H. Özçelik & H. Bozoğlu, 2014a. Doğu Karadeniz Bölgesi yerel fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) populasyonlarının karakterizasyonu ve morfolojik değişkenliğin ortaya konulması. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 7 (1): 29-36.
- Sözen, Ö., H. Özçelik & H. Bozoğlu, 2014b. Orta Karadeniz Bölgesi'nden toplanan yerel kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinde morfolojik varyabilitenin istatistiksel analizi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1 (1): 34-41.

- Tan, Ş., 2005. Bitki Islahında İstatistik ve Genetik Metotlar. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayın No: 121, Menemen, İzmir, 129-145 s.
- Uebersax, M.A., C. Urrea & M. Siddiq, 2022. Physical and physiological characteristics and market classes of common beans. dry beans and pulses: Production, Processing, and Nutrition, 'Overview, Production and Postharvest Technologies' 3rd section, 57-80.
- Ülker, M. & E. Ceyhan, 2008. Orta Anadolu ekolojik şartlarında yetiştirilen fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin bazı tarımsal özelliklerinin belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22 (46): 77-89.
- Ünal, H., E. Isık, N. Izli & Y. Tekin, 2008. Geometric and mechanical properties of mung bean (*Vigna radiata* L.) grain: Effect of moisture. International Journal of Food Properties, 11 (3): 585-599.
- Wani, I.A., D.S. Sogi, A.A. Wani & B.S. Gill, 2017. Physical and cooking characteristics of some Indian kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 16 (1): 7-15.
- Wilkinson, L. & M. Friendly, 2009. The history of the cluster heat map. The American Statistician, 63 (2): 179-184.
- Yeken, M. Z., V. Çiftçi, H. Çancı, G. Özer & F. Kantar, 2019. Türkiye'nin Batı Anadolu Bölgesi'nden toplanan yerel fasulye genotiplerinin morfolojik karakterizasyonu. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 5 (1): 124-139.

## Araştırma Makalesi (Research Article)

Gülçin ŞATIR<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, 32260, Isparta, Türkiye

\*Sorumlu yazar (Corresponding author):

[gulcinsatir@sdu.edu.tr](mailto:gulcinsatir@sdu.edu.tr)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (3):465-472

<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1333999>

# Siyah ve yeşil çay kullanımının kombu çayı fermantasyonu üzerine etkilerinin belirlenmesi

Determination of the effects of black and green tea use on kombucha fermentation

Alınış: (Received):28.07.2023

Kabul Tarihi (Accepted): 10.09.2023

## ÖZ

**Amaç:** Kombu çayı üretiminin optimizasyonu için substrat ve fermantasyon koşulları önemlidir. Bu çalışmanın amacı, siyah ve yeşil çay kullanılarak belirlenmiş fermantasyon parametrelerinde üretilen Kombu çaylarının bazı önemli gıda bileşenleri üzerindeki etkilerini belirlemektir.

**Materyal ve Yöntem:** Siyah ve yeşil çay örnekleri (SYÇ ve YEÇ), 25°C'ye soğutulduktan sonra her ikisine de eşit miktarda simbiyotik bakteri ve maya kültüründen (SCOBY) oluşan kombu çayı starteri kullanılmıştır. Fermantasyon 25°C'de 7 gün devam etmiştir. Üretilen kombu çayı (SKOM ve YKOM) örneklerinde pH, kimyasal bileşim, şeker bileşenleri, renk özellikleri, organik asit profili ve duyuşal değerlendirme yapılmıştır.

**Araştırma Bulguları:** Fermantasyon süresince, her iki çayda pH azalmıştır; Kombu çayı örneklerinde kül içeriği fermantasyonun ilk gününe göre önemli düzeyde azalmıştır. Siyah çaydan üretilen kombu çayında glukoz, fruktoz ve sakaroz fermantasyon süresince mikrobiyotaya tarafından tamamen kullanılmıştır. Yeşil çayın fermantasyonu süresince de şeker kullanımını olmasına karşın yeşil çaydan üretilen kombu çayında önemli miktarda glukoz, fruktoz ve sakaroz tespit edilmiştir. Hem siyah hem de yeşil çay ile üretilen kombu örneklerinde asetik asit miktarı fermantasyona bağlı olarak önemli düzeyde artmıştır. Hem siyah hem de yeşil çay ile üretilen kombu çayları genel olarak beğenilerek tüketilmiştir.

**Sonuç:** Ülkemizde önemli olan çay tüketimine alternatif olabilecek, fermantasyonla sağlık özellikleri artırılacak bir ürün olan kombu çayının üretim teknolojisine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## ABSTRACT

**Objective:** The substrate and fermentation conditions are critical for kombucha production. The aim of this study is to determine the effects of different substrates on kombucha fermentation.

**Material and Methods:** Black and green tea samples (BT and GT) were cooled to 25°C and mixed with an equal amount of kombucha culture. Fermentation continued for 7 days at 25°C. The pH, chemical composition, sugar components, color properties, organic acid profiles, and sensory properties of kombucha (BTK and GTK) were evaluated.

**Results:** During fermentation, pH slightly decreased in both tea samples; the ash content of kombucha samples decreased significantly compared to the first day of fermentation. During fermentation, the microbiota thoroughly utilized glucose, fructose, and sucrose in black tea kombucha samples. Although sugar is used during the fermentation of green tea, significant amounts of glucose, fructose, and sucrose were detected in green tea kombucha. In both samples, acetic acid increased significantly due to fermentation. Kombucha, produced with black and green tea, is generally consumed with pleasure.

**Conclusion:** It is critical to investigate the properties of kombucha, which is a product that could be an alternative to tea consumption habits in our country and could improve its health properties by fermentation.

**Anahtar sözcükler:** Biyoaktif bileşen, fermantasyon, kombu, SCOBY, substrat

**Keywords:** Bioactive substances, fermentation, kombucha, SCOBY, substrate

## GİRİŞ

Çay, kendine has renk, tat ve yanısıra içerdiği biyoaktif bileşenlerle sağlığa faydalı etkileri nedeniyle de ilgi duyulan ve dünyada yaygın olarak tüketilen bir içecektir. *Camellia sinensis* L. olarak adlandırılan çay bitkisinin yaprakları her mevsim yeşil renktedir. İçerisinde bulunan fenolik maddeler, antioksidan aktivitesinin yüksek olmasını sağlar (Ünal vd., 2016). Kateşinler (flavanoller), çeşitli fenolik bileşenler arasında en önemli türdür. Yeşil çayda kateşinler daha fazla bulunurken, siyah çayda fermantasyon işlemiyle yerini theaflavinler ve thearubiginler'e bırakmaktadır. Bu reaksiyon, çaya hafif burukluk, parlaklık ve kırmızımsı bir renk verir. Yapılan pek çok çalışmada çayın, antioksidan, antimutajenik, antibakteriyal, yaşlanmayı geciktirici, obezite ve diyabetin komplikasyonlarını önleyici gibi yararlı özelliklerinin olduğu belirtilmektedir (de Oliveira et al., 2023). Bunun yanında çay içmenin kardiyovasküler hastalıkları azalttığı ve olumsuz etkilerini en aza indirdiği belirlenmiştir (Chiang & Kistler, 2022).

"Kombucha", Japonca *Laminaria japonica* adlı geniş yapraklı bir deniz yosununu tanımlayan "Kombu" ile çay anlamına gelen "Cha" kelimelerinin birleşiminden oluşur (Giritlioğlu vd., 2020). Kombü çayı, hafif tatlı ve ekşimsi bir lezzete sahip bir içecek olarak giderek daha popüler hale gelmektedir. Mikroorganizmaların aktivitesiyle oluşan bu fermente içecek genellikle siyah çayın, selülozik yapıdaki kombü çayı starteri fermantasyonuyla üretilmektedir. Bu biyofilm tabakası 'çay fungusu' olarak bilinmekte ve 'SCOBY' olarak isimlendirilmektedir. SCOBY, 'bakteri ve mayaların simbiyotik kültürü' anlamına gelen 'Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast' in kısaltmasıdır (Laureys et al., 2020). Vegan ürün olması nedeniyle günümüzde ön plana çıkan bir fermente üründür.

Siyah çay ve şeker, Kombücha'nın hazırlanması için geleneksel substratlardır, kombü çayı starteri de bu fermantasyonla biyokütlesini artırmaktadır. Farklı bitki çaylarının da kullanılabileceği de bildirildiği gibi (Li et al., 2022) bazı çalışmalarda da farklı meyve sularıyla kombü çayı fermantasyonu da incelenmiştir (Watawana et al., 2017; Villarreal-Soto et al., 2018). Kombü çayı üretiminde kullanılan çayla birlikte, mikroorganizmaların gelişimi için sakaroz da ilave edilir. Fermantasyon için inokülasyon materyali olarak hacminin %10 ila 20'si kadar daha önce fermantasyonu tamamlanmış çay veya çayın ince selülozik biyofilm tabakası inoküle edilir ve farklı sıcaklık ve gün parametreleri ile fermantasyon sonunda farklı asitlik seviyelerine ulaşılmaktadır (Essawet et al., 2015). Başlıca fermantasyon ürünleri asetik asit, sitrik asit, glukoronik asit gibi organik asitler, diyet lif, etanol ve CO<sub>2</sub>'dir. Ayrıca fenolik bileşenler, C vitamini ve B grubu vitaminleri gibi pek çok biyoaktif bileşen de fermantasyon ortamında üretilebilir (Villarreal-Soto et al., 2018; Kapp & Sumner, 2019; Cardoso et al., 2020).

Fermantasyon sırasında, kombü çayı starter içeriğindeki mayalar, ekstrakt içinde çözünmüş sakarozu invertaz enzimi ile hidrolize etmektedir. Mayalar, sakarozun etanole hidrolizinden salınan glukoz ve fruktozu metabolize ederek, etanoldeki asetik asit bakterileri tarafından asetik aside dönüştürülmektedir (Essawet et al., 2015). Ayrıca mayalar tarafından etanol üretilirken, asetik asit bakterileri glukozdan glukoronik asit, fruktozdan asetik asit de üretebilmektedir (Malbaša et al., 2008; Watawana et al., 2015). Kombü çayının içeriğini asetik asit, etanol, glukoronik asitin yanı sıra okzalik asit, şeker, B<sub>1</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub> ve C vitamini gibi suda çözünen vitaminler, kateşinler, teafllavinler, flavonoller, aminoasitler, karbondioksit, sodyum, potasyum, kalsiyum, bakır, demir, mangan ve çinko gibi mineraller oluşturmaktadır. Kombü çayı sadece tat ve lezzeti ile değil, profilaktik ve terapötik etkileri nedeniyle de severek tüketilmektedir (Teoh et al., 2004; Battikh et al., 2013).

Kombü çayının, fermantasyon kinetiği, üretilen metabolitler ve biyoaktif bileşenlerle ilişkisini anlayabilmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Ayrıca kombü çayı üretim optimizasyonunda kullanılacak substrat ve optimum fermantasyon koşullarının belirlenmesi için de pek çok parametre ve varyasyon gerekmektedir (Villarreal-soto et al., 2021). Bu araştırmada siyah ve yeşil çay kullanılarak belirlenmiş fermantasyon parametrelerinde fermente edilen Kombü çaylarının bazı önemli gıda bileşenleri üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Materyal Temini

Araştırmada kullanılan kombu çayı starteri, Danem Süt ve Süt Ürünleri Ltd. Şti. (Süleyman Demirel Üniversitesi, Göller Bölgesi Teknokenti, Isparta) tarafından sağlanmıştır. Üretimde kullanılan aynı marka siyah ve yeşil çaylar Isparta ilindeki yerel marketten temin edilmiştir.

### Kombu Çayı Üretimi ve Parametreleri

Üretimde, 8 g siyah çay veya 8 g yeşil çay 800 mL sıcak su ile 15 dakika demlenmeye bırakılmıştır. Daha sonra çay ekstraktları süzülerek ve her iki çaya 16 gr şeker eklenmiştir. Siyah ve yeşil çay örnekleri (SYÇ ve YEÇ), 25°C'ye soğutulduktan sonra her ikisine de eşit miktarda olmak üzere 60 g kombu çayı starteri ilave edilmiştir. Fermantasyon 25°C'de 7 gün devam etmiştir. Kombu çayı (SKOM ve YKOM) üretimleri 2 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Siyah çay ve yeşil çay örneklerinden ve bunlardan üretilen kombu çaylarından örnekler alınmıştır. Farklı kombu çayı örneklerinde pH, kimyasal bileşim, şeker bileşenleri, organik asit profilinin tespiti, renk değişimi ve örneklerin duyu analizleri gerçekleştirilmiştir.

### Metot

#### pH

Örneklerin pH değerleri Inolab (WTW, Measurement System, FL, ABD) pH metre kullanılarak belirlenmiştir.

#### Kimyasal Bileşim

Örneklerin kimyasal bileşiminin tespiti için protein (AOAC, metot 984.13), yağ (AOAC, metot 996.06), kurumadde (AOAC, metot 953.07) ve kül (AOAC, metot 923.03) analizleri yapılmıştır (AOAC, 2012).

#### Şeker Bileşenleri

Kombu çayı örnekleri 0,45 µm filtreden geçirilmiştir. Şeker bileşenlerinin kantitatif tayininde Shimadzu RID-10A dedektörü (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japonya) ile Shimadzu LC 20AD pompasından oluşan HPLC Sistemi kullanılmıştır. Ayırma işleminde LiChroCART, 250 x 4.6 mm, 5 µm kolon kullanılmıştır. Kolon fırın sıcaklığı ise 80°C'ye ve enjeksiyon hacmi 20 µL olarak ayarlanmıştır. Asetonitril ve deiyonize sudan (75:25 v/v) oluşan mobil faz kullanılmış ve akış hızı 1.0 mL/dk olarak ayarlanmıştır (Muhiyaldin et al., 2019).

#### Organik Asit Profili

HPLC cihazında SPD-10Avp UV-VIS dedektör (210 nm) kullanılarak kombu çayı örneklerinde organik asitlerin (oksalik asit, sitrik asit, asetik asit, laktik asit, sitrik asit ve suksinik asit) içeriği belirlenmiştir. Teknokroma tracer extrasil ODS2 250x4.6 mm boyutlarında partikül çapı 5 µm (Barselona, İspanya) kolona 0.8 ml/dk akış hızında örnekler enjekte edilmiştir. pH'sı 2.20'ye ayarlanan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>O, mobil faz olarak kullanılmıştır (Jayabalan et al., 2007; Muhiyaldin et al., 2019).

#### Renk

Renk ölçümü Minolta Chroma Meter (CR-400; Konica Minolta, Inc., Marunouchi, Japan) ile yapılmıştır. Örnekler kristal kuvarz cam tüplere hava boşluğu kalmayacak şekilde eklenip; CIE L\*, a\*, b\* ve ΔE değerleri okunmuştur (Guzel-Seydim et al., 2021). Bu koordinat sisteminde, L\* değeri dikey ekseninde parlaklıktan koyuluğa gidişi gösterirken, +a\* kırmızılığa, -a\* yeşillığe, +b\* sarılığa ve -b\* maviliğe sahiptir. Örneklerin ölçümünden önce cihazın kalibrasyonu beyaz kalibrasyon plakası ile yapılmıştır.

#### Duyusal Değerlendirme

7 gün sonunda fermantasyonu tamamlanan örneklerden kombu çayı starteri süzüldükten sonra örnekler soğutulmuştur. Panelistlere 4°C'de soğuk olarak verilmiştir. Siyah ve yeşil çaylardan hazırlanan Kombu çaylarının duyu olarak değerlendirilmesi 1-9 arasında hedonik skala kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kombu



çayları kodlandırılarak 8 paneliste, duyuusal değerlendirme formuyla beraber sunulmuş ve ürünlerin değerlendirilmesinin yapılması istenmiştir (Osiripun & Apisittiwong, 2021).

### İstatistiksel değerlendirme

Kombu çayı üretimi 2 tekerrürlü, analizler en az 2 paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesinde SPSS v24.0 paket programı (SPSS Inc., Chicago, Illinois, US) kullanılmış, veriler çoklu varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Farklılıklar arasında  $p < 0.05$  anlamlı olarak kabul edilmiştir.

## ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Siyah çay ve yeşil çay örneklerinin sırasıyla ortalama pH değeri  $4.15 \pm 0.10$  ve  $3.29 \pm 0.05$  olarak belirlenmiştir. Fermantasyon sonrası siyah ve yeşil çaydan üretilen kombu çayı örneklerinde 7. günde pH değerleri  $3.20 \pm 0.20$  ve  $3.26 \pm 0.03$ 'dir. Fermantasyon süresince, her iki çayda da pH düşmüştür; fermantasyon sonunda siyah ve yeşil çay örneklerin pH değerleri benzer bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). Kombu çayı üretimiyle ilgili yapılan araştırmalarda farklı şeker oranları, farklı fermantasyon sıcaklık ve süreleri kullanılmasına karşın genel olarak kombu çayının pH değeri 3.20-3.60 aralığında bulgularımızla uyumlu olarak tespit edilmiştir (Cvetković et al., 2008; Kallel et al., 2012; Velićanski et al., 2014).

Siyah ve yeşil çay ile hazırlanan kombu çaylarının kimyasal analiz bulguları Çizelge 1'de sunulmuştur. Siyah ve yeşil çayların kuru madde değerleri ile bunlardan hazırlanan kombu çaylarının kuru madde değerleri birbirine benzer olarak %98-%99 aralığında tespit edilmiştir. Bulgular, Jayabalan et al. (2010)'ın yaptığı araştırma sonuçlarıyla uyumludur. Kombu çayı örneklerinde kül içeriği fermantasyonun ilk gününe göre önemli düzeyde azalmıştır ( $p < 0.05$ ). Kombu çayı fermantasyonu süresince mikrobiyotanın mineral kullanımıyla ilgili olduğu düşünülmüştür. Yapılan bir çalışmada, beyaz şeker (%10), hindistan cevizi, hurma şekeri (%10) ve pekmez (%10) ile hazırlanan Kombu çay örneklerinin kül içeriği sırasıyla %0.23, %0.04 ve %0.60 tespit edilmiştir (Muhialdin et al., 2019). Kombu çayının kül içeriği, üretim sürecinde kullanılan karbon kaynaklarına bağlıdır. Bununla birlikte, farklı hammaddelerden yapılan kombu çayının kül içeriği ile ilgili sınırlı sayıda literatür vardır.

**Çizelge 1.** Kombu çaylarının kimyasal analiz bulguları (g/100g)

**Table 1.** Chemical composition of kombucha teas (g/100g)

Örnek	Nem	Kül	Protein	Yağ	Karbonhidr
SYÇ	99.38±0.25	0.095±0.005 <sup>A</sup>	-	-	0.47±0.23 <sup>Ab</sup>
SKOM	98.46±0.31	0.065±0.003 <sup>B</sup>	-	-	1.42±0.45 <sup>Ba</sup>
YEÇ	98.68±0.18	0.090±0.001 <sup>A</sup>	-	-	1.17±0.25 <sup>Aa</sup>
YKOM	98.52±0.35	0.075±0.005 <sup>B</sup>	-	-	1.35±0.25 <sup>Aa</sup>

SYÇ: Şeker ilave edilmiş siyah çay, SKOM: Siyah çay ile üretilen kombu çayı, YEÇ: Şeker ilave edilmiş yeşil çay, YKOM: Yeşil çay ile üretilen kombu çayı

<sup>a,b</sup>: Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen siyah ve yeşil çay örneklerinde farklılıklar önemlidir ( $p < 0.05$ )

<sup>A,B</sup>: Siyah ve yeşil çay örneklerinde fermantasyonun etkisi aynı sütun içinde farklı harflerle ifade edilen farklılıklar önemlidir ( $p < 0.05$ )

Protein tayin limiti (LOD): 0.05 g/100 g; Yağ tayin limiti (LOD): 0.01 g/100 g.

Siyah ve yeşil çay kullanılarak üretilen kombu çaylarının şeker bileşenleri Çizelge 2' de verilmiştir. Fermantasyonun, hem siyah hem yeşil çayda kullanılan toplam şeker miktarını azalttığı tespit edilmiştir. Kombu çayı starter mikrobiyotası şekeri etkin kullanmıştır. Fermantasyon öncesi çaylardaki şeker miktarındaki değişim analiz süresinde olası enzimatik aktiviteden kaynaklanmıştır (Rechner et al., 2004; Jakubczyk et al., 2020). Fermantasyon sürecinde çeşitli karbon kaynakları kullanımının şeker tüketim miktarı üzerinde önemli bir etkisi vardır ( $p < 0.05$ ). Siyah çaydan üretilen kombu çayında glukoz, fruktoz ve sakaroz 7 gün olan fermantasyon süresince mikrobiyota tarafından tamamen kullanılmıştır. Yeşil çayın

fermantasyonu süresince de şekerlerin kullanımı olmasına karşın yeşil çaydan üretilen kombu çayında önemli miktarda glukoz, fruktoz ve sakaroz tespit edilmiştir. Yeşil çaydan kombu çayı üretiminde fermantasyon süresinin uzatılması önemli olabilir. Siyah çay bileşenlerinin mikrobiyota üzerindeki etkisi bu noktada çok önemlidir. Fermantasyonun başarılı bir şekilde gerçekleşmesi yalnızca şeker kaynağına bağımlı değildir, aynı zamanda siyah çayda bulunan biyoaktif bileşenlerin de fermantasyonun gerçekleşmesi için önemli olduğu düşünülmüştür (Wu et al., 2021). Kombu çayı starterinin en iyi glukoz ve sakaroz şekerini kullandığı önceki çalışmalarda belirtilmiştir (Malbaşa et al., 2008; Villarreal-Soto et al., 2018; Watawana et al., 2015). Jayabalan et al. (2010), siyah çay kombu starterinin 21 gün süren fermantasyon sürecinde glukozun, fruktoza oranla daha hızlı kullanıldığını belirtmişlerdir.

### Çizelge 2. Kombu çaylarının şeker bileşenleri (g/L)

**Table 2.** Sugar components of kombucha teas (g/L)

Örnek	Glukoz	Fruktoz	Sakaroz
SYÇ	5.17±0.025 <sup>Aa</sup>	2.54±0.01 <sup>Ab</sup>	9.78 ±0.29 <sup>Aa</sup>
SKOM	- <sup>Bb</sup>	- <sup>Bb</sup>	- <sup>Bb</sup>
YEÇ	1.99±0.01 <sup>Ab</sup>	2.03±0.045 <sup>Bb</sup>	11.24±0.05 <sup>Aa</sup>
YKOM	1.65 ±0.04 <sup>Ba</sup>	1.99±0.01 <sup>Ba</sup>	9.60±0.02 <sup>Ba</sup>

SYÇ: Şeker ilave edilmiş siyah çay, SKOM: Siyah çay ile üretilen kombu çayı, YEÇ: Şeker ilave edilmiş yeşil çay, YKOM: Yeşil çay ile üretilen kombu çayı

<sup>a,b</sup>: Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen siyah ve yeşil çay örneklerinde farklılıklar önemlidir ( $p<0.05$ )

<sup>A,B</sup>: Siyah ve yeşil çay örneklerinde fermantasyonun etkisi aynı sütun içinde farklı harflerle ifade edilen farklılıklar önemlidir ( $P<0.05$ )

Laktöz, maltoz ve ksiloz için tayin limiti (LOD): 0.05 g/L.

Fermantasyon süresince sakaroz monomerlerine parçalandıktan sonra kombu çayı starter içeriğindeki mikrobiyota tarafından kullanılmış ve başlıca asetik asit olmak üzere organik asitlerin miktarı artmıştır. Genel olarak, fermantasyon sırasında fruktoz içeriğinin sakarozdan daha düşük olması, maya hücreleri tarafından karbon kaynağı olarak fruktozun tercih edildiğini düşündürmektedir (Jayabalan et al., 2010; Neffe-Skocińska et al., 2017). Siyah ve yeşil çay örnekleri ile fermantasyonu tamamlanmış kombu çayı örneklerinde organik asit profili Çizelge 3' de verilmiştir.

### Çizelge 3. Kombu çaylarının organik asit profili (mg/L)

**Table 3.** Organic acid profiles of kombucha teas (mg/L)

Örnek	Asetik asit	Okzalik asit	Sitrik asit	Süksinik asit
SYÇ	- <sup>Ba</sup>	168.3 ±3.8 <sup>Aa</sup>	110.5±6.8 <sup>Aa</sup>	540.1±21.1 <sup>Aa</sup>
SKOM	5001.2±4.2 <sup>Aa</sup>	7.3 ±1.5 <sup>Ba</sup>	49.9±4.3 <sup>Ba</sup>	256.2±2.7 <sup>Ba</sup>
YEÇ	- <sup>Ba</sup>	36.4±2.9 <sup>Ab</sup>	25.6±0.3 <sup>Ab</sup>	70.1±4.0 <sup>Ab</sup>
YKOM	118.1±0.3 <sup>Ab</sup>	6.6±0.2 <sup>Bb</sup>	20.8±0.8 <sup>Bb</sup>	56.8±1.2 <sup>Bb</sup>

SYÇ: Şeker ilave edilmiş siyah çay, SKOM: Siyah çay ile üretilen kombu çayı, YEÇ: Şeker ilave edilmiş yeşil çay, YKOM: Yeşil çay ile üretilen kombu çayı

<sup>a,b</sup>: Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen siyah ve yeşil çay örneklerinde farklılıklar önemlidir ( $p<0.05$ )

<sup>A,B</sup>: Siyah ve yeşil çay örneklerinde fermantasyonun etkisi aynı sütun içinde farklı harflerle ifade edilen farklılıklar önemlidir ( $p<0.05$ )  
Laktik asit tayin limiti (LOD): 0.25 mg/L

Hem siyah hem de yeşil çay ile üretilen içeceklerde asetik asit miktarı fermantasyona bağlı olarak önemli düzeyde artmıştır ( $p<0.05$ ). En belirgin artış ise fermantasyonu tamamlanan üründe 5001 g/L olarak belirlenen siyah çaydan üretilen kombu çayında olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Yeşil çaydan üretilen kombu çayında asetik asit üretimi 118 g/L olarak gerçekleşmiştir; siyah çaya göre çok daha sınırlı bir üretim olduğu belirgindir. Aynı miktarda ve aynı kökünde kombu çayı starteri kullanılmasına karşın, kullanılan çayın çeşidi fermantasyonu önemli düzeyde etkilemiştir. Ayrıca siyah ve yeşil çayın organik asit profilinde genetik, yetiştirme koşulları (iklim, coğrafi konumu, yüksekliği, sıcaklık ve toprağın yapısı gibi), hasat zamanı ve koşullarına, depolama şartlarına göre değişim mümkündür (Oliveira et al., 2008). Mikrobiyal metabolizmada önemli görevi

olan okzalik asit ve sitrik asit miktarları da siyah çay fermentasyonunda daha etkin kullanıldığı Çizelge 3'te belirgin olarak anlaşılmaktadır. Okzalik asit ve sitrik asit yeşil çay fermentasyonunda da kullanılmış ve azalmış ancak siyah çaya göre oransal olarak daha düşük düzeyde kalmıştır. Süksinik asit miktarı siyah çaydan üretilen kombucha çayında %47, yeşil çaydan üretilen kombucha çayında %81 oranında azalmıştır. Jayabalan et al. (2007), çalışmada Kombucha fermentasyonu siyah çay, yeşil çay ve çay atığı için uygulanmıştır. Örneklerin fermentasyon sürecinde elde edilen organik asit profilleri incelenmiş ve 0. gün örneklerinde laktik asit değişiminin düzenli olmadığı, ancak fermentasyonun laktik asit içeriğine olumlu etkisi tespit edilmiştir. Asetik asit bakterileri mayaların ürettiği etanolü kullandığından, asetik asit içeriği zamanla artmıştır.

Siyah ve yeşil çay örnekleriyle, fermentasyonu tamamlanan kombucha çayları örneklerinde renk bulguları Çizelge 4'de verilmiştir. Siyah çaya göre, siyah çaydan üretilen kombucha çayında örneklerin renginde açılma gerçekleşmiştir ( $p<0.05$ ). Fermentasyon sonunda, siyah çay ile üretilen kombucha çaylarının kırmızılık-yeşillik değeri artmış, ancak yeşil çaydan üretilen kombucha çaylarında  $a^*$  değerinde azalma söz konusudur. Fermentasyona bağlı olarak siyah ve yeşil çaydan üretilen iki örnekte de  $b^*$  değeri önemli ölçüde artmıştır ( $P<0.05$ ). Renk, kalite ve uygunluk açısından içecekler için önemli bir parametredir. Çalışmada elde edilen renk verileri, ürünlerin duyu kabul edilebilirliği ile ilişkilidir. Özellikle antosiyanin içeriği, örneklerin rengini önemli ölçüde etkilemektedir. Ayrıca fermentasyon sürecinde renk özellikleri etkilenmektedir. Çaydaki çeşitli fitokimyasallar, bakteriler ve mayalar tarafından serbest bırakılan enzimler tarafından biyotransformasyona uğramaktadır. Yapılan çalışmada, kombucha çaylarındaki renk değişiminin, polifenollerin mikrobiyal dönüşümünün bir sonucu olduğu düşünülmektedir (Watawana et al., 2017).

**Çizelge 4.** Kombucha çaylarının renk değerleri

**Table 4.** Color attributes of kombucha teas

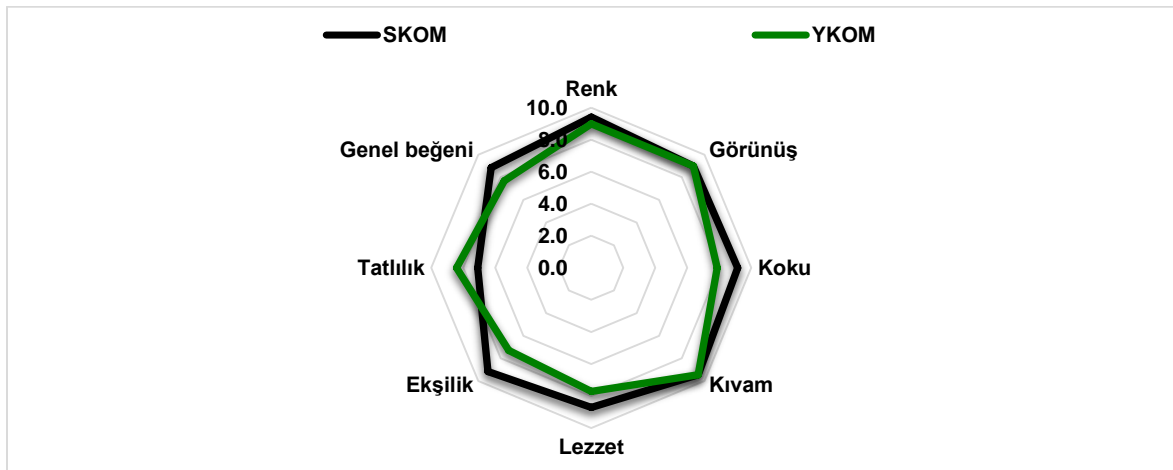
Örnek	L*	a*	b*	$\Delta E$
SYÇ	16.93±0.04 <sup>Bb</sup>	0.18±0.01 <sup>Ba</sup>	0.055±0.005 <sup>Bb</sup>	0.96
SKOM	17.47±0.01 <sup>Ab</sup>	0.39±0.01 <sup>Aa</sup>	0.815±0.005 <sup>Aa</sup>	17.49
YEÇ	17.40±0.05 <sup>Ba</sup>	0.17±0.02 <sup>Ba</sup>	0.885±0.005 <sup>Aa</sup>	0.31
YKOM	17.55±0.01 <sup>Aa</sup>	0.15±0.01 <sup>Bb</sup>	0.615±0.005 <sup>Bb</sup>	17.56

SYÇ: Şeker ilave edilmiş siyah çay, SKOM: Siyah çay ile üretilen kombucha çayı, YEÇ: Şeker ilave edilmiş yeşil çay, YKOM: Yeşil çay ile üretilen kombucha çayı

<sup>a,b</sup>: Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen siyah ve yeşil çay örneklerinde farklılıklar önemlidir ( $p<0.05$ )

<sup>A,B</sup>: Siyah ve yeşil çay örneklerinde fermentasyonun etkisi aynı sütun içinde farklı harflerle ifade edilen farklılıklar önemlidir ( $P<0.05$ ).

Siyah ve yeşil çay ile üretilen Kombucha çaylarının renk, görünüş, koku, kıvam, lezzet, ekşilik/tatlılık ve genel beğeniye yönelik duyu özellikleri Şekil 1'de gösterilmektedir.



**Şekil 1.** Kombucha çaylarının duyu değerlendirilmesi.

**Figure 1.** Sensory evaluation of kombucha teas.

Kombu çay örneklerinin aroma özellikleri değerlendirildiğinde, koku (9.14), lezzet (8.71) ve genel beğeni (8.86) açısından en beğenilen çay örneklerinin siyah çay ile hazırlanan kombu çayı olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Örneklerin tatlılık açısından değerlendirilmesinde, yeşil çay ile hazırlanan kombu çayı (8.43) daha yüksek puana sahiptir; şeker analizi bulgularından da yeşil çaydan üretilen kombu çayında şeker miktarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ekşilik açısından da siyah çaydan üretilen kombu çayı (9.14) yüksek skor almıştır; organik asit profil bulgularında yüksek asetik asit miktarıyla uyumludur. Genel beğenilirlik açısından tüm çay örnekleri beğenilerek tüketilmiştir.

## SONUÇ

Ülkemizde bugüne kadar çok fazla tanınmayan, Kombu çayı üretiminde kullanılan çay çeşidinin fermantasyon ve dolayısıyla duyu özellikleri üzerine etkileri tespit edilmiştir. Fermantasyon sürecinin ve çeşitli substrat ortamlarının organik asit profilini ve şeker bileşenlerinin değişiminde etkili olduğu belirlenmiştir. Bunun başlıca nedeni siyah çayda yeşil çaya göre, kombu çayı fermantasyonu gelişimi için gerekli olan yüksek nitrojen kaynaklarına sahip kafein, teofilin gibi pürin türevlerinin bulunmasıdır. Bu çalışma bulgularına göre; Kombu çayının çeşitli tüketim seçeneklerine bağlı olarak daha geniş kitlelere ulaşacağı ve alternatif bir gıda ürünü olarak yeni üretim yaklaşımlarının geliştirilmesine katkı sağlayabileceği beklenmektedir. Avrupa Birliği ülkeleri göz önüne alınırsa çay üreten tek ülkenin Türkiye olması ve değişen çay tüketim alışkanlıklarına alternatif olabilecek, fermantasyonla sağlık özellikleri artırılacak bir ürün olan kombu çayının özelliklerinin araştırılması önem arz etmektedir. Bu araştırma bulgularının kombu çayı üretim teknolojilerine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## TEŞEKKÜR

Danem Süt ve Süt Ürünleri Ltd. Şti.'ne KombuDanem ve laboratuvar altyapı desteği için teşekkür ederim.

## KAYNAKLAR

- AOAC, 2012. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (19th ed.). Washington, DC, USA.
- Battikh, H., K. Chaieb, A. Bakhrouf & E. Ammar, 2013. Antibacterial and antifungal activities of black and green kombucha teas. *Journal of Food Biochemistry*, 37 (2): 231-236.
- Cardoso, R. R., R.O. Neto, C.T. dos Santos D'Almeida, T.P. do Nascimento, C.G. Pressete, L. Azevedo & de F.A.R. Barros, 2020. Kombuchas from green and black teas have different phenolic profile, which impacts their antioxidant capacities, antibacterial and antiproliferative activities. *Food Research International*, 128: 108782.
- Chieng, D. & P.M. Kistler, 2022. Coffee and tea on cardiovascular disease (CVD) prevention. *Trends in cardiovascular medicine*, 32 (7): 399-405.
- Cvetković, D., S. Markov, M. Djurić, D. Savić & A. Velićanski, 2008. Specific interfacial area as a key variable in scaling-up Kombucha fermentation. *Journal of Food Engineering*, 85 (3): 387-392.
- de Oliveira, P. V., A.H. da Silva Júnior, C.R.S. de Oliveira, C.F. Assumpção & C.H. Ogeda, 2023. Kombucha benefits, risks and regulatory frameworks: A review. *Food Chemistry Advances*, 2: 100288.
- Essawet, N. A., D. Cvetković, A. Velićanski, J. Čanadanović-Brunet, J. Vulić, V. Maksimović & S. Markov, 2015. Polyphenols and antioxidant activities of Kombucha beverage enriched with Coffeeberry extract. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, 21 (3): 399-409.
- Giritlioğlu, N., E. Yıldız & O. Gürbüz, 2020. Kombu çayı üretiminde kapari tomurcuklarının (*Capparis* spp.) kullanımının fenolikler, antioksidant kapasite ve biyoerişilebilirliğe etkisi. *Akademik Gıda*, 18 (4): 390-401.
- Guzel-Seydim, Z. B., A.C. Seydim & A.K. Greene, 2021. Effect of brewing method on quality parameters and antioxidant capacity of black tea. *Functional Food Science*, 1 (8): 1-13.
- Jakubczyk, K., J. Kałduńska, J. Kochman & K. Janda, 2020. Chemical profile and antioxidant activity of the kombucha beverage derived from white, green, black and red tea. *Antioxidants*, 9 (5): 447.

- Jayabalan, R., S. Marimuthu & K. Swaminathan, 2007. Changes in content of organic acids and tea polyphenols during kombucha tea fermentation. *Food Chemistry*, 102 (1): 392-398.
- Jayabalan, R., K. Malini, M. Sathishkumar, K. Swaminathan & S.E. Yun, 2010. Biochemical characteristics of tea fungus produced during kombucha fermentation. *Food Science and Biotechnology*, 19: 843-847.
- Kallel, L., V. Desseaux, M. Hamdi, P. Stocker & E.H. Ajandouz, 2012. Insights into the fermentation biochemistry of Kombucha teas and potential impacts of Kombucha drinking on starch digestion. *Food Research International*, 49 (1): 226-232.
- Kapp, J. M. & W. Sumner, 2019. Kombucha: A systematic review of the empirical evidence of human health benefit. *Annals of Epidemiology*, 30: 66-70.
- Laureys, D., S.J. Britton & J. De Clippeleer, 2020. Kombucha tea fermentation: A review. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 78 (3): 165-174.
- Li, S., Zhang, Y. Gao, J. Li, T. Li, H. Mastroyannis, A & K. Chang, 2022. Effect of Fermentation Time on Physicochemical Properties of Kombucha Produced from Different Teas and Fruits: Comparative Study. *Journal of Food Quality*, Article ID 2342954.
- Malbasa, R., E. Lončar, M. Djurić & I. Došenović, 2008. Effect of sucrose concentration on the products of Kombucha fermentation on molasses. *Food Chemistry*, 108 (3): 926-932.
- Muhalidin, B. J., F.A. Osman, R. Muhamad, C.W.N.S. Che Wan Sapawi, A. Anzian, W.W.Y. Voon & A.S. Hussin, 2019. Effects of sugar sources and fermentation time on the properties of tea fungus (kombucha) beverage. *International Food Research Journal*, 26 (2): 481-487.
- Neffe-Skocińska, K., B. Sionek, I. Ścibisz & D. Kołożyn-Krajewska, 2017. Acid contents and the effect of fermentation condition of Kombucha tea beverages on physicochemical, microbiological and sensory properties. *Cyta Journal of Food*, 15 (4): 601-607.
- Oliveira, A. P., J.A. Pereira, P.B. Andrade, P. Valentão, R.M. Seabra & B.M. Silva, 2008. Organic acids composition of *Cydonia oblonga* Miller leaf. *Food Chemistry*, 111 (2): 393-399.
- Osiripun, V., & T. Apisitwong, 2021. Polyphenol and antioxidant activities of kombucha fermented from different teas and fruit juices. *Journal of Current Science and Technology*, 11(2): 188-196.
- Rechner, A., R. Smith, M. A. Kuhnle, G. Gibson, G. R. Debnam, E. S. Srail, S. K. S. & C. A. Rice-Evans, 2004. Colonic metabolism of dietary polyphenols: influence of structure on microbial fermentation products. *Free Radical Biology and Medicine*, 36 (2): 212-225.
- Teoh, A. L., G. Heard & J. Cox, 2004. Yeast ecology of Kombucha fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 95 (2): 119-126.
- Ünal, G., C. Karagözlü, Ö. Kınık, E. Akan & A.S. Akalın, 2016. Influence of supplementation with green and black tea on viscosity and sensory characteristics of drinking yoghurt. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 53 (3): 343-349.
- Velićanski, A. S., D.D. Cvetković, S.L. Markov, V.T. Tumbas Šaponjac & J.J. Vulić, 2014. Antioxidant and antibacterial activity of the beverage obtained by fermentation of sweetened lemon balm (*Melissa officinalis* L.) tea with symbiotic consortium of bacteria and yeasts. *Food Technology and Biotechnology*, 52 (4): 420-429.
- Villarreal-Soto, S. A., S. Beaufort, J. Bouajila, J.P. Souchard & P. Taillandier, 2018. Understanding kombucha tea fermentation: a review. *Journal of Food Science*, 83 (3): 580-588.
- Villarreal-Soto, S. A., J.P. Bouajila, S. Beaufort, D. Bonneaud, J.P. Souchard & P. Taillandier, 2021. Physicochemical properties of bacterial cellulose obtained from different Kombucha fermentation conditions. *Journal of Vinyl and Additive Technology*, 27 (1): 183-190.
- Watawana, M. I., N. Jayawardena, S.J. Ranasinghe & V.Y. Waisundara, 2017. Evaluation of the effect of different sweetening agents on the polyphenol contents and antioxidant and starch hydrolase inhibitory properties of Kombucha. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41 (1): e12752.
- Wu, Y., S. Li, Y. Tao, D. Li, Y. Han, P.L. Show & J. Zhou, 2021. Fermentation of blueberry and blackberry juices using *Lactobacillus plantarum*, *Streptococcus thermophilus* and *Bifidobacterium bifidum*: Growth of probiotics, metabolism of phenolics, antioxidant capacity in vitro and sensory evaluation. *Food Chemistry*, 348: 129083.



## Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (3):473-488  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1201871>

Sevgi GÖRMÜŞ<sup>1\*</sup>

Serhat CENGİZ<sup>1</sup>

Elif OKTAY<sup>1</sup>

<sup>1</sup> İnönü Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve  
Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı  
Bölümü, 44000, Battalgazi, Malatya,  
Türkiye

\* Sorumlu yazar (Corresponding author):  
[sevgi.gormus@inonu.edu.tr](mailto:sevgi.gormus@inonu.edu.tr)

# Vadilerin kent ekolojisini iyileştirme olanaklarının Ankara kent vadileri üzerinden değerlendirilmesi

## Evaluation of the possibilities of the valleys of improving the urban ecology through the Ankara city valleys

\* Bu makale İnönü Üniversitesi Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı Birimi tarafından FYL-2020-1881 numaralı proje olarak desteklenmiştir.

**Alınış:** (Received):09.11.2023

**Kabul Tarihi** (Accepted): 11.09.2023

### ÖZ

**Amaç:** Çalışmanın ana amacı; Ankara kent vadilerinin vadi sistemlerinin belirlenerek bu sistemlerin peyzaj değişim sürecinin açıklanması ve vadilerin kentin ekolojisini iyileştirme olanaklarının ekosistem servisleri ve yeşil altyapı yaklaşımları kapsamında araştırılmasıdır.

**Materyal ve Yöntem:** Çalışma, Ankara kent vadilerinin özelliklerinin belirlenmesini, peyzaj değişiminin Uzaktan Algılama CBS teknikleri aracılığıyla analizini ve elde edilen vadi özneliklerine dayanarak, vadiler için yeşil altyapı rehberinin geliştirilmesini kapsamaktadır.

**Araştırma Bulguları:** Ana kentsel çekirdekte kentsel dokunun artması vadi sistemi üzerinde baskı oluşturarak arazi değeri artışına ve nüfus baskısına neden olmuştur. Kent planları koruma amacı taşımaya karşın bu amaç uygulamaya yansıtılmamış bunun sonucunda vadilerin doğal niteliğini tahribata uğramıştır.

**Sonuç:** Ankara kent vadi sistemlerinin ekolojik işlevlerini geri kazanmak için yeşil altyapı uygulamaları ile desteklenmesi gerekmektedir. Vadilerin ekolojik ağ oluşturma olanaklarına dayanarak yeşil altyapı rehberi önerilmiştir.

### ABSTRACT

**Objective:** The main objective of the study is to identify the valley systems of Ankara city valleys, to explain the landscape change process of these systems and to investigate the possibilities of valleys to improve the ecology of the city within the scope of ecosystem services and green infrastructure approaches.

**Material and Methods:** The study covers the identification of the characteristics of Ankara urban valleys, the analysis of landscape change through Remote Sensing GIS techniques, and the development of a green infrastructure guide for valleys based on the valley attributes obtained.

**Results:** The increase in the urban fabric within the main urban core has put pressure on the valley system, leading to an increase in land value and population pressure. Although urban plans aim for conservation, this aim has not been reflected in practice, resulting in the destruction of the natural quality of the valleys.

**Conclusion:** Ankara's urban valley systems need to be supported with green infrastructure practices to restore their ecological functions. Based on the ecological networking possibilities of the valleys, a green infrastructure guide is proposed.

**Anahtar sözcükler:** Ankara, ekosistem hizmetleri, kentsel planlama, yeşil altyapı, vadi ekosistemi, Türkiye

**Keywords:** Ankara, ecosystem services, urban planning, green infrastructure, valley ecosystem, Türkiye

## GİRİŞ

Antroposen olarak bilinen mevcut çağ, insan faaliyetlerinin Dünya'nın biyofiziksel yapısı üzerindeki derin etkisi ile karakterize edilmektedir (Crutzen, 1998; Arcidiacono & Ronchi, 2021). Antroposen çağı, dünyadaki çevresel ve ekolojik krizlerin birincil itici gücü olarak kabul edilmektedir (UN, 2019a). Nüfus artışı ve kentleşme oranları, Antroposen çağının önemli itici güçleri olarak ortaya çıkmış ve bu çevresel krizlere yol açmıştır. Birleşmiş Milletler'e göre (UN, 2019b), küresel nüfusun 2020 yılında 7,7 milyara, 2050 yılında 10 milyara ve 2100 yılında 12,6 milyara ulaşacağı öngörülmektedir. Şu anda dünya nüfusunun yarısından fazlasını (2022'de %50,7) barındıran kentsel alanlar, gezegen yüzeyinin yalnızca %2'sini kaplamakla birlikte küresel karbon emisyonlarının %75'inden, küresel enerji tüketiminin %60-80'inden ve su kullanımının %60'ından sorumludur (BM, 2015).

2050 yılına kadar dünya nüfusunun %68,4'ünün şehirlerde ikamet edeceği ve toplamda 6,3 milyar kent sakininin olacağı tahmin edilmektedir (Grunewald et al., 2018). Bu hızlı kentleşme, öngörülen kentsel nüfus artışını karşılamak için kentsel alanların kapladığı yüzölçümünün üç katına çıkmasını gerektirecektir (Grunewald et al., 2018). Bu nedenle, kentsel nüfusun tüketim oranlarının daha da artması beklenmektedir. Artan kentleşme oranları, küresel değişimin belirgin bir belirtisi ve küresel çevresel dönüşümlerin önemli bir itici gücü haline gelmiştir (Grunewald et al., 2018). Türkiye'de de kentleşme oranları artmakta olup, kentli nüfus 1984 yılında %50'yi aşmış ve 2022 yılında %77'ye ulaşmıştır. Projeksiyonlar, Türkiye'deki kentsel nüfusun artmaya devam ederek 2030 yılında %80,2'ye, 2040 yılında %83,4'e ve 2050 yılında %86'ya ulaşacağını göstermektedir (BM, 2018).

Kentleşme yalnızca demografik, ekonomik ve sosyal yönleri etkilemekle kalmayıp, aynı zamanda kentsel ekosistemler üzerinde de önemli etkilere sahiptir (Duraiappah et al., 2005; UNDP, 2012; Grunewald et al., 2018). Kentsel nüfusun faaliyetleri ve ihtiyaçları, kentsel ekosistemler içindeki doğal ve yarı doğal ortamlar üzerinde muazzam bir baskı oluşturarak, ekosistem işlevlerinin ve hizmetlerinin bozulmasına yol açmaktadır. Seto & Reenberg (2013), kentsel arazi genişlemesinin sıklıkla biyoçeşitlilik sıcak noktalarının yakınında gerçekleştiğini ve artan kentsel nüfusun kentsel alanların fiziksel genişlemesini yoğunlaştırdığını öne sürmektedir. Kentsel alanların genişlemesi kentsel ısı adası etkisine katkıda bulunmakta, yerel ve bölgesel iklimleri değiştirmekte, su koridorlarını bozmakta, inşaat ve enerji amaçlı doğal kaynak kullanımını artırmakta ve tarımsal verimliliği engelleyerek habitat kaybına, biyolojik çeşitliliğin azalmasına ve ekosistem hizmetlerinin (EH) azalmasına neden olmaktadır.

Kentleşmenin etkilerine yanıt verme ve iklim değişikliğinin sonuçlarını hafifletme stratejilerinde doğaya dayalı çözümler son yıllarda ivme kazanmıştır. Avrupa Komisyonu tarafından AB Biyoçeşitlilik Stratejisi ve Yeşil Altyapı Stratejisi doğrultusunda başlatılan EnRoute bu projelerden biridir. EnRoute, kentsel ekosistemlerin kentsel planlamadaki rolü hakkında bilimsel bilgi sağlamayı, kentsel yeşil altyapının (KYA) uygulanmasını desteklemeyi ve KYA'nın oluşturulması, yönetimi ve yönetişimi konusunda rehberlik sunmayı amaçlamaktadır (Oppla, 2022). Birleşmiş Milletler (BM) Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri ile uyumlu bu tür projeler ve yaklaşımlar, iklim değişikliği, küresel ısınma ve biyolojik çeşitlilik kaybı gibi küresel zorluklara karşı kentsel dayanıklılığı artırmayı amaçlamaktadır. Doğa temelli çözümler, kentsel sürdürülebilirlik alanında farklı ölçeklerde uygulanabilen ekosistem hizmetleri, yeşil altyapı, mavi altyapı, peyzaj altyapısı, sürdürülebilir altyapı, ekolojik tasarım, kentsel metabolizma ve ekolojik ayak izi gibi çeşitli yaklaşımları kapsamaktadır. Ekoloji temelli bu yaklaşımlar, insan ve çevre arasındaki ilişkiyi geliştirme potansiyeline sahiptir (Forman, 2008). Son yıllarda, ekosistem hizmetleri (EH) yaklaşımı, farklı ölçeklere uyarlanabilirliği nedeniyle, kentsel planlama çalışmalarında önem kazanmıştır. EH yaklaşımıyla uyumlu ve farklı ölçeklere uyarlanabilen değerli bir teknik de yeşil altyapı uygulamasıdır. Doğa temelli bir çözüm olarak yeşil altyapı, hem bilimsel hem de politik alanda kentsel sürdürülebilirlik ve dayanıklılık için kritik bir kavram olarak ortaya çıkmıştır. Avrupa Birliği yeşil altyapıyı, çeşitli ekosistem hizmetleri sağlamak üzere tasarlanmış ve stratejik olarak yönetilen peyzajlardan oluşan bir ağ olarak tanımlamaktadır. Yeşil altyapı doğal ve yarı doğal alanları kapsamakta ve stratejik planlarla yönetilmektedir (Zulian et al., 2021). Önemli

yarı doğal ekosistemlerden biri olan vadi sistemleri, kentsel yeşil altyapının oluşturulmasında hayati bir rol oynamaktadır. Vadi sistemlerinin peyzaj değişikliğine, arazi kullanım değişikliğine ve iklim değişikliğinin etkilerine verdiği tepkinin değerlendirilmesi, su kaynaklarının etkin yönetimi ve ekosistem hizmetlerinin sağlanması için gereklidir (Stevenson & Sabater, 2010).

Akarsular, vadi sistemleri içerisinde önemli bir bileşen oluşturmakta ve peyzaj karakterini önemli ölçüde şekillendirmektedir. Bununla birlikte, peyzaj değişikliklerinden de derinden etkilenmektedirler. Akarsu ekosistemleri, karasal peyzajlarda doğrusal özelliklerden daha fazlasıdır; yerel ekolojik örüntüleri anlamak için kritik çerçeveler olarak hizmet etmektedirler (Thorp et al., 2008). Akarsular, aşağı yönde enerji ve materyal taşınmasını kolaylaştıran ve öngörülebilir ekolojik koşullara neden olan bağlantılı ekosistemlerdir (Vannote et al., 1980). Dolayısıyla, akarsular yüksek biyolojik çeşitlilik barındırmakta ve çeşitli baskılara karşı hassastırlar. Ancak, akarsular arazi kullanım faktörleri ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı en savunmasız ekosistemler arasındadır. Tarımsal alanlarda gübre kullanımı, nüfus artışı, kentsel genişleme, gıda üretimi, ulaşım ihtiyaçları, hidroelektrik santralleri, taşkın kontrolü ve su kullanımı gibi faktörler akarsular üzerinde önemli küresel baskılar oluşturmaktadır (Oki & Kanae, 2006). İnsan ihtiyaçları tarafından yönlendirilen arazi kullanım değişiklikleri genellikle akarsu hidrolojisini, mevcut habitatları, besin girdilerini ve tür çeşitliliğini göz ardı etmektedir (Stevenson & Sabater, 2010). Akarsular, biyojeokimyasal döngülerin düzenlenmesi, içme suyu temini, endüstriyel ve sulama suyu temini, gıda üretimi ve estetik ve kültürel deneyimler dahil olmak üzere insanlara doğrudan fayda sağlamaktadır. Bu nedenle, akarsular ekosistem hizmetlerinin sağlanması için kritik ağlar olarak kabul edilmektedir.

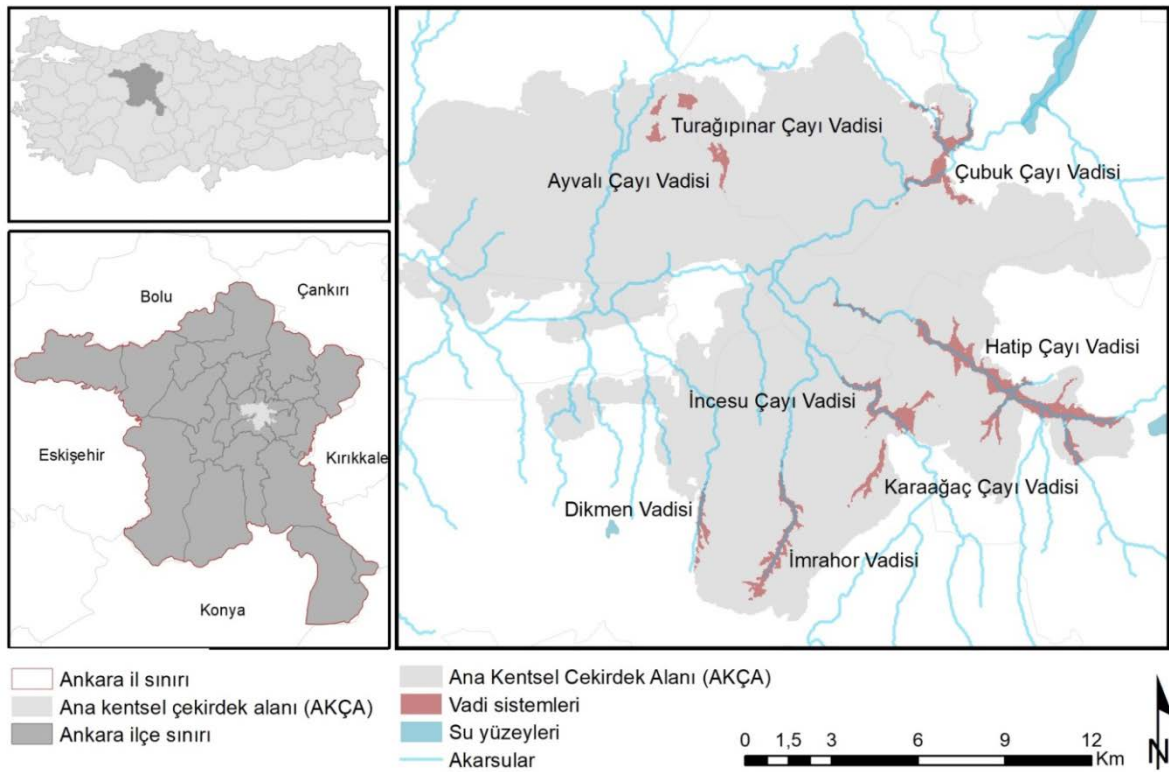
Bu çalışma, kentsel büyümenin genişleme eğiliminin yüksek biyoçeşitlilik değerine sahip alanları hedef aldığı hipotezine dayanmaktadır. Kentsel ekosistemlerin korunması için küçük ölçekten büyük ölçeğe uyarlanabilecek ekoloji temelli yaklaşımlara duyulan ihtiyacın farkında olan çalışma, Ankara kent vadileri olarak adlandırılan Ankara kentindeki vadi sistemlerine odaklanmaktadır. Çalışmanın temel amacı, Ankara kent vadilerindeki değişim dinamiklerini incelemek ve ekosistem hizmetleri ve yeşil altyapı yaklaşımları aracılığıyla kent ekolojisini iyileştirme potansiyellerini araştırmaktır. Çalışmanın özel hedefleri arasında Ankara kentsel vadi sisteminin tanımlanması ve karakterize edilmesi, peyzaj değişiminin bu vadi sistemleri üzerindeki etkilerinin açıklanması, peyzaj değişiminin temel itici güçlerinin değerlendirilmesi, kentsel vadi sistemlerine dayalı ekolojik ağların geliştirilmesinin önerilmesi ve ekolojik ağ tabanlı yeşil altyapı rehberi oluşturulması yer almaktadır. Çalışma, kartografik modeller aracılığıyla, akarsu ağlarının vadi sistemi içinde koruma için avantajlar sunarken, aynı zamanda kentleşme ve inşaat baskılarına karşı oldukça hassas olduklarını ve vadi ekosistemlerinin sürdürülebilirliği için zorluklar oluşturduklarını göstermeyi amaçlamaktadır. Bununla birlikte, kırsal ve kentsel bağlamları bütünleştiren ekolojik ağlarla planlandığı ve doğa temelli çözümlerle yönlendirildiği takdirde, akarsular ve vadi sistemleri kentsel ekosistemlerin iyileştirilmesinde önemli bir rol oynayabilir.

## **MATERYAL ve YÖNTEM**

### **Materyal**

Çalışma alanı: İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan 900 m rakıma 24.500 km<sup>2</sup> yüz ölçümüne sahip olan Ankara kentinde kentsel büyümenin etkisi ile kent çeperinde yer alan vadiler zamanla kentsel alan içerisinde kalmıştır. Günümüze gelindiğinde Ankara kentsel alanı vadiler üzerinde gelişmiştir. Bu çalışmanın alanını 255,54 km<sup>2</sup> yüz ölçümüne sahip Ana Kentsel Çekirdek Alanı (AKÇA) (Cengiz, 2019) oluşturmaktadır. AKÇA Altındağ, Çankaya, Etimesgut, Keçiören, Mamak Sincan ve Yenimahalle ilçelerini kapsamakta ve bu alan içerisinde 187 mahalleyi kapsamakta ve 15 vadi sistemi bulunmaktadır. AKÇA'ndaki 15 vadi sisteminden 12,55 km<sup>2</sup> alan kaplayan sekiz (8) vadi (Ayvalı Çayı Vadisi, Çubuk Çayı Vadisi, Dikmen Vadisi, Hatip Çayı Vadisi, İmrahor Vadisi, İncesu Vadisi, Karaağaç Çayı Vadisi ve Turağıpınarı Çayı Vadisi) incelenmiştir (Şekil 1).





Şekil 1. Çalışma alanının konumu.

Figure 1. Location of the study area.

Veri kaynakları: Vadi sistemlerinde oluşan arazi kullanımı/arazi örtüsü değişimi Sayısal Yükseklik Modeli, uydu görüntüleri, kent planları ve kent politikaları; fiziksel ve sosyo-ekonomik değişim ise nüfus değişimi ve arazi değerleri değişimi aracılığıyla değerlendirilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Verilerin özellikleri ve veri kaynakları

Table 1. Data properties and data sources

Veri türü	Veri yılı	Amaç	Veri kaynağı
Landsat TM, ETM ve OLI uydu görüntüleri	1984-2001-2018	Vadi sistemlerindeki Arazi kullanımı ve arazi örtüsü /AKAÖ değişiminin tespit edilmesi	Cengiz, 2019
Sayısal Yükseklik Modeli (SYM-Digital Elevation Model-DEM)	2020	Vadilerin topoğrafik niteliklerinin belirlenmesi	Cengiz, 2019
Kentsel planlama sürecine ilişkin planlar; Lörcher P., Jansen P., Yücel-Uybadin P., 1990 Ankara Nazım P., 2015 Yapısal P. 2023 Nazım İmar P.	1924, 1928, 1957, 1990, 2023	Plan kararlarının vadileri değerlendirme yaklaşımının saptanması	Ankara BŞB veri tabanı, akademik çalışmalar ve raporlar
Planların uygulanmaması ve geçekodu etkisi	-	Plan kararlarının uygulanmaması ve yerel yönetim politikalarının vadiler üzerinde geliştirdiği yapılaşma baskısının belirlenmesi	Mimarlar Odası, Şehir Plancıları O. ve Peyzaj Mimarları O. raporları
Nüfus verisi	2000-2018	Demoğrafik değişimin vadi sistemi üzerindeki etkisinin belirlenmesi	Türkiye İstatistik Kurumu
Arazi değeri	2007- 2020		Gelir İdaresi Başkanlığı
Kentsel yeşil alanlar, doğal alanlar, yarı doğal alanlar	2018 AÖ/AK ve Güncel Nazım İmar Planı	Ekolojik ağ önermek ve yeşil altyapı tasarım kodlarını ve yeşil altyapı rehberini belirlemek	Cengiz, 2019 ve Ankara BŞB

## Yöntem

Bu çalışmada, Ekosistem hizmetleri ve Yeşil altyapı yaklaşımları çerçevesinde Ankara kent vadilerinde değişim süreci ve vadilerin kentin ekolojisini iyileştirme olanakları belirlenmektedir. Bu kapsamda gerçekleştirilen aşamalar şunlardır: (I) Ankara vadi sistemlerinin morfometrik analizlerle belirlenmesi ve örneklem vadilerin topografik özelliklerinin hesaplanması, (II) Vadi peyzajlarının zamansal değişiminin tespit edilmesi, (III) Vadi peyzajlarının değişiminin ana faktörlerinin belirlenmesi ve (IV) Ankara kent vadi sistemlerine yönelik ekolojik ağ tabanlı yeşil altyapı rehberinin geliştirilmesi.

**Vadi sisteminin morfometrik analizlerle belirlenmesi:** Morfometrik analizler aracılığıyla vadi sınırları ve vadi sisteminin topografik özellikleri belirlenmiştir. Morfometrik analizler 30x 30 metre Sayısal Yükseklik Modeli (SYM-Digital Elevation Model-DEM, 30 m çözünürlüklü) üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Vadi sistemlerini belirlemek için Topografik Konum İndeksi (TPI) ve yarı otomatik bir sınıflandırma tekniği kullanılmıştır. TPI, hücrelerin ve komşu hücrelerin yükseklik değerlerini kullanarak bir alanın yüzey şekillerini ve eğimlerini sınıflandıran ve standartlaştıran bir yöntemdir. Pozitif TPI değerleri tepeler ve dağlar gibi daha yüksek yükseltileri gösterirken, negatif değerler vadiler ve kanyonlar gibi daha düşük yükseltileri gösterir. Sıfıra yakın veya sıfıra yaklaşan TPI değerleri, hücreler ve komşuları arasında minimum yükseklik ve eğim farklılıkları olan düzlük ve plato yapılarını temsil eder (Weiss, 2001; Tağıl & Jenness, 2008). Buna göre 50 metreden küçük ve 450 metreden büyük komşuluğa göre göre sırasıyla TPI değerinin standart sapmanın negatif değerinden küçük ve eşit olan ( $TPI \leq -1 SD$ ) ve standart sapmanın negatif değerinden büyük ve eşit olan ( $TPI \geq -1 SD$ ) bölgeler vadi olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 2). Ankara ana kentsel çekirdek alanı içerisinde bu sınıflandırmaya göre, 15 vadi tespit edilmiş ve araştırma kapsamında en iyi örneklem özelliği gösteren sekiz vadi incelenmiştir. İncelenen vadilerinin vadi uzunluğu, eğim uzunluğu, ortalama eğimi, ortalama yüksekliği vb. gibi topografik özellikleri vadilerin öz niteliklerine işlenmiştir.

**Çizelge 2.** Yeryüzü biçimi sınıflarının ve eğim konum sınıflarının açıklamaları (Weiss, 2001)

**Table 2.** Descriptions of landform classes and slope location classes (Weiss, 2001)

Arazi Formu Sınıfları	TPI ve Eğim Kriterleri		
	50 m den Küçük Komşuluk - Komşuluk	Büyük Komşuluk 450 m- Komşuluk	Eğim Durumu- Konumu-Sınıflaması
Kanyonlar ve Derin Kesik Akarsular	$TPI \leq -1 SD$	$TPI \geq -1 SD$	Vadi
Orta Eğimli Drenaj Ve Sığ Vadiler	$TPI \leq -1sd$	$-1 SD < TPI < 1sd$	Düz Yüzey
Yüksek Arazi Drenajları, Nehir Suları	$TPI \leq -1SD$	$TPI \geq 1 SD$	Orta Eğim
U Şeklinde Vadiler-Ovalar	$-1 SD < TPI < 1SD$	$TPI \leq -1SD$	Tepeler
Ovalar	$-1 SD < TPI < 1SD$	$-1 SD < TPI < 1SD$	-

**Vadi peyzajlarının çok zamanlı değişimi:** Vadi sistemlerinde arazi kullanımı ve arazi örtüsünün zamansal değişiminin belirlenmesinde Cengiz (2019) tarafından üretilen 30 metre mekânsal çözünürlüğe sahip 1984, 2000, 2018 yıllarına ait ve farklı düzey bilgileri içeren Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü (AKAÖ) verileri ile araştırma kapsamında incelenecek sekiz vadi sistemi karşılaştırılarak vadi sistemlerindeki arazi kullanımının zamansal değişimi ortaya konulmuştur. Bu aşamada kullanılan arazi kullanımı/örtüsü verilerinin zamansal derinliğinin belirlenmesindeki temel kriter, 30x30 m olan araştırma birim ölçeğine uygun en eski tarihli LANDSAT uydu görüntüsünün 1984 tarihli olmasıdır. Ayrıca araştırma alanı olarak seçilen Ankara kentinde 1990 erimli Nazım İmar Planı'nın sonuçlarının kentsel ekosistem üzerindeki etkisinin anlaşılmasında kullanılacak en eski tarihli uydu görüntüsünün 1984 yılına ait olması nedeniyle bu çalışma kapsamında zamansal başlangıç 1984 yılı olarak kabul edilmiştir (Cengiz, 2019). Araştırma kapsamında kullanılan diğer yıllara ait uydu görüntüleri ise 17 yıllık iterasyonlar ile seçilerek vadi sistemlerinde yaşanan arazi kullanımı/örtüsü değişimi ortaya konulmuştur.

**Vadi sistemlerinin değişiminin ana faktörlerinin belirlenmesi:** Ankara vadi sistemlerinde arazi kullanımı ve arazi örtüsündeki değişikliklere katkıda bulunan faktörler politik, nüfus değişimi ve ekonomik faktörler göz önünde bulundurularak araştırılmıştır. Kentsel planlar, nüfus artışı ve arazi değeri bu çalışmada kilit faktörler olarak belirlenmiştir.

**Kentsel planlar:** Ankara'da 1924-2023 yılları arasında uygulanan Lörcher Planı (1924), Jansen Planı (1928), Yücel-Uybadin Planı (1957), 1990 Ankara Nazım Planı, 2015 Yapısal Planı ve 2023 Nazım İmar Planı gibi çeşitli kent planları vadi sistemlerinin dönüşümü üzerindeki etkilerini anlamak için incelenmiştir. Akademik çalışmalar, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği'ne (TMMOB) bağlı planlama temelli meslek odalarının raporları ve basın bültenleri vadi sistemi dönüşümlerinin siyasi yönlerine dair içgörü sağlamak amacıyla analiz edilmiştir.

**Arazi değeri:** Rant, arazi değeri ve vadi ekosistemi arasındaki etkileşimin yanı sıra kalkınma eğilimlerinin vadi sistemleri üzerindeki etkisi, arazinin metrekaresi başına birim fiyatlar kullanılarak değerlendirilmiştir. Arazi değeri haritaları, Gelir İdaresi Başkanlığı tarafından 2007 ve 2020 yılları için yayınlanan arazi metrekaresi birim fiyatlarının (Gelir İdaresi Başkanlığı, 2020) mahalle sınırlarına işlenmesi ile oluşturulmuştur.

**Gecekondu bölgeleri:** Vadi sistemlerinde gecekondulaşma oranları 2023 Nazım İmar Planı'nda belirlenen kentsel dönüşüm bölgelerinin vadi sistemleri ile örtüştürülmüştür. Ardından, gecekondulaşma oranı her bir vadi sisteminin toplam yüzölçümü ile ilgili vadinin sınırları içerisindeki gecekondu alanları (kentsel dönüşüm bölgeleri) bölünmesiyle elde edilmiştir. Belirlenen gecekondulaşma oranı vadi özniteliklerine aktarılmıştır.

**Nüfus artışı:** Ankara'nın kentsel çekirdeğinde yer alan 187 mahallenin 2000 ve 2018 yıllarına ait nüfus verileri Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi'nden (TÜİK, 2018) elde edilmiştir. Bu veriler, nüfus değişiminin vadi ekosistemleri üzerindeki etkisini değerlendirmek için kullanılmıştır. Her mahallenin nüfus değişimi aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmiştir:

$$Nd = (|Nt2 - Nt1|) * 100 / Nt1$$

Formülde "Nd", nüfus değişimini, "Nt1", 2000 yılındaki nüfusu ve "Nt2" 2018 yılındaki mahalle nüfusunu ifade etmektedir. Elde edilen ve 0 ile 100 arasında değişen değerler düşük, yoğun, orta yoğun, çok yoğun ve aşırı yoğun olmak üzere beş kategoride sınıflandırılmıştır (Cengiz vd., 2022).

### **Ankara'nın kentsel vadi sistemleri için ekolojik ağ tabanlı yeşil altyapı rehberinin geliştirilmesi**

Bu aşamanın gerçekleştirilmesinde öncelikle, alana ilişkin planlardan elde edilen korunan alanlar ve parklar gibi alan statülerinin vadi sistemlerine yakınlığı Öklid mesafe analizi kullanılarak hesaplanmış ve elde edilen mesafe verileri, bölgesel istatistik tekniği kullanılarak vadilerin özniteliklerine işlenmiştir. Ayrıca, önceki aşamalarda elde edilen vadilerin topografik özellikleri, arazi kullanımı/arazi örtüsü kategorileri, nüfus değişim verileri ve arazi rant değerleri gibi bilgiler de vadilerin özniteliklerine aktarılmıştır. Vadi sistemlerinin öz nitelikleri dikkate alınarak, yeşil altyapı yaklaşımının çok işlevlilik, bağlanabilirlik ve entegrasyon ilkeleri (Niemelä & Breuste, 2011; Wickham et al., 2010; Benedict & McMahon, 2012) kapsamında ekolojik ağ tabanlı yeşil altyapı rehberleri geliştirilmiştir. Bu rehber, Avrupa Birliği'nin hava kalitesinin düzenlenmesi, erozyonun önlenmesi, su akışının düzenlenmesi, kıyıların korunması, kirlilik, toprak kalitesi, su arıtma ve iklim düzenlenmesi (Liquete et al., 2015) kriterleriyle uyumludur. Rehber, bu kriterlere dayalı olarak ekosistem hizmeti kategorilerini desteklemeyi amaçlamaktadır.

## **ARAŞTIRMA BULGULARI**

### **Ankara kent vadilerinin sistemlerinin topoğrafik özellikleri**

Vadilerin yüzölçümleri, uzunlukları, yükseklikleri ve eğimleri birbirinden farklıdır. Yüzey alanı en küçük olan vadi 0,46 km<sup>2</sup> ile Karaağaç Çayı Vadisi, en büyük yüzey alanına sahip vadi ise 4,63 km<sup>2</sup> ile

Hatip Çayı Vadisi'dir. Hatip Çayı Vadisi (8,12 km) en uzun vadi; Ayvalı Çayı Vadisi (2,49 km) en kısa vadidir. Vadilerde Vadi duvarı yüksekliği büyükten küçüğe doğru sırasıyla şu şekildedir: İmrahor Vadisi, Dikmen Vadisi, Karaağaç Çayı Vadisi, Hatip Çayı Vadisi, Ayvalı Çayı Vadisi, Çubuk Çayı Vadisi, İncesu Deresi Vadisi ve Turağıpınar Çayı Vadisi'dir. Vadi eğimleri %23,65 ile %11,31 arasında değişmektedir. En yüksekten en düşüğe doğru vadilerin eğimleri sırasıyla Karaağaç Çayı Vadisi'nde %23,65, İmrahor Vadisi'nde %22,44, Ayvalı Çayı Vadisi'nde %19,26, Dikmen Vadisi'nde %18,53, İncesu Deresi Vadisi'nde %14,45, Turağıpınar Çayı Vadisi'nde %13,48, Hatip Çayı Vadisi'nde %11,50 ve Çubuk Çayı Vadisi'nde %11,31 dir (Çizelge 3).

**Çizelge 3.** Vadi sistemlerinin topoğrafik özellikleri

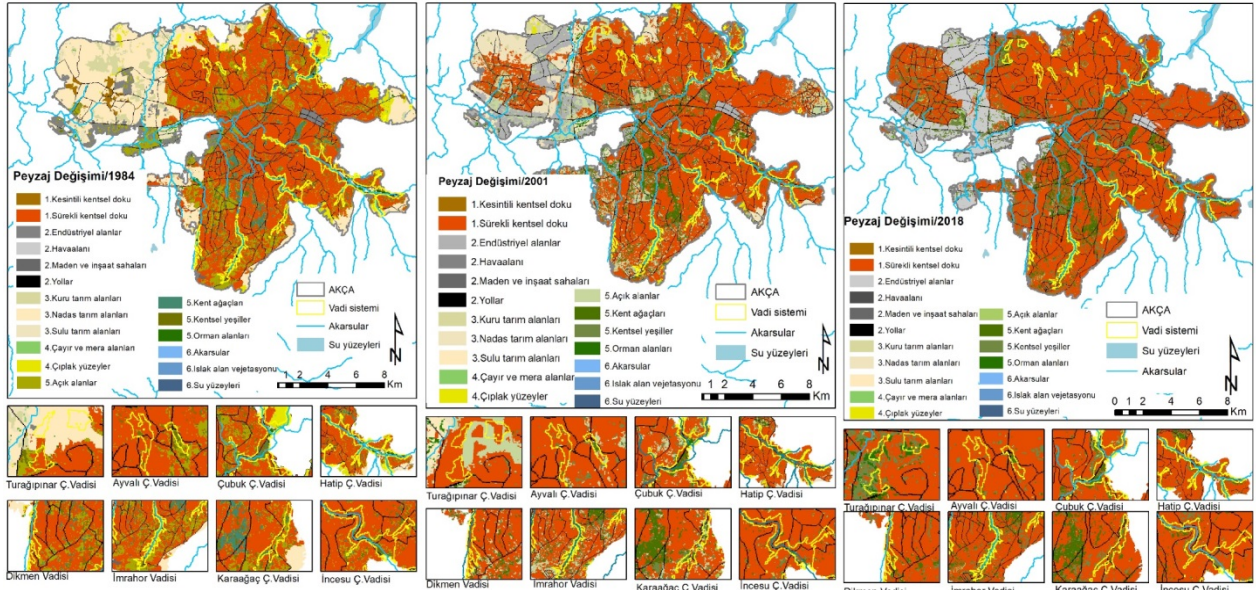
**Table 3.** Topographical characteristics of valley systems

Vadi Adı	Vadi Alanı (km <sup>2</sup> )	Vadi Uzunluğu (km)	Vadi Tabanı-Tavan kotu (m)	Vadi Yüksekliği (m)	Vadi Ortalama Eğimi (%)
Ayvalı Çayı Vadisi	0,592	2,49	922-1045	123	19,26
Çubuk Çayı Vadisi	2,187	7,13	860-970	110	11,31
Dikmen Vadisi	0,479	3,09	972-1129	157	18,53
Hatip Çayı Vadisi	4,637	8,12	886-1019	133	11,50
İmrahor Vadisi	1,434	5,87	937-1172	235	22,44
İncesu Deresi Vadisi	1,474	5,03	866-968	102	14,45
Karaağaç Çayı Vadisi	0,467	2,68	924-1059	135	23,65
Turağıpınar Çayı Vadisi	0,617	3,92	956-1018	62	13,48

### Ankara kent vadilerinde çok zamanlı peyzaj değişimi

Ana kentsel çekirdekte yaşanan peyzaj değişimi vadi sistemlerini doğrudan etkilemiştir. Ana kentsel çekirdek içerisinde 1984- 2018 yılları arasındaki düzey 1 arazi kullanım değişimine göre, yapay yüzeyler kategorisi 135,27 km<sup>2</sup>'den 209,48 km<sup>2</sup> artış göstererek %54,86 oranında büyümüştür. Açık yeşil alanlar kategorisinde ise 1984 ile 2001 yılları arasında 46,93 km<sup>2</sup>'den 56,36 km<sup>2</sup> ulaşarak yaklaşık olarak %20 artmış olmasına rağmen 2001 ve 2018 yılları arasında 56,36 km<sup>2</sup>'den 45,33 km<sup>2</sup>'ye gerilemiştir. Bu gösterge açık yeşil alanların 1984 ve 2018 yılları arasındaki yaklaşık 1,6 km<sup>2</sup> azaldığını göstermektedir. Tarım alanları kategorisinde ise 1984 ve 2018 yılları arasında 65,1 km<sup>2</sup>'den 0,1 km<sup>2</sup>'ye azaldığı gözlenmiştir. Bu gösterge yapay yüzeyler kategorisinin çoğunlukla tarım alanları üzerinde geliştiğini göstermektedir (Şekil 2, Çizelge 4).

Ana kentsel çekirdek alanına ilişkin düzey 2 analizleri incelendiğinde, 1984 ve 2018 yılları arasında kentsel doku 115,64 km<sup>2</sup>'den, 162,04 km<sup>2</sup>'ye ulaşarak yaklaşık 1,4 kat, üretim alanları 7,65 km<sup>2</sup>'den 29,17 km<sup>2</sup>'ye ulaşarak yaklaşık 3,8 kat ve ulaşım ağları 11,98 km<sup>2</sup>'den 18,27 km<sup>2</sup>'ye ulaşarak 1,52 kat büyümüştür. Bu büyüme oranları bir önceki düzeye ilişkin tarım alanlarının yok olması verisiyle birlikte değerlendirildiğinde Ankara ana kentsel çekirdek içerisindeki ekonomik üretim deseninin 1984 2018 yılları arasında tarımsal üretimden endüstriyel üretime geçtiğini göstermektedir. Düzey 3 analizleri incelendiğinde AKÇA'da 1984 ve 2018 yılları arasında sürekli kentsel doku, endüstriyel alanlar, yollar, kentsel yeşiller ve kent ağaçları artarken, açık alanlar, kuru tarım alanları, nadas tarım alanları ve çıplak yüzeyler azalmıştır. 1984 ile 2018 yılları arasında ana kentsel çekirdekte alanı içerisindeki kesintili kentsel dokunun sürekli kentsel dokuya dönüşmesiyle sürekli kentsel doku kentsel dokuda baskın arazi kullanımı olmuştur. Bu yıllar arasında açık alanlar 28,194 km<sup>2</sup> azalırken kentsel yeşil alanlar 18,41 km<sup>2</sup> artmıştır (Çizelge 4).



Şekil 2. Ana kentsel çekirdek alanı ve kent vadilerinde çok zamanlı arazi örtüsü/arazi kullanımı değişimi.

Figure 2. Multi-temporal land cover/land use change in the main urban core area and urban valleys.

Çizelge 4. Ana kentsel çekirdek alanında peyzaj değişimi

Table 4. Spatial change in land use categories in the main urban core area

Ana Kentsel Çekirdek Arazi Kullanımları	1984		2001		2018	
	Alan (km <sup>2</sup> )	Oran (%)	Alan (km <sup>2</sup> )	Oran (%)	Alan (km <sup>2</sup> )	Oran (%)
<b>Yapay yüzeyler/ Kentsel doku</b>						
Sürekli kentsel doku	113,80	44,53	137,72	53,89	162,04	63,41
Kesintili kentsel doku	1,84	0,72	0,03	0,01	0	0
<b>Yapay yüzeyler/ Üretim alanları</b>						
Endüstriyel alanlar	7,50	2,93	19,05	7,455	29,17	11,41
Maden ve inşaat alanları	0,15	0,05	0	0	0	0
<b>Yapay yüzeyler/ Ulaşım ağları</b>						
Havaalanı	0	0	0,02	0,01	0,03	0,012
Yollar	11,98	4,69	16,05	6,28	18,24	7,1
<b>Açık ve yeşil alanlar</b>						
Açık alanlar	31,83	12,45	26,34	10,30	3,63	1,42
Kentsel yeşiller	8,86	3,46	17,86	6,99	27,27	10,67
Kent ağaçları	6,24	2,44	12,16	4,75	14,43	5,64
<b>Tarım alanları</b>						
Kuru tarım alanları	7,95	3,11	1,83	0,71	0	0
Nadas tarım alanları	53,69	21,01	18,45	7,21	0,06	0,02
Sulu tarım alanları	3,46	1,35	1,70	0,66	0,04	0,01
<b>Seyrek vejetasyon alanları</b>						
Çıplak yüzeyler	5,69	2,22	1,59	0,622	0,04	0,01
Orman alanları	1,37	0,53	1,19	0,4	0,42	0,16
<b>Orman alanları</b>						
Çayır ve mera alanları	0,83	0,32	1,36	0,53	0,58	0,22
<b>Su yüzeyleri ve vejetasyonu</b>						
Su yüzeyleri	0,83	0,32	0,01	0	0	0
Akarsular	0,07	0,02	0,02	0	0	0
Islak alan vejetasyonu	0,20	0,07	0,102	0,040	0,001	0
<b>Toplam</b>	<b>255,54</b>	<b>100</b>	<b>255,54</b>	<b>100</b>	<b>255,54</b>	<b>100</b>

Ankara ana kentsel çekirdekteki vadi sisteminin toplam alanı 12,55 km<sup>2</sup> olup, ana kentsel çekirdek alanın %4.91'ini oluşturmaktadır. Ana kentsel çekirdek alanındaki vadi sisteminin arazi örtüsü arazi kullanımı düzey 3 analizleri incelendiğinde 1984 ile 2018 yılları arasında sürekli kentsel doku 5,76 km<sup>2</sup> den 8,08 km<sup>2</sup>'ye ulaşmış, 1,4 kat artarak 2018 yılında en yüksek yüzölçümüne sahip arazi kullanımı olmuştur. Sürekli kentsel doku sınıfının artması ile birlikte yollar, kentsel yeşiller, kent ağaçları, maden ve inşaat sahalarında da artış görülmektedir. 1984-2018 yılları arasında açık alanlar ciddi bir azalma görülmektedir. Açık alanlar 1,55 km<sup>2</sup>'den 0,1017 km<sup>2</sup>'ye düşerek yaklaşık olarak 15,5 kat azalmıştır (Çizelge 5).

**Çizelge 5.** Ankara kent vadilerinde peyzaj değişimi

**Table 5.** Landscape change in Ankara urban valleys

Arazi kullanımı/örtüsü	1984 Alan (km <sup>2</sup> )	1984 (%)	2001 Alan (km <sup>2</sup> )	2001 (%)	2018 Alan (km <sup>2</sup> )	2018 (%)
1.1.1.Sürekli kentsel doku	5,7699	45,97	7,0902	56,49	8,0811	64,38
1.1.2.Kesintili kentsel doku	0,0009	0,01	0	0,00	0	0,00
1.2.1.Endüstriyel alanlar	0,0153	0,12	0	0,00	0	0,00
1.2.2.Maden ve inşaat sahaları	0,0000	0,00	0	0,00	0,0018	0,01
1.3.2.Yollar	1,1205	8,93	1,3914	11,08	1,4148	11,27
1.4.1.Açık alanlar	1,5543	12,38	1,1646	9,28	0,1017	0,81
1.4.2.Kentsel yeşiller	0,9738	7,76	1,2204	9,72	1,8045	14,38
1.4.3.Kent ağaçları	0,6111	4,87	1,1232	8,95	1,0089	8,04
2.1.Kuru tarım alanları	0,0918	0,73	0,0162	0,13	0	0,00
2.2.Nadas tarım alanları	1,2375	9,86	0,1476	1,18	0	0,00
2.3.Sulu tarım alanları	0,1233	0,98	0,0018	0,01	0,0009	0,01
3.1Çıplak yüzeyler	0,3645	2,90	0,1125	0,90	0	0,00
3.2.Orman alanları	0,3771	3,00	0,1017	0,81	0,1341	1,07
3.3Çayır ve mera alanları	0,3042	2,42	0,18	1,43	0,0045	0,04
4.3.Islak alan vejetasyonu	0,0081	0,06	0,0027	0,02	0	0,00
Toplam vadi alanları	12,5523	100,00	12,5523	100	12,5523	100,00

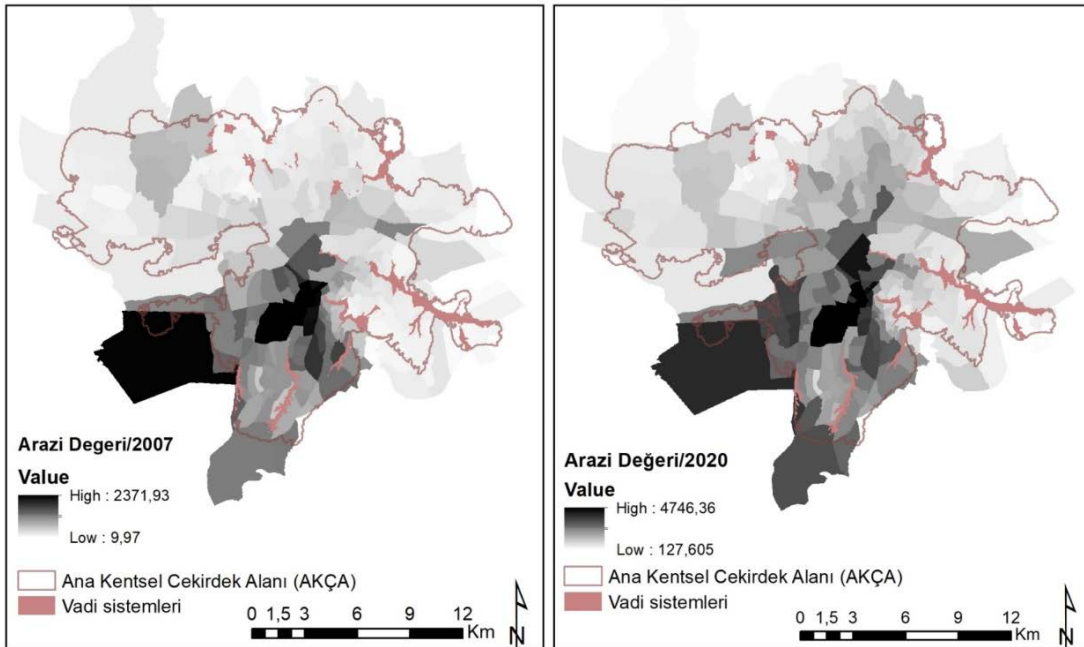
### Ankara kent vadilerinin peyzaj değişimini yönlendiren faktörler

**Kent Planları:** Lörcher Planı'nda (1925-1932) kent içerisindeki derelere bağlı olarak geliştirilen "ardışık yeşil alan dizileri" fikri rekreasyon olanaklarını içermektedir. Jansen Planı'nda (1932-1957) açık yeşil alan sistemi için Ankara Çayı, Bent Deresi, Cevizlidere, Hatip Çayı, İncesu Deresi, Kavaklıdere ve Kirazlıdere'nin korunması önerilmiş ve vadi sistemlerinin rekreasyon alanları ile entegrasyonu sağlanmak istenmiştir. Yücel Uybadin Planı'nda (1957) İncesu Deresi çevresinde olimpiyat kompleksi planlanmıştır. 1990 Ankara Nazım Planı'nda AKÇA'nın Doğu ve Kuzeydoğu yönünde ağaçlandırma alanı önerilmiştir. Bu alanların yerleşim alanı dışında tutulması fikrinin yanı sıra, ekolojik açıdan önemli olan alanların korunması için yeşil kuşak fikri geliştirilmiştir. Plan'da Hatip Çayı Vadisi yeşil aksın devamı niteliğindeki tarım alanı olarak korunmak istenmiştir. 2015 Yapısal Plan Kararları'nda kent vadilerini içeren yeşil koridorlar geliştirilmiştir. Geliştirilen yeşil koridorları kapsayan yeşil kuşak, kent için önemli bir hava koridoru olarak tanımlanmıştır. 2025 planlama çalışmalarında yeşil alanların bir bütünü oluşturacak şekilde değerlendirilmesi gerektiği belirtilerek; kırsal alanların, tarım alanlarının ve doğal sit alanlarının korunması eğilimi ağırlık kazanmıştır. Ancak, kent planlarında vadi sistemlerine yönelik koruma tabanlı fikirler plan sınırlarında kalan vadi sistemlerinde bile başarıya ulaşmamıştır. Sözü geçen planlarda vadi sistemlerini korumak için geliştirilen yeşil alan sistemi fikri vadi sistemini koruma çabası içermesine rağmen plan kararları uygulamaya yansımadığı vadi sistemindeki AKAÖ değişiminden anlaşılmaktadır. Öte taraftan

planlarda geliştirilen vadi sistemine dayanan açık yeşil alan sistemi ve yeşil kuşak önerileri vadi çeperlerinde kentleşme baskısını beslemiştir. Vadi sistemini koruma kararları geçersiz hale gelerek, vadiler kentsel rantın odak alanlarına dönüşmüştür.

2023 Nazım İmar Planı (NİP) kararlarında kentsel açık yeşil alan sisteminin korunması konusunda daha kapsamlı önlemlerin alınması gerektiği belirtilmiştir. Bu kapsamda atıl vaziyetteki açık yeşil alanların iyileştirilmesi çabaları söz konusudur. Vadilerin ve akarsuların ekolojik özelliklerine zarar verilmemesi, vadi ve akarsu sistemlerinin bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerektiği vurgulanmaktadır. Kentin hava koridoru olma özelliği taşıyan vadi sistemlerinin ve akarsuların kentsel baskılardan uzak tutulması gerekliliği vurgulanmıştır (Ankara Büyükşehir Belediyesi, 2019). TMMOB'una bağlı planlama temelli meslek odaları (Mimarlar Odası, Peyzaj Mimarları Odası ve Şehir Plancıları Odası) raporları ve basın bildirimlerine göre, (Şehir Plancıları Odası, 2021; Mimarlar Odası, 2020; Peyzaj Mimarları Odası, 2006) Ankara'da planların uygulanmasında zorluklar olduğu ifade edilmektedir. Örneğin; Ankara yer altı ulaşımını sağlamak için yapılan metro hatlarının akarsu ve dereleri dikkate almadığı ve bu nedenle Sokullu ve Dikmen derelerinin birleşim noktasında çökmeler olduğu açıklanmıştır (Anonymous, 2012). Akarsu ve dereler kanal içine alınarak akış yönleri değiştirilmiş ve yaklaşık 100 mevsimsel derenin üzeri kapatılarak yok edilmiştir. Bu uygulamalar Ankara akarsu sisteminin yok olmasına, kentte ısı artışına, alüvyal açıdan zengin toprakların tükenmesine, çökmelerin yaşanmasına ve ekosistemin bozulmasına neden olmaktadır (Anonymous, 2019).

**Arazi değeri:** 2007 yılında en yüksek arazi değerleri Dikmen Vadisi, İmrahor Vadisi ve Karaağaç Çayı Vadisi'nde gerçekleşmiştir. 2020 yılında en yüksek arazi değeri Ayvalı Çayı Vadisi, Dikmen Vadisi, İmrahor Vadisi, Karaağaç Çayı Vadisi'nde görülmektedir. AKÇA'nda arazi değeri Kuzey ve Güneydoğu yönündeki mahallelerde yüksektir. Arazi değeri değişiminin en yoğun olduğu vadiler şunlardır: Ayvalı Çayı Vadisi, Çubuk Çayı Vadisi, Hatip Çayı Vadisi ve Turağıpınar Çayı Vadisi'dir. Dikmen Vadisi, İmrahor Vadisi, Karaağaç Çayı Vadisi'nde arazi rant değerinin 2007 yılından önce yükseldiği için bu vadilerde yapılaşma yoğunudur (Şekil 3).



Şekil 3. Arazi değeri değişimi.

Figure3. Land value change.

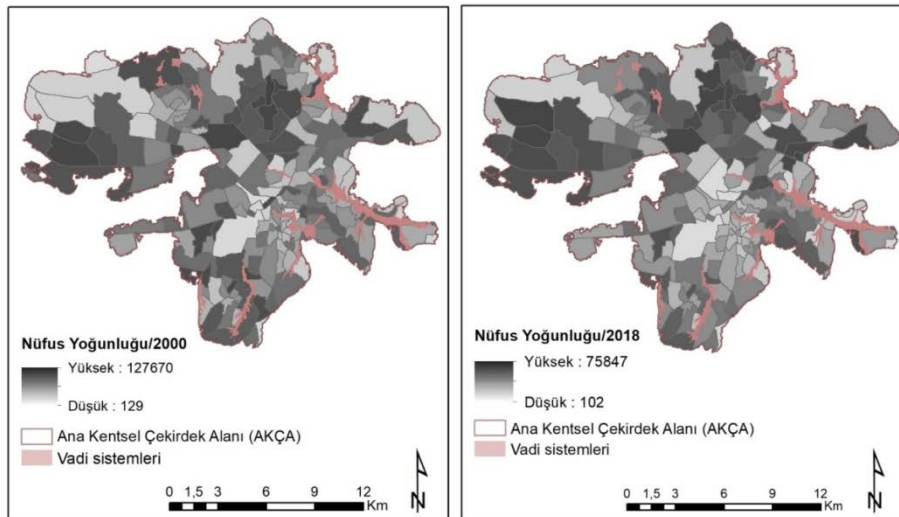
**Gecekondulaşma ile oluşan yapılaşma:** Kent planlarında geliştirilen vadi koruma kararlarına rağmen gecekondu vadi üzerinde önemli bir yapılaşma baskısı oluşturmuştur. İncesu D. Vadisi'nin toplam alanının %45,44'ü, Dikmen Vadisi'nin toplam alanının %37,89'u, Hatip Ç. Vadisi'nin toplam alanının %33,85'i, Karaağaç Ç. Vadisi'nin toplam alanının %20,29'u, İmrahor Vadisi'nin toplam alanının %15,342'ü ve Turağıpınar Ç. Vadisi'nin toplam alanının %0,69'u gecekondu alanlarından oluşmaktadır (Çizelge 6). Gecekondu yapılaşması sonraki yıllarda yerini kentsel dönüşüme bırakmış ve vadiler üzerindeki yapılaşma baskısı daha da artmıştır.

**Çizelge 6.** Vadi sisteminde gecekondu alanları

**Table 6.** Slum areas in the valley system

Vadi Adı	Vadi Alanı (km <sup>2</sup> )	Gecekondu Alanı (km <sup>2</sup> )	Gecekondu Oranı (%)
Ayvalı Çayı Vadisi	0,592	0	0
Çubuk Çayı Vadisi	2,187	0	0
Dikmen Vadisi	0,479	0,18	37,89
Hatip Çayı Vadisi	4,637	1,57	33,85
İmrahor Vadisi	1,434	0,22	15,34
İncesu Deresi Vadisi	1,474	0,67	45,44
Karaağaç Çayı Vadisi	0,467	0,09	20,29
Turağıpınar Çayı Vadisi	0,617	0	0,69

**Nüfus değişimi:** AKÇA içerisinde kalan mahallelerin (187 mahalle) 2000 yılında nüfusu 1.777.061 iken 2018'de 2.168.666 kişiye ulaşmıştır. Nüfus artışının yaşanması ve kentleşmenin devam etmesi vadi sistemlerinde ve yakın çevresinde arazi değerinin yükselmesine neden olmuştur. Çubuk Çayı Vadisi ve Turağıpınar Çayı Vadisi'nin yer aldığı bölgelerde nüfus yoğunluğu 2000 yılında yüksek iken, Dikmen Vadisi, Hatip Çayı Vadisi, İncesu Deresi Vadisi, Karaağaç Çayı Vadisi'nin yer aldığı bölgede nüfus düşüktür. Nüfus yoğunluğu düşük olan vadilerin zamansal olarak gecekondu baskısına maruz kaldığı görülmektedir. Gecekondu alanlarının kentsel dönüşüm aracılığıyla yeniden yapılanması bu bölgelerde nüfus artışına neden olmuştur. 2000 ve 2018 yılları arasında Ankara kentinin Güney ve Güneybatı yönlerine göre Kuzey yönünde nüfus artışının daha yüksek olduğu görülmektedir. Söz konusu nüfus artışından Ayvalı Çayı Vadisi ile Çubuk Çayı Vadisi'nin Güney ve Kuzey yamaçları, İncesu Deresi Vadisi'nin Kuzeydoğu yamaçları, Hatip Çayı Vadisi'nin Kuzey yamaçları ve Dikmen Vadisi'nin Güney yamaçları etkilenmiştir (Şekil 4).



**Şekil 4.** Nüfus yoğunluğunun değişimi.

**Figure 4.** Change in population density.



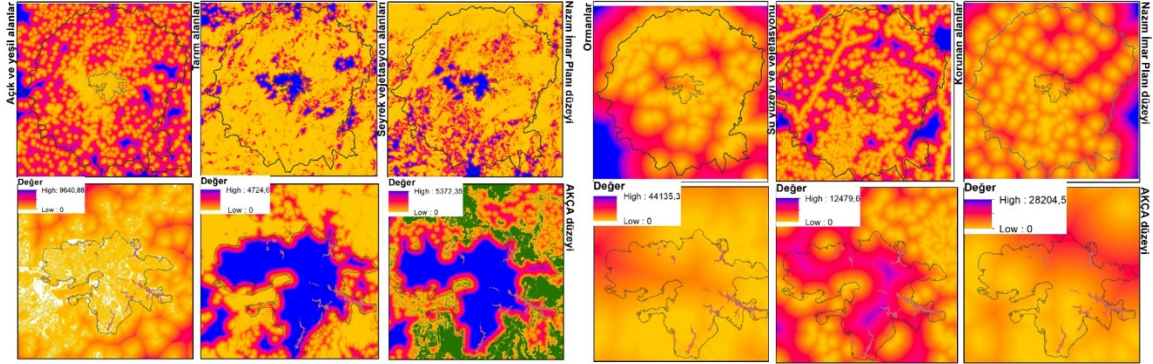
## Ankara'nın kentsel vadi sistemleri için ekolojik ağ olanaklarının belirlenmesi

Ankara AKÇA vadi sistemlerinin ekolojik karaktere sahip alanlarla yakınlık ilişkisi incelendiğinde (Çizelge 7; Şekil 5) vadilerin yakınlık mesafesi açık alanlara 83-14 m; tarım alanlarına 2313-479 m; seyrek vejetasyon alanlarına 1883-58 m; orman alanlarına 2830-671 m; su yüzeyleri ve vejetasyon alanlarına 3751-1452 m ve korunan alanlara 7210-198 m arasında değişmektedir.

**Çizelge 7.** Vadi sisteminin ekolojik karaktere sahip alanlarla uzaklık ilişkisi

**Table 7.** Distance relationship of the valley system to areas with ecological character

Vadi Adı	Açık ve yeşil alanlar (m)	Tarım alanları (m)	Seyrek vejetasyon alanları (m)	Orman alanları	Su yüzeyleri ve vejetasyon alanları (m)	Korunan alanlar (m)
Ayvalı Ç. Vadisi	80	2205	1883	2151	3688	6096
Çubuk Ç. Vadisi	37	1031	670	694	2642	7210
Dikmen Vadisi	75	479	208	124	1452	198
Hatip Ç. Vadisi	65	712	672	1377	1696	4327
İmrahor Vadisi	14	1956	1567	671	3051	1240
İncesu D. Vadisi	83	2249	1035	1106	3751	1951
Karaağaç Ç. Vadisi	37	1350	712	701	2072	795
Turağıpınar Ç. Vadisi	20	2313	58	2830	2119	5525



**Şekil 5.** Vadi sistemlerinin farklı sınır düzeyinde ekolojik karaktere sahip alanlarla uzaklık ilişkisi.

**Figure 5.** Distance relationship between valley systems and areas with ecological character at different boundary levels.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Ankara kent vadileri kentteki su sistemi, hava koridoru ve biyolojik çeşitliliğin korunmasında etkindir. Ancak, kentsel planlama kararları ile arazi kullanım stratejileri ve yönetim eksikliği Ankara kent vadi sistemlerinin ekolojik işlevlerini kaybetmesine neden olmuştur. Ankara kent vadi sistemlerinin ekolojik niteliklerinden uzaklaşmasının temel nedeni siyasi kültür ile planlama bürokrasisi arasındaki uyum sorunudur. Siyasi kültürün planlama bürokrasisini işlevsizleştirilmesi vadi sistemi üzerindeki yapılaşma baskılarının artmasına, arazi kullanım stratejilerinin değişmesi sonucunda kentsel ekolojinin temel bileşenlerinin (Ankara kent vadilerinde olduğu gibi) ihmal edilmesine neden olmuştur. Planlama bürokrasisinin siyasi kültür tarafından işlevsizleştirilmesi aynı zamanda küresel, bölgesel ve yerel sorunlara karşı kentlerin ekolojik direncini artırma olanağını ortadan kaldırmaktadır.

Vadiler, Ankara kentinin ekolojik direncini sağlama olanağına sahip önemli ekosistemlerdir. Vadi ekosistemlerinin olası etkilere tepkilerini anlamak kadar onların sağladığı hizmetleri anlamak da yaşamın

devamlılığı için esastır. Vadi ve akarsular sadece hidrolojik, biyolojik ve kimyasal dengeleri düzenleme aynı zamanda insanların estetik ve kültürel deneyimlerini de zenginleştirerek insan sağlığına fayda sağlamaktadır. Bu özelliklerinden dolayı, özellikle kentleşme oranının yüksek olduğu dünyanın çeşitli kentlerinde hem bilim hem de politika alanında vadi ekosistemlerinin korunması, onarımı ve tasarımına yönelik stratejik kararlar geliştirilmektedir. Bu stratejik kararların mekânsal plan kararlarına evrilmesinde ekosistem hizmetleri ve yeşil altyapı yaklaşımları temel alınmaktadır. Avrupa Komisyonu, kentlerde nüfus artışının %80'i aşacağından hareketle "sürdürülebilir kentler" ilkesini 7. Çevre Eylem Programı'na dahil etmiştir. Bu ilke, kentlerin sürdürülebilirliğinin sağlanması durumunda 2050 yılı için öngörülen sorunların yaşanmamasına dayanmaktadır. Bu kapsamda geliştirilen eylem planlarında Avrupa kentlerinin sürdürülebilir kentsel planlama ve tasarım politikaları vurgulanmaktadır. Ayrıca, Avrupa Komisyonu kentlerin çevresel performansını değerlendirmek için ekonomik, sosyal ve bölgesel etkilere yönelik kriterler geliştirmekte ve kentlerde hasarlı ekosistemlerin iyileştirilmesinde yeşil altyapı ağlarına dikkat çekmektedir. Hasarlı ekosistemlerin %15'inin yeşil altyapı ağları ile ilişkilendirilmesi durumunda iyileşme olabileceği vurgulanmaktadır (EC, 2022). Ankara kent vadileri için geliştirilen EH ve YA rehberi kent ekolojisinin ekolojik bağlantılar kapsamında daha dirençli olabileceği belirlenmiştir (Çizelge 8).

**Çizelge 8.** Ankara kent vadileri için önerilen yeşil altyapı rehberi

**Table 8.** Recommended green infrastructure guide for Ankara's urban valleys

Vadi	Vadi nitelikleri	Yeşil altyapı uygulamaları ve olanakları	Ekosistem hizmetleri
Ayvalı Çayı Vadisi	Su varlığı düzensiz	Yağmur suyu toplama	Tedarik EH
	Arazi talebi yüksek	Geçirgen yüzeylerin oluşturulması	Düzenleyen EH
	Kentsel açık yeşil alanlara yakın	Doğal bitki kullanımı ile kentsel biyolojik çeşitliliğin ve iklimin desteklenmesi	Habitat ya da destekleyen EH
Çubuk Çayı Vadisi	Su varlığı düzenli	Biyoçeşitlilik koridoru İklim değişikliği ile mücadeleye Kentsel ısı adası etkisini azaltma Kuş popülasyonunun korunması	Tedarik, Düzenleyici ve Habitat/destekleyen EH
	Kentsel açık yeşil alanlara yakın	Doğal bitki kullanımı ile kentsel biyolojik çeşitliliğin ve iklimin desteklenmesi	Habitat ya da destekleyen EH
Dikmen Çayı Vadisi	Orman alanları, su yüzeyi ve tarım alanlarına yakın	Kentsel ısı adası etkisini azaltma Rekreasyon Tarımsal peyzajı deneyimleme	Tedarik, düzenleyici Destekleyici Kültürel EH
Hatip Çayı Vadisi	Su varlığı düzenli	Kuş popülasyonu destekleme Karbon yutak koridor	Destekleyici Düzenleyici
	Yeşil alan varlığı	Rekreasyon alanı	Kültürel EH
	Tarım alanlarına yakın	Tarımsal peyzajı deneyimleme	
İmrahor Vadisi	Açık ve yeşil alanlar ve orman alanlarına yakın	Rekreasyon	Kültürel EH
	Su varlığı düzenli	Biyoçeşitliliği geliştirecek kuş popülasyonu Karbon yutak koridor	Destekleyici
	Yeşil alan varlığı		
İncesu Deresi Vadisi	Erozyon riski yüksek	Erozyon kontrolü	Düzenleyici
	Su varlığı düzenli	Biyoçeşitliliği geliştirecek kuş popülasyonu Isı adası etkisinin azaltılması Karbon yutak koridor	Destekleyici
	Yeşil alan varlığı	Rekreasyon	Kültürel EH
Karaağaç Çayı Vadisi	Su varlığı düzensiz	Yağmur suyu toplama Karbon yutak koridor	Düzenleyici
	Açık yeşil alanlar ve korunan alanlara yakın	Rekreasyon	Kültürel EH
Turağı pınar Çayı Vadisi	Su varlığı düzensiz	Yağmur suyu toplama Karbon yutak koridor	Düzenleyici
	Açık yeşil alanlar ve seyrek vejetasyon alanlarına yakın	Rekreasyon	Kültürel EH

Ankara kent vadilerinin niteliği (vadinin yükseklik ve eğim durumu, vadinin su varlığı, arazi kullanım sınıfları ile arasındaki mesafe ilişkisi) ve maruz kaldığı baskılar (kentleşme baskısı, planlardan kaynaklanan baskılar, nüfus baskısı ve arazi değeri baskısı) değerlendirildiğinde vadiler aracılığıyla kentsel ekosistemin iyileştirilmesi ve ekosistem hizmetlerinin geliştirilmesi olanağı olduğu görülmektedir. Ankara kent vadi sistemlerinin Ankara Nazım İmar Planı sınırı içindeki açık ve yeşil alanlar, tarım alanları, seyrek vejetasyon alanları, orman alanları, su yüzeyleri, vejetasyon alanları ve korunan alanlar ile mesafe ilişkileri yeşil altyapının temel ilkeleri olan çok fonksiyonluluk (ekosistem hizmetleri ile biyolojik çeşitliliğin korunması ve geliştirilmesi), bağlantılılık (farklı ölçeklerdeki ve karakterdeki yeşil alanlar arasında fiziksel ağların kurulması) ve entegrasyon (kentsel ekolojinin iyileştirilmesi için kent ile korunan alanlar arasında stratejik bütünleşmenin geliştirilmesi) ilkelerini karşılamaktadır (Çizelge 7). Bu bilgi, ekolojik bütünleşmeye yönelik bir ekolojik ağ potansiyelinin olduğunu göstermektedir. Ekolojik ağ, yeşil altyapı bağlantı elemanı olan akarsular ile ilişkilendirilerek vadilerin yapısal ve işlevsel sürdürülebilirliği sağlanabilir. Aynı zamanda ana kentsel çekirdek alan içerisinde farklı ölçeklerdeki yeşil alanlar ve korunan alanların ekolojik ağ sistemine dahil edilmesi ile hem fiziksel hem de stratejik bağlantılılık kurulabilir. Bağlantılılık ve entegrasyon ilkelerinin Ankara kent vadileri aracılığıyla sağlanması kent ekolojisinin çok fonksiyonlu yapısının beslenmesine destek olacaktır. Ayrıca, ekolojik ağ geliştirilmesi üst ölçekli planlar arasındaki ekolojik bütünleşme koşullarının iyileşmesine olanak sağlayabilir. Ancak ekolojik ağ ve ekolojik bütünleşme ilkelerinin ön koşulu olarak, Ankara kent vadi ekosistemlerinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Ankara kent vadi ekosistemlerinin iyileştirilmesi için önerilen çözümler (Çizelge 7) kentsel ekosistem hizmetlerinin gelişmesine ve dolayısıyla ekolojik ağın başarıya ulaşmasına olanak tanıyacaktır.

Ankara kent vadilerinin sürekli/kısmen su varlığına sahip ırmakları içermesi vadi biyoçeşitliliğini desteklemektedir. Ancak Ankara kent vadilerindeki arazi kullanım ve arazi örtüsü değişimi vadideki ırmakların karakterini olumsuz yönde etkilemiş ırmakların kent ekolojisini etkileyebilme özelliklerini kaybetmesine neden olmuştur. Bağlantılı bir ekosistem olan ırmakların kent ekolojisine katkı sağlaması vadilerde yeşil altyapı uygulamalarının gerçekleşmesine bağlıdır. Ankara kent vadilerinde yapılması gereken yeşil altyapı uygulamaları, ırmakların vadiler aracılığıyla kent ekolojisini etkileme gücünü yeniden kazanmasını destekleyecektir (Çizelge 7).

Ankara planlarında vadi sisteminin kentsel planlama sürecine ekolojik bağlantılar kapsamında dahil edilmesine yönelik kararlar, kent ekosisteminin vadiler aracılığıyla iyileştirilmesi hedefini desteklemektedir. Ankara kent vadilerine dayalı ekolojik bağlantılar kentsel-kırsal alanlar arasında ekolojik fonksiyonları desteklerken, mavi-yeşil alanların rekreatif bütünleşmesine de olanak sağlamaktadır.

Vadi ekosisteminin kente ve kent ekosistemine sunduğu katkılar dikkate alındığında, EH ve YA uygulamaları aracılığıyla Ankara'da vadi sistemlerinin kentsel planlamaya daha etkin bir şekilde entegre edilebileceği saptanmıştır. Ankara kent planlarında kavram olarak ifade edilmese de EH ve YA yaklaşımları planlarda işaret edilmektedir. Ankara'da vadi sistemleri kırsal ve kentsel alanlardan geçiş sürekliliğine sahiptir. Bu özellikleri, kentsel-kırsal alanlarda ekosistem hizmetlerinin transferini kolaylaştırmaktadır. Ekosistem hizmetleri transferi hasarlı vadi ekosistemlerinin daha hızlı iyileşmesini sağlayarak kentsel ve kırsal bütünlüğü destekleyebilir. Ekosistem hizmetleri transferinin sağlanması için bu çalışmada potansiyeli belirlenen ekolojik ağların gerçekleştirilmesi, kentsel ve kırsal bağlamın bütünlüğünü sağlayabilir ve kentsel ve kırsal bütünlüğü vurgulayan BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinin (UN, 2015) Ankara örneğinde kentsel planlamaya aktarılmasında umut verici olabilir.

## KAYNAKLAR

- Ankara Büyükşehir Belediyesi, 2019. Ankara Makroform. (Web sayfası: <https://www.ankara.bel.tr/files/3113/4726/6297/3-makroform.pdf>) (Erişim Tarihi: 03.04.2022).
- Anonymous, 2012. Ankara metrosu iki dereye komşu çıktı. (Web sayfası: [http://www.yapi.com.tr/haberler/ankara-metrosu-iki-dereye-komsu-cikti\\_102204.html](http://www.yapi.com.tr/haberler/ankara-metrosu-iki-dereye-komsu-cikti_102204.html)) (Erişim tarihi: 02.01.2021).

- Anonymous, 2019. Ankara'nın kayıp dereleri. (Web sayfası: <https://www.birgun.net/haber/ankara-nin-kayip-dereleri-278332>) (Erişim tarihi: 02.01.2021).
- Arcidiacono, A. & Ronchi, S., 2021. Challenges For Contemporary Spatial Planning In Italy. Towards A New Paradigm. In Ecosystem Services and Green Infrastructure, Springer, Cham, 1-16 pp.
- Benedict, M. A. & McMahon, E.T., 2012. Green İnfrastructure: Linking Landscapes And Communities. Island press, 320 pp.
- Cengiz, S., 2019. Kentsel Büyüme Dinamiklerinin Modellenmesi: Ankara Kenti Simülasyonu. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 284 s.
- Cengiz, S., Görmüş, S. & Oğuz, D., 2022. Analysis Of The Urban Growth Pattern Through Spatial Metrics; Ankara City. Land Use Policy, 112, 105812. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105812>.
- Crutzen, P.J., 1998. Changing Atmospheric Chemistry: Causes And Consequences For Environment And Climate. European Review, 6 (1): 7-23.
- ÇDP, 2017. 2038 Ankara Çevre Düzeni Planı Açıklama Raporu. Ankara Büyükşehir Belediyesi, İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Duraiappah, A. K., Naeem, S., Agardy, T., Ash, N. J., Cooper, H. D., Diaz, S., Faith, D. P., Mace, G., McNeely, J. A., Mooney, H. A., Oteng-Yeboah, A. A., Pereira, H. M., Polasky, S., Prip, C., Reid, W. V., Samper, C., Schei, P. J., Scholes, R., Schutyser, F. & Van Jaarsveld, A., 2005. Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis; a report of the millennium ecosystem assessment. World Resources Institute. (Web sayfası: <https://experts.umn.edu/en/publications/ecosystems-and-human-well-being-biodiversity-synthesis-a-report-o>) (Erişim Tarihi: 03.09.2020).
- EC, 2022. Environment. (Web sayfası: [https://environment.ec.europa.eu/index\\_en](https://environment.ec.europa.eu/index_en)) (Erişim Tarihi: 03.09.2022).
- Forman, R.T.T., 2008. Urban Regions: Ecology and Planning Beyond The City. Cambridge University Press, 408 pp.
- GİB, 2020. Performans Programı. (Web sayfası: <http://www.gib.gov.tr/sites/default/files/fileadmin/beyannamerehberi/2009PerformansProgrami.pdf>) (Erişim Tarihi: 03.09.2020).
- Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X. & Briggs, J. M., 2008. Global change and the ecology of cities. Science, 319 (5864): 756-760.
- Grunewald, K., Li, J., Xie, G. & Kümper-Schlake, L., 2018. Towards Green Cities. Urban Biodiversity and Ecosystem Services in China and Germany. Springer International Publishing. DOI:10.1007/978-3-319-58223-8.
- Liquete, C., Kleeschulte, S., Dige, G., Maes, J., Grizzetti, B., Olah, B. & Zulian, G., 2015. Mapping Green İnfrastructure Based On Ecosystem Services And Ecological Networks: A Pan-European Case Study. Environmental Science & Policy, 54, 268-280 pp.
- Mimarlar Odası, 2020. İmrahor Vadisi Projesi. (Web sayfası: <http://www.mimarlarodasiankara.org/?id=9>) (Erişim Tarihi: 22.03.2022).
- Niemelä, J., Breuste, J. H., Guntenspergen, G., McIntyre, N. E., Elmqvist, T. & James, P., 2011. Urban Ecology: Patterns, Processes, and Applications. Oxford University Press, 392 pp.
- NİP, 2007. 2023 Başkent Ankara Nazım İmar Planı Plan Açıklama Raporu (Etüdler&Müdahale Biçimleri). Ankara Büyükşehir Belediyesi, İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Oki, T. & S. Kanae, 2006. Global Hydrological Cycles And World Water Resources. Science, 313 (5790): 1068-1072.
- Oppla, 2022. EnRoute: Enhancing Resilience of Urban Ecosystems through Green Infrastructure. (Web sayfası: <https://drive.google.com/file/d/1T8jsTcWoaF4SIVs-5hnf7TvlRgL-eDJJ/view>) (Erişim tarihi: 06.05.2022).
- Palmer, M. A., Lettenmaier, D. P., Poff, N. L., Postel, S. L., Richter, B. & Warner, R., 2009. Climate change and river ecosystems: protection and adaptation options. Environmental management, 44 (6): 1053-1068.
- Peyzaj Mimarları Odası, 2006. Zir Vadisi Türkiye Gündeminde. (Web Sitesi: [http://www.peyzajmimoda.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=118&tipi=6&sube=0](http://www.peyzajmimoda.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=118&tipi=6&sube=0)) (Erişim Tarihi: 21.03.2022).
- Postel, S. & Carpenter, S., 1997. "Freshwater Ecosystem Services, 195-214". In: Nature's Services ((Ed. G. C. Daily), Island Press, Washington, 195 pp.
- Stevenson, R. J. & Sabater, S., 2010. Understanding Effects Of Global Change On River Ecosystems: Science To Support Policy In A Changing World. Hydrobiologia, 657 (1): 3-18.

- Şehir Plancıları Odası, 2021. Mahkeme, Dikmen Vadisi Son Etapta Hukuksuz Planlara Yine Dur Dedi!. (Web sayfası: <https://www.spo.org.tr/detay.php?sube=1&tip=3&kod=10635>) (Erişim Tarihi: 21.03.2022).
- Tağıl, Ş. & Jenness, J., 2008. GIS-Based Automated Landform Classification And Topographic, Landcover And Geologic Attributes Of Landforms Around The Yazoren Polje, Turkey. *Journal of Applied Sciences*, 8 (6):12.
- Thorp, J. H., Thoms, M. C. & Delong, M. D., 2010. *The Riverine Ecosystem Synthesis: Toward Conceptual Cohesiveness In River Science*. Elsevier 232 pp.
- TÜİK, 2018. Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi. (Web sayfası: <http://www.tuik.gov.tr>) (Erişim Tarihi:12.03.2021).
- UN, 2015. Sustainable development goals: FACT SHEET. (Web sayfası: [https://www.un.org/sustainabledevelopment/wpcontent/uploads/2015/08/Factsheet\\_Summit.pdf](https://www.un.org/sustainabledevelopment/wpcontent/uploads/2015/08/Factsheet_Summit.pdf)) (Erişim tarihi: 02.02.2021).
- UN, 2018. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision, Online Edition. (Web sayfası: <https://www.un.org/development/desa/publications/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>) (Erişim tarihi: 02.02.2021).
- UN, 2019a. Global Sustainable Development Report 2019: The Future Is Now – Science For Achieving Sustainable Development. United Nations, New York.
- UN, 2019b. Probabilistic Population Projections Rev. 1 based on the World Population Prospects 2019 Rev. (Web sayfası:<http://population.un.org/wpp/>) (Erişim tarihi: 02.02.2021).
- UNDP, 2012. Africa Human Development Report 2012 Towards a Food Secure Future (No. 267636). United Nations Development Programme (UNDP).
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2022). Probabilistic population projections, Rev. 1 based on the World Population Prospects 2019, Rev. 1.
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R. & Cushing, C. E., 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37 (1): 130-137.
- Weiss, A, 2001. Topographic Position And Landforms Analysis. In Poster presentation, ESRI user conference, San Diego, CA (Vol. 200).
- Wickham, J. D., Riitters, K. H., Wade, T. G., Vogt, P., 2010. A National Assessment Of Green Infrastructure And Change For The Conterminous United States Using Morphological Image Processing. *Landscape and Urban Planning*, 94 (3): 186-195.



## Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (3):489-500

<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1317850>

Jaimaz Zaki Abdulazez ALSHAWI<sup>1</sup>

Ayşe Övgü ŞEN<sup>2</sup>

Rabia ALBAYRAK DELIALIOĞLU<sup>2</sup>

Erkan PEHLİVAN<sup>2\*</sup>

Birol DAĞ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü  
Zootekni Anabilim Dalı, Selçuklu, Konya,  
Türkiye

<sup>2</sup> Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi  
Zootekni Bölümü, Dışkapı, Ankara, Türkiye

<sup>3</sup> Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi  
Zootekni Bölümü, Selçuklu-Konya

\* Sorumlu yazar (Corresponding author):

[pehlivan@agri.ankara.edu.tr](mailto:pehlivan@agri.ankara.edu.tr)

**Anahtar sözcükler:** Akkeçi, zemin tipi, süt  
bileşenleri

**Keywords:** Akkeçi Goat, floor material, milk  
components

## Farklı zemin tiplerinin Akkeçilerde süt verimi ve bileşenleri ile somatik hücre sayısı üzerine etkisi\*

Effects of different floor types on milk yield and its components and somatic cell count in Akkeci goats

\* Bu makale birinci sıradaki yazarın doktora tezinden özetlenmiştir.

**Alınış:** (Received): 22.06.2023

**Kabul Tarihi** (Accepted): 11.09.2023

### ÖZ

**Amaç:** Bu çalışmada, Akkeçilerde farklı zemin tiplerinin (ızgara, kauçuk ve beton) laktasyon süt verimi ve bileşenleri ile somatik hücre sayısı üzerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

**Materyal ve Metot:** Araştırmanın materyalini 2-4 yaşlı, 11 baş dişi Akkeçi oluşturmuştur. Keçilerden kontrol sağımıyla elde edilen verilerden Trapez II yöntemiyle laktasyon süt verimi ve süresi hesaplanmıştır. Laktasyon dönemi boyunca alınan süt örneklerinde, sütte yağ (%), protein (%), laktoz (%), yağsız kuru madde (%), elektriksel iletkenlik ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), donma noktası ( $^{\circ}\text{C}$ ), yoğunluk ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) ve pH içerikleri ile somatik hücre sayısı (SHS) araştırılmıştır. Araştırmada zemin tipi, sağım zamanı ve laktasyon dönemleri arasındaki farklılıklar, faktöriyel düzende tekrarlanan ölçümlü varyans analizi tekniği ile değerlendirilmiştir.

**Araştırma Bulgular:** Süt bileşenleri bakımından, pH hariç, üzerinde durulan tüm özelliklerde laktasyon dönemleri arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Sütteki yağ (%) ve yağsız kuru madde oranı (%) bakımından yapılan varyans analizinde sağım zamanı x laktasyon dönemi etkileşimini istatistik olarak önemli ( $p<0.05$ ), pH değeri bakımından da zemin tiplerinin ortalamaları arasındaki farkların istatistik olarak önemli ( $p<0.05$ ) olduğu bulunmuştur.

**Sonuç:** Araştırmada uygulanan farklı zemin tiplerinin Akkeçilerde süt verimi ve bileşenleri ile somatik hücre sayısı üzerine istatistik olarak önemli bir etkisi bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

**Sonuç:** Araştırmada uygulanan farklı zemin tiplerinin Akkeçilerde süt verimi ve bileşenleri ile somatik hücre sayısı üzerine istatistik olarak önemli bir etkisi bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

### ABSTRACT

**Objective:** This study aimed to investigate the effects of different floor types (grid, rubber, and concrete) on lactation milk yield and its components and somatic cell count in Akkeçi goats.

**Material and Methods:** The material of the study consisted of 11 female Akkeçi goats aged 2-4 years. Lactation milk yield and length were calculated by Trapez II method from the data obtained by test day milk. Fat (%), protein (%), lactose (%), electrical conductivity ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), freezing point ( $^{\circ}\text{C}$ ), density ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), pH and somatic cell count (SCC) were investigated in milk samples in the experiment during the lactation period. In the study, the differences between floor type (grid, rubber, and concrete), milking time (morning-evening), and lactation periods (April-September) were evaluated by factorial repeated measures analysis of variance technique.

**Results:** In terms of milk components, differences between lactation periods were statistically significant ( $p<0.05$ ) in all traits except pH. In the analysis of variance in terms of fat (%) and non-fat dry matter ratio (%) in milk, the milking time x lactation period interaction was found to be statistically significant ( $p<0.05$ ), and the differences between the averages of the soil types in terms of pH value were found to be statistically significant ( $p<0.05$ ).

**Conclusion:** It was observed that the different floor types applied in the experiment had no statistically significant effect on milk yield and its components and SCC in Akkeçi goats ( $p>0.05$ ).

## GİRİŞ

Dünyada keçi yetiştiriciliği esas olarak Afrika ve Asya kıtalarında ekstansif tarzda yapılmakta olup, üretilen ürünler öncelikle aile içinde, fazlası da bölgeye özgü lokal pazarlarda değerlendirilmektedir. Küresel düzeyde üretimi yapılan keçi ürünlerden birisi de süt olup bu ürüne olan ilgi her geçen yıl artış göstermektedir. Nitekim dünyada son 20 yıl içerisinde, keçi sütü üretiminde önemli düzeyde artışlar gerçekleşmiştir. 2022 yılı FAO verilerine göre dünya toplam keçi sütü üretimi yaklaşık olarak 9.2 milyon ton olup bu üretim miktarı, dünya toplam süt üretiminin % 2.26'sını oluşturmaktadır. Dünya keçi sütü üretiminde en yüksek payı sırasıyla; Asya (%60.5), Afrika (%21.6) ve Avrupa (%15.2) kıtaları almaktadır (FAO, 2023).

Süt keçisi yetiştiriciliği Türkiye'de de birçok açıdan önem taşımaktadır. Tarımsal bir faaliyet olan bu üretim kolu, kırsalda yaşayan çok sayıda ailenin esas geçim kaynağını sağlamakla birlikte aynı zamanda üretilen sütün işlenmesi ve pazara sunulması ile de ekonomiye önemli düzeyde katkılar sunmaktadır. Bununla birlikte, diğer çiftlik hayvanları tarafından değerlendirilemeyen marjinal alanların etkin bir şekilde kullanımı ile doğal kaynakların ekonomiye kazandırılması sağlanmaktadır. Ayrıca gelir düzeyi düşük ailelerin hayvansal protein ihtiyaçlarının karşılanmasında da keçi sütü üretimi, önemli bir kaynak olarak görülmektedir (Pehlivan & Dellal, 2012).

Keçi sütünün insan sağlığı ve beslenmesindeki önemi, sindirilebilirlik, alkalinite ve tamponlama kapasitesinin yüksek oluşu vb. özellikleri inek sütünden farklılık göstermesine neden olmaktadır (Park et al., 2007). İçerdiği besin elementleri nedeniyle keçi sütünün, insanların özellikle de çocuk ve hasta bireylerin beslenmelerinde önemli bir yere sahip olduğu bildirilmektedir (Park, 1994; Haenlein, 2004; Park & Haenlein, 2006). Bununla birlikte keçi sütünün miktar, kalite ve bileşimi; ırk, yaş, laktasyon dönemi, mevsim, sağım zamanı, sağım tipi, rasyon vb. birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Msalya et al., 2021).

Son yıllarda süt üretimi yönünde faaliyet gösteren işletmelerde, kaliteli süt üretiminin yanı sıra hayvan refahı da dikkat edilen hususlardan bir olmaya başlamıştır. Hayvanların yetiştirildiği barınakların fiziksel koşulları ile birlikte sürü yönetimi uygulamalarının gerek performans gerekse refah üzerinde doğrudan etki gösterdiği birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Koyuncu & Özış Altınçekiç, 2010; Koçyiğit & Tüzemen, 2014; Aslan & Uzal Seyfi, 2015; Arsoy, 2020; Singh vd., 2020). Hayvanların refah düzeylerinin yükseltilmesi, kaliteli süt üretimi için ön koşul olmakla birlikte etik açıdan da olmazsa olmaz bir zorunluluktur. Bu nedenle hayvanlara en uygun fiziksel çevre şartları sağlama arayışı yönündeki çabalar her geçen gün daha da artış göstermektedir. Bu çabalar içerisinde ise ağıl zemin yapısı önemli bir yer tutmaktadır.

Küçükbaş hayvan ağıllarında kullanılan barınak zemini, genellikle sıkıştırılmış toprak, beton zemin ya da beton zemin üzerine buğdaygıl sapı şeklinde olmaktadır (Koyuncu vd., 2006, Sutherland vd. 2017). Uygun olmayan barınak koşullarının yavru kayıpları, meme ve ayak-tırnak vb. sorunların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle özellikle ülkemizde barınak tabanı ve altlık tipleriyle ilgili çalışmaların yapılması önem taşımaktadır (Öztürk & Tölü, 2016). Farklı zemin tiplerinin, sütçü keçilerde süt bileşenlerine etkisini araştıran sınırlı sayıda çalışmaya ulaşılabilmektedir (Celozı et al. 2021; Ullah et al., 2022). Bu çalışmada, farklı zemin tiplerinin Akkeçilerde süt verimi ve bileşenleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Bu araştırma için, Ankara Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurul onayı alınmıştır (Karar No: 2021- 4-20).

### Hayvan Materyali

Araştırmanın hayvan materyalini Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Hayvancılık İşletmesi'nde (Enlem: 39°57'42.5" Kuzey, Boylam: 32°51'56.2" Doğu) yetiştirilen 2-4 yaşlı, 11 baş dişi Akkeçi oluşturmuştur.

## Deneme Hayvanlarının Yönetimi

Araştırma, keçilerin laktasyon dönemi olan Nisan ve Eylül ayları arasında yürütülmüş olup çalışmaya 11 keçi dahil edilmiştir. Araştırma süresince keçiler, yaş ve canlı ağırlıkları dikkate alınarak, içerisinde 3 farklı zemin tipi (ızgara, kauçuk ve beton) bulunan birbirine eşit bölmelere (3.90 m×4.60 m) sahip kapalı ağıla, bölmelere tesadüfi olarak yerleştirilmiştir. Denemede kullanılan bölmelerden sadece beton zemin bulunan bölmede altlık materyali olarak buğdaygil sapı kullanılmış, diğer bölmelerin zeminlerinde herhangi bir altlık materyali kullanılmamıştır. Laktasyon dönemi boyunca keçiler sağılmamış olup (kontrol sağımının yapıldığı günler hariç), oğlaklarıyla birlikte tutulmuşlardır. Keçilere araştırma dönemi boyunca ortalama olarak buğday samanı (1000 g/keçi/gün), kuru yonca otu (500 g/keçi/gün) ve kesif yem (1200 g/keçi/gün) grup yemlemesi şeklinde verilmiştir. Araştırmaya dahil edilen keçiler aynı bakım-besleme ve yönetim koşulları altında tutulmuştur.

## Kontrol Sağımı, Süt Örneklerinin Toplanması ve Laboratuvar Analizleri

Laktasyon dönemi süresince kontrol sağımları doğumu izleyen 7. günden itibaren aylık (her ayın ortasında) olarak gerçekleştirilmiş, oğlaklar kontrol sağım zamanından 12 saat önce analarından ayrılmıştır. Kontrol sağımları süt sağım makinesi ile işletmenin sağım düzenine uygun olarak, sabah ve akşam olmak üzere 28 gün ara ile günde iki defa olarak gerçekleştirilmiş, sağılan süt miktarları ise cam mezür ile ölçülmüştür. Elde edilen verilerden laktasyon süt verimi, laktasyon süresi ve günlük ortalama süt verimi hesaplanmıştır. Keçilerin laktasyon süt verimini belirlemek için, Uluslararası Hayvan Kayıt Komisyonu (ICAR) tarafından bildirilen metot (Trapez II) kullanılmış olup Eşitlik (1) aşağıda gösterilmiştir.

$$SV=[(k_1 A) + ((k_1 + k_2) / 2) a_1 + \dots + ((k_n - 1 + k_n) / 2) a_n + (k_n C)] \quad \text{Eşitlik (1)}$$

SV=Süt verimi;  $k_{1,2,\dots,n}$ = Kontrol günü süt verimi; A= Doğum tarihi ile ilk kontrol arasında geçen süre (gün); a= Kontrol aralığı (gün); C= Son kontrol günü ile kuruya çıkma arasında kalan süre (gün)

Bu çalışmada, kontrol sağımının gerçekleştirildiği günlerde sağılan sütlerden örnekler alınmıştır. Süt örnekleri, aylık olarak hayvanlar kuruya çıkıncaya kadar sabah ve akşam olmak üzere günde 2 defa 10 ml'lik tüplere alınmıştır. Alınan süt örneklerinde yağ (%), protein (%), laktoz (%), yağsız kuru madde (%), elektriksel iletkenlik (S/cm), donma noktası (°C) ve yoğunluk (kg/m<sup>3</sup>) Süt Analiz Cihazında (Milkotester Master Pro, Milk Analyzer) belirlenmiştir. Sütün pH değeri ise, pH metre (WTW, inoLab, pH 720, Weilheim, Germany) ile saptanmıştır. Alınan süt örneklerinde, her hayvanın doğumunu izleyen üçüncü aydan itibaren somatik hücre sayısı (SHS), belirlenmiş olup sayımda standart analiz yöntemi (mikroskopla sayım) kullanılmıştır. Somatik hücreleri tespit etmek amacıyla, 6 ml Asetik asit, 54 ml % 96'lık Etil Alkol, 40 ml 1, 1, 1 Tricloroetan ve 0.6 g Metilen Mavisini kullanılarak boya çözeltisi hazırlanmıştır. Süt örneklerinin bulunduğu tüpler çalkalandıktan sonra otomatik mikro pipetle iki paralelde 0.01 ml süt örneği alınmış, önceden hazırlanan şablon yardımıyla lamda belirlenen 5x20 mm<sup>2</sup> alana yayılarak etüvde kurutma işlemi uygulanmıştır. Daha sonra, farklı hayvanlara ait örnekler hazırlanan boya çözeltisi ile muamele edilmiş, kurutma, yıkama ve tekrar kurutma işlemlerinden sonra mikroskopta sayım işlemi yapılmıştır (Cedden, 2002).

## İstatistik Analizler

Araştırmada, elde edilen süt verimleri istatistik analizler yapılmadan önce 3-yaşa göre standardize edilmiştir. Denemede günlük ortalama süt verimi, laktasyon süresi ve laktasyon süt verimi bakımından zemin tiplerinin (ızgara, kauçuk, beton) ortalamaları arasındaki farkların istatistik olarak önemli olup olmadığı tesadüf parselleri deneme tertibinde varyans analizi tekniği ile değerlendirilmiştir. Süt bileşenleri (yağ (Y, %), protein (P, %), laktoz (L, %), yağsız kuru madde (YKM, %), elektriksel iletkenlik (Eİ, µS/cm), donma noktası (DN, °C), yoğunluk (kg/m<sup>3</sup>), pH ve somatik hücre sayısı (SHS)) bakımından zemin tipi (ızgara, kauçuk ve beton), sağım zamanı (sabah ve akşam) ve laktasyon dönemi faktörlerinin seviye ortalamaları arasındaki farkların istatistik olarak önemli olup olmadığı faktöriyel düzende tekrarlanan ölçümlü varyans analizi tekniği



ile değerlendirilmiştir. Tekrarlanan ölçümler, sağım zamanı ve laktasyon dönemi faktörlerinin seviyelerinde gerçekleştirilmiştir. Gruplar arasındaki farkın belirlenmesi için Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. İstatistik analizler IBM SPSS Statistics (version 23) paket programında yapılmıştır. SHS bakımından elde edilen veriler varyans analizi tekniğinin ön şartlarını sağlaması için logaritmik transformasyona tabi tutulmuş ve elde edilen verilere varyans analizi uygulanmıştır. Değişkenlerin tamamının ortalaması ısı haritaları ile gösterilmiştir. Bu amaçla verilen ısı haritaları RStudio yazılımında 'pheatmap' fonksiyonu kullanılarak hiyerarşik kümeleme analizi (Anonymous, 2023) ile oluşturulmuştur.

## ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

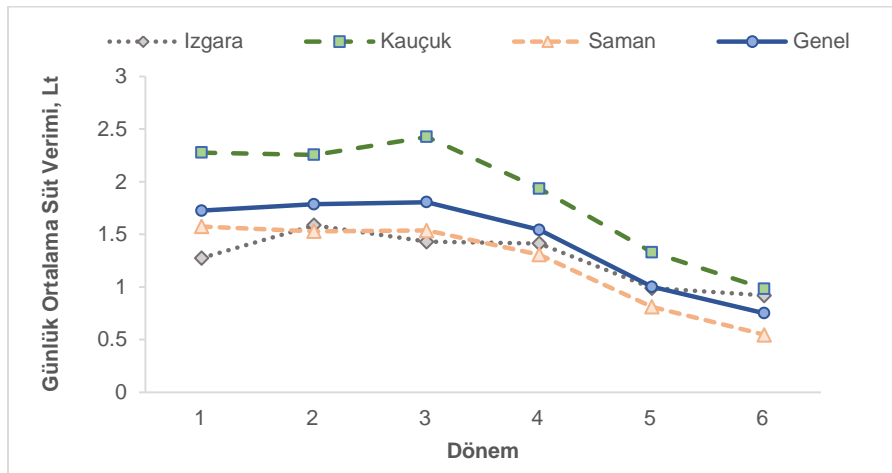
Araştırmada zemin tiplerine göre oluşturulmuş grupların kontrol sağımının gerçekleştirildiği günlerde ölçülen süt miktarları Çizelge 1 ve Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekil 1 incelendiğinde günlük ortalama süt veriminin genel olarak laktasyonun ortasına kadar artış gösterdiği, bu noktadan itibaren laktasyonun sonuna doğru ise azalış gösterdiği görülmektedir. Laktasyon süt verimi (LSV) ve laktasyon süresi (LS) bakımından zemin tipi grupları arasında gözlenen farklılıklar istatistik olarak önemli bulunmamasına rağmen her iki özellik bakımından en düşük değerler beton zemin grubunda tutulan hayvanlarda belirlenmiştir. LSV ortalaması en yüksek kauçuk zemin grubunda tutulan keçilerde ortaya çıkmış olup, elde edilen değerlerin Türk Saanen, Kıl keçisi, Kıl keçisi x Alpin ve Saanen x Kıl keçisi melezlerinde yapılan çalışmalarda (Aktaş vd., 2012; Erduran & Dağ, 2021; Erduran, 2023) bildirilen değerlerden (laktasyon süresinin de daha kısa olmasına rağmen) daha yüksektir. Bu çalışmada Akkeçilerin laktasyon süt verimlerinin yüksek olmasında, genotip ile birlikte araştırma süresince uygulanan sürü yönetimi ve besleme koşullarının etkisi olduğu söylenebilir.

**Çizelge 1.** Akkeçilerde günlük ortalama süt verimi (lt), laktasyon süresi (gün) ve laktasyon süt verimine (lt) ait en küçük kareler ortalaması ve standart hataları (EKO ± SH)

**Table 1.** Least squares means and standard errors (ECO ± SH) of daily average milk yield (lt), lactation duration (days) and lactation milk yield (lt) in Akkeçi goats

	Izgara (n=3)	Kauçuk (n=3)	Beton (n=5)
LSV	305.2±50.40	358.0±163.00	239.1±21.30
LS	197.7±6.64	195.3±21.50	189.9±5.86
GOSV	1.53±0.201	1.17±0.590	1.26±0.089

LSV: Laktasyon Süt Verimi, LS: Laktasyon Süresi, GOSV: Günlük Ortalama Süt Verimi



**Şekil 1.** Akkeçilerde kontrol sağımları ve günlük ortalama süt veriminin değişimi.

**Figure 1.** Test day milk yield and changes in average daily milk yield in Akkeçi goats.

## Süt Bileşenleri

Zemin tiplerine göre oluşturulmuş gruplardan alınan süt örneklerinin bileşenleri bakımından yapılan varyans analizleri sonucunda; yağ ve yağsız kuru madde oranı bakımından sağım zamanı (SZ) x laktasyon dönemi (LD) interaksyonu istatistik olarak önemli bulunurken ( $p<0.01$ ) (Ek-1), protein, laktoz, yoğunluk ve donma noktası ise sadece laktasyon dönemi (LD) faktörünün seviye ortalamaları arasındaki farklar istatistik olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.01$ ) (Ek-2). Elektrik İletkenliği (Eİ) özelliği bakımından yapılan varyans analizi sonucunda sağım zamanları ( $p<0.05$ ) ve laktasyon dönemleri ( $p<0.01$ ) arasındaki farklar istatistik olarak önemli bulunurken pH bakımından sadece zemin tiplerinin ortalamaları arasındaki farklar istatistik olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Çizelge 2'den görüleceği gibi, sabah sağımları bakımından en yüksek yağ oranlarının laktasyon döneminin son iki ayında elde edildiği ve bu aylardaki farklılığın diğer aylardakine göre istatistik olarak önemli ( $p<0.05$ ) olduğu gözlenmiştir. Akşam sağımlarında ise en yüksek yağ oranlarının laktasyon döneminin son üç ayında elde edildiği ve bu aylardaki yağ oranlarının da diğer aylardan önemli ( $p<0.05$ ) düzeyde yüksek olduğu gözlenmiştir. Laktasyon dönemlerinde sabah ve akşam sağımlarında elde edilen süt yağ oranları sadece 4. laktasyon döneminde sabah sağımından elde edilen süt yağının akşam sağımına nazaran farklı olduğu ( $p<0.05$ ), diğer dönemlerde ise iki sağım zamanı arasında bir fark gözlenmemiştir ( $p>0.05$ ) (Çizelge 2).

YKM hem sabah hem de akşam sağımları incelendiğinde en yüksek YKM oranının laktasyon döneminin ilk ayında elde edildiği ve bu dönemdeki YKM oranının diğer dönemlerden farkı önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 2). YKM bakımından sağım zamanları bakımından farklılıkların ise önemsiz olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 2.** Akkeçilerde süt yağ (%) ve YKM (%) oranları için laktasyon dönemi x sağım zamanı alt gruplarına ait en küçük kareler ortalaması ve standart hataları (EKO  $\pm$  SH)

**Table 2.** Least means square and standart errors (LSM $\pm$ SE) of lactation period x milking time subgroups for milk fat (%) and SNF (%) ratios in Akkeçi goats

LD	Sağım Zamanı	Yağ (%)	YKM (%)
1	Sabah	3.10 $\pm$ 0.278 <sup>Ba</sup>	10.07 $\pm$ 0.178 <sup>Aa</sup>
	Akşam	3.41 $\pm$ 0.320 <sup>Ba</sup>	10.07 $\pm$ 0.159 <sup>Aa</sup>
2	Sabah	2.17 $\pm$ 0.454 <sup>CDa</sup>	9.29 $\pm$ 0.162 <sup>BCa</sup>
	Akşam	2.50 $\pm$ 0.304 <sup>Ca</sup>	9.36 $\pm$ 0.120 <sup>Ba</sup>
3	Sabah	1.73 $\pm$ 0.246 <sup>Da</sup>	9.02 $\pm$ 0.186 <sup>Ca</sup>
	Akşam	2.12 $\pm$ 0.281 <sup>Ca</sup>	9.05 $\pm$ 0.121 <sup>Ba</sup>
4	Sabah	3.03 $\pm$ 0.241 <sup>BCa</sup>	9.26 $\pm$ 0.107 <sup>BCa</sup>
	Akşam	4.73 $\pm$ 0.632 <sup>Ab</sup>	9.15 $\pm$ 0.144 <sup>Ba</sup>
5	Sabah	4.72 $\pm$ 0.579 <sup>Aa</sup>	9.10 $\pm$ 0.113 <sup>Ca</sup>
	Akşam	4.91 $\pm$ 0.503 <sup>Aa</sup>	9.05 $\pm$ 0.121 <sup>Ba</sup>
6	Sabah	5.32 $\pm$ 0.601 <sup>Aa</sup>	9.63 $\pm$ 0.151 <sup>Ba</sup>
	Akşam	4.80 $\pm$ 0.253 <sup>Aa</sup>	9.41 $\pm$ 0.089 <sup>Ba</sup>

LD: Laktasyon Dönemi, YKM: Yağsız Kuru Madde

A, B, C, D: Her bir sağım zamanında incelenen dönemler arasındaki farklılıkları ifade eder ( $p<0.05$ ).

a, b: Her bir Laktasyon döneminde, sağım zamanları arasındaki farklılıkları ifade eder ( $p<0.05$ ).

Süt örneklerinde protein (%), laktoz (%), donma noktası ( $^{\circ}$ C), yoğunluk ( $\text{kg/m}^3$ ) ve elektriksel iletkenlik ( $\mu\text{S/cm}$ ) bakımından yapılan varyans analizi sonucunda incelenen özellikler üzerinde yalnızca laktasyon döneminin etkisi istatistik olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ) (Çizelge 3). Sütün protein ve laktoz oranı ile yoğunluğunun, laktasyonun ilk ayında en yüksek seviyede olduğu ve bu ayda gözlenen farklılıkların diğer dönemlerden istatistik olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Elektriksel iletkenlik (Eİ) bakımından da laktasyonun ilk ve ikinci ayında en yüksek düzeye ulaşılmışken, sağım zamanının elektriksel iletkenliği etkilediği ve sabah sağımlarında (5.04 $\pm$ 0.056) akşam sağımlarına göre (4.85 $\pm$ 0.062) daha yüksek ve

önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur. Donma noktası bakımından laktasyonun üçüncü ayında en düşük değere sahip olduğu ( $p<0.05$ ) tespit edilmiştir.

**Çizelge 3.** Akkeçilerde sütteki protein (%), laktoz (%), donma noktası ( $^{\circ}$ C), yoğunluk ( $\text{kg/m}^3$ ) ve elektriksel iletkenlik ( $\mu\text{S/cm}$ ) değerlerine ait en küçük kareler ortalaması ve standart hataları ( $\text{EKO} \pm \text{SH}$ )

**Table 3.** Least means square and standart errors ( $\text{LSM} \pm \text{SE}$ ) of protein (%), lactose (%), freezing point ( $^{\circ}$ C), density ( $\text{kg/m}^3$ ) and electrical conductivity ( $\mu\text{S/cm}$ ) values in Akkeçi goats

LD	P	L	DN	Y	Eİ
1	3.66 $\pm$ 0.043 <sup>A</sup>	5.51 $\pm$ 0.064 <sup>A</sup>	-0.65 $\pm$ 0.009 <sup>D</sup>	34.38 $\pm$ 0.388 <sup>A</sup>	5.30 $\pm$ 0.016 <sup>A</sup>
2	3.39 $\pm$ 0.036 <sup>BC</sup>	5.10 $\pm$ 0.053 <sup>BC</sup>	-0.59 $\pm$ 0.007 <sup>B</sup>	32.12 $\pm$ 0.398 <sup>B</sup>	5.28 $\pm$ 0.031 <sup>A</sup>
3	3.29 $\pm$ 0.041 <sup>C</sup>	4.95 $\pm$ 0.060 <sup>C</sup>	-0.57 $\pm$ 0.007 <sup>A</sup>	31.31 $\pm$ 0.417 <sup>BC</sup>	5.00 $\pm$ 0.097 <sup>B</sup>
4	3.40 $\pm$ 0.034 <sup>BC</sup>	5.04 $\pm$ 0.047 <sup>BC</sup>	-0.60 $\pm$ 0.006 <sup>B</sup>	31.09 $\pm$ 0.377 <sup>BC</sup>	4.69 $\pm$ 0.105 <sup>C</sup>
5	3.30 $\pm$ 0.029 <sup>C</sup>	4.97 $\pm$ 0.044 <sup>C</sup>	-0.59 $\pm$ 0.006 <sup>B</sup>	30.29 $\pm$ 0.329 <sup>C</sup>	4.71 $\pm$ 0.114 <sup>C</sup>
6	3.46 $\pm$ 0.032 <sup>B</sup>	5.20 $\pm$ 0.050 <sup>B</sup>	-0.63 $\pm$ 0.008 <sup>C</sup>	31.70 $\pm$ 0.304 <sup>B</sup>	4.67 $\pm$ 0.106 <sup>C</sup>

LD: Laktasyon Dönemi, P: Protein, L: Laktoz, DN: Donma Noktası, Y: Yoğunluk, Eİ: Elektriksel İletkenlik

A, B, C, D: Üzerinde çalışılan özellik bakımından incelenen dönemler arasındaki farklılıkları ifade eder ( $p<0.05$ ).

Keçi sütü bileşenlerinin ırk, yaş, bakım-besleme koşulları, laktasyon dönemi, mevsim vb. birçok faktör tarafından etkilendiği bilinmektedir (Guo et al., 2001; Clark et al., 2017; Erduran & Dag, 2021). Bu çalışmada üzerinde durulan özelliklerden, pH dışındaki bütün özelliklerin laktasyon döneminden etkilendiği, süt pH düzeyinin ise yalnızca zemin tipinden etkilendiği belirlenmiştir. Bu çalışmada laktasyonun farklı dönemlerinde süt bileşenleri üzerinde ortaya çıkan farklılığın, keçilerin günlük ortalama süt verimlerinde meydana gelen değişimle birlikte mevsim etkisinin de etkili olduğu söylenebilir. Nitekim Guo et al. (2001) tarafından yapılan çalışmada, süt yağ ve protein oranının mevsime bağlı değişim göstererek yaz aylarında azalış, sonbahar aylarında ise artış gösterdiği bildirilmiştir. Başka bir çalışmada, Erduran & Dag (2021), Saanen x Kıl keçisi melezlerinde hem mevsimin hem de süt veriminden kaynaklanan değişimin benzer şekilde olduğu görülmüştür. Scano & Caboni (2022) tarafından Saanen ve Sarda keçilerinde 4 yıl süreyle yürütülen çalışmada sütün yağ, protein ve yağ/protein oranlarının yaz aylarında azaldığı, sonbahar aylarında ise arttığı bildirilmiştir. Ayrıca bu çalışmada, sütün temel bileşenlerinden olan laktoz ve proteinin bunlara bağlı olarak da yoğunlukta meydana gelen değişimin sütteki YKM miktarını etkilediği bununla birlikte laktasyon döneminin de etkili olduğu saptanmıştır. YKM bakımından elde edilen bulgular Alpin, Nubian, Norveç Sütçü keçisi, Kıl keçisi, Kıl x Saanen ve Alpin x Saanen melezinde bulunan değerlerden oldukça yüksektir (Zeng & Escobar, 1996; Msalya et al., 2021; Erduran & Dag, 2021). Bu durum günlük ortalama süt veriminin düşük olmasından da kaynaklanabilir. Nitekim sütün yağsız kuru madde oranı (YKM) ile protein, laktoz ve yoğunluk arasında pozitif korelasyon bulunmakta olup bu duruma mineral ve vitaminlerin de etkili olduğu bildirilmiştir (Zeng & Escobar, 1995; Yaylak vd., 2007; Park, 2010).

Bu araştırmada sütün donma noktası bakımından zemin tipi gruplarına göre değişim önemsizken, laktasyon dönemi bakımından gözlenen farklılıklar önemlidir. Laktasyon dönemine göre sütün donma noktasında meydana gelen değişimde mevsim faktörünün etkili olduğu söylenebilir. Sütteki donma noktasının yaz aylarında 0'a yaklaşmasında bu dönemde su tüketiminin artması ve solar radyasyondan kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Konar, 1982). Bununla birlikte, donma noktasını sütün asitliği de etkileyebilir (Ünal & Besler, 2007), ancak bu çalışmada sütteki asitlik ile donma noktası arasında herhangi bir ilişki saptanmamıştır.

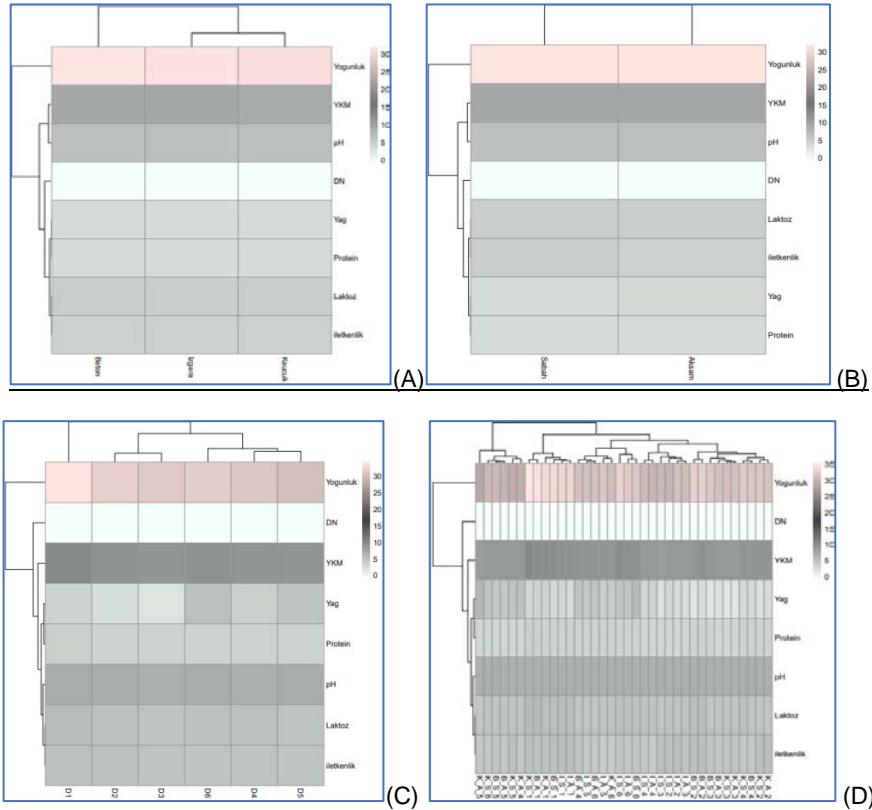
Laktasyonun başında elektriksel iletkenlik (Eİ) en yüksek seviyesinde iken laktasyonun sonuna doğru bu değer azalmıştır. Elektriksel iletkenlik, süt sıvırcılığında mastitisin erken teşhisi için önemli bir belirteç iken süt keçilerinde bu durumun geçerli olmadığı (Tangorra et al., 2010; Díaz et al., 2012), ancak Eİ yüksek olan memelerin ve/veya meme loblarının izlenmesi gerektiğini Tangorra et al. (2010) tarafından Saanen ırkında yapılan çalışmada vurgulanmıştır. Bu çalışmada, araştırma süresince keçilerde mastitis vakasına rastlanmamış olmakla birlikte, Eİ bakımından elde edilen bulgular Tangorra et al. (2010) ve Šlyžienė et al.

(2020) çalışmalarında elde ettikleri değerlerden düşük, ancak Erduran & Dag (2021) çalışmasından yüksek olduğu gözlenmiştir.

Süt bileşenlerinde sabah ve akşam sağımları bakımından gözlenen farklılıkların, yalnızca laktasyonun dördüncü döneminde sütteki yağ oranı dışında, istatistik olarak önemli olmadığı saptanmıştır. Sağım zamanı bakımından Kastelic & Kompan (2006) keçilerde, Akter vd. (2015) sığırlarda yaptıkları çalışmada süt bileşenleri bakımından sabah ve akşam sağımları arasında farklılık olmadığını, Izzadeen et al. (2021) koyun ve sığırlarda yapılan çalışmada yağ oranının akşam sağımında daha yüksek olduğunu, diğer bileşenlerin ise sağım zamanından etkilenmediğini bildirmişlerdir. Bu kapsamda, süt bileşenlerindeki değişimin sağım zamanından daha çok süt verimi ile ilişkili olduğu ileri sürülmüştür (Kastelic & Kompan, 2006).

Araştırmada pH bakımından laktasyon dönemi ve sağım zamanı bakımından gözlenen farklılıklar istatistik olarak önemsizken, zemin tipine göre gözlenen farklılıklar önemli ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur (Ek-2). Zemin grupları arasında en yüksek pH düzeyi beton zeminde gözlenmiş olup ortalaması 6.87 olarak saptanmıştır. Kauçuk ve ızgara zemin gruplarında ise pH düzeyi ortalaması beton zemin grubundan önemli ( $p < 0.05$ ) düzeyde düşük olup sırasıyla; 6.71 ve 6.76'dır. Bu duruma, beton zemine konulan samanın keçiler tarafından tüketilmiş olmasının yol açabileceği ileri sürülebilir. Bununla birlikte, Akkeçilerin farklı ırklarda yürütülen çalışmalarda bildirilen pH derecelerinden daha yüksek değerlere sahiptir (Todaro et al., 2005; Tsioulpas et al., 2007; Vacca et al., 2017; Erduran & Dag, 2021).

Şekil 2'de üzerinde durulan süt bileşenlerine zemin tipi (A), sağım zamanı (B), dönem (C) ve dönem-zemin (D) alt grup ortalamalarına ilişkin ısı haritaları verilmiştir. Bu haritalar incelendiğinde, üzerinde durulan özellikler bakımından zemin tipi ve sağım zamanlarının ortalamaları arasında önemli bir fark bulunmazken dönemlerin ve Dönem x Sağım zamanı alt gruplarının ortalamalarının renk skalaları bakımından farklılaştığı görülmüştür. Bu durum istatistik analizlerle belirlenmiştir.



**Şekil 2.** Süt bileşenlerine zemin tipi (A), sağım zamanı (B), dönem (C) ve dönem-zemin (D) alt grup ortalamalarına ait ısı haritaları  
**Figure 2.** Heat maps of milk components for subgroup averages of floor type (A), milking time (B), period (C) and period-floor (D)

## Somatik Hücre Sayısı

SHS'nin zemin tipinden etkilenmediği gözlenirken ( $p>0.05$ ), laktasyon dönemi X sağım zamanı bakımından belirlenen farklılıkların önemli olduğu ( $p<0.05$ ) tespit edilmiştir. Sabah sağımlarında, SHS bakımından en yüksek değerler laktasyonun ortası ve sonunda saptanmış olup bu dönemlerde SHS'nin diğer aylardan farkının istatistik olarak önemlidir ( $p<0.05$ ). Akşam sağımlarında ise, SHS'nin laktasyon döneminin sonunda en yüksek olduğu, bu dönemdeki farklılıkların diğer dönemlere göre önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Laktasyon dönemlerinde, sabah ve akşam sadece laktasyonun son 2 döneminde sabah sağımında bulunan SHS'nin akşam sağımına nazaran farkı önemli ( $p<0.05$ ), diğer dönemlerde ise önemli değildir (Çizelge 4).

**Çizelge 4.** Akkeçilerin SHS sayılarına ( $\times 10^6$ ) ilişkin en küçük kareler ortalaması ve standart hataları (EKO  $\pm$  SH)

**Table 4.** Least means square and standart errors (LSM $\pm$ SE) of SCC ( $\times 10^6$ ) of Akkeçi goats

LD	Izgara		Kauçuk		Beton		Genel	
	Sabah	Akşam	Sabah	Akşam	Sabah	Akşam	Sabah	Akşam
3	1.32 $\pm$ 0.273	1.49 $\pm$ 0.318	0.88 $\pm$ 0.034	0.99 $\pm$ 0.084	0.83 $\pm$ 0.074	1.10 $\pm$ 0.199	0.98 $\pm$ 0.098 <sup>Ca</sup>	1.18 $\pm$ 0.130 <sup>Ca</sup>
4	1.33 $\pm$ 0.064	1.37 $\pm$ 0.102	2.30 $\pm$ 1.287	2.69 $\pm$ 1.020	1.22 $\pm$ 0.132	1.32 $\pm$ 0.127	1.54 $\pm$ 0.340 <sup>Aa</sup>	1.71 $\pm$ 0.311 <sup>Ba</sup>
5	0.79 $\pm$ 0.149	1.32 $\pm$ 0.254	1.28 $\pm$ 0.110	1.84 $\pm$ 0.045	1.25 $\pm$ 0.107	1.58 $\pm$ 0.129	1.13 $\pm$ 0.091 <sup>Ba</sup>	1.58 $\pm$ 0.10 <sup>Bb</sup>
6	1.29 $\pm$ 0.237	1.77 $\pm$ 0.227	1.30 $\pm$ 0.200	1.77 $\pm$ 0.143	1.41 $\pm$ 0.160	2.05 $\pm$ 0.326	1.35 $\pm$ 0.101 <sup>Aa</sup>	1.90 $\pm$ 0.159 <sup>Ab</sup>
	1.33 $\pm$ 0.083		1.63 $\pm$ 0.214		1.34 $\pm$ 0.077			

A, B, C: İncelenen dönemler arasındaki farklılık istatistik olarak önemlidir ( $p<0.05$ ).

a, b: Ölçüm zamanları arasındaki farklılık istatistik olarak önemlidir ( $p<0.05$ ).

SHS, süt bileşenleri, ırk, laktasyon sırası, laktasyon dönemi, doğum tipi ve sağım şekli vb. faktörlerden etkilenmektedir. Hayvanlarda SHS'nin artışı yalnızca meme sağlığını değil süt verimi, bileşimini ve dolayısıyla sütün işlenme sürecini de etkilemektedir. SHS yüksekliği, ineklerde mastitis ile ilişkili iken keçilerde bu durum geçerli değildir. Keçilerde apokrin sistem sitoplazmik partikülleri (DNA içeren) ve hücre parçaları özellikle laktasyonun sonuna doğru normalden daha fazla olmaktadır (Cedden et al., 2002). Bu durum da, diğer memeli sütlerine göre keçi sütünün SHS'nin daha yüksek olmasına neden olmaktadır. Bu çalışmada da, laktasyon döneminin SHS üzerine etkili olduğu ve son dönemde SHS'nin arttığı gözlenmiştir. Çalışmada elde edilen değerler, SHS bakımından literatürde bildirilen birçok çalışmadan düşük bulunmuştur (Zeng & Escobar, 1995; Cedden et al., 2002; Kaya, 2005; Park, 2010; Kaskous et al., 2023). Akşam sağımlarında, sabah sağımlarına göre, özellikle son iki döneminde, SHS daha yüksek bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Akkeçilerde Cedden et al. (2002) tarafından yapılan çalışmada da, akşam sağımlarında sabah sağımlarına göre daha yüksek SHS olduğu bildirilmiştir.

## SONUÇ

Araştırmadan elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, Akkeçilerin laktasyon süt verimi, laktasyon süresi, pH dışındaki diğer, süt bileşenleri ve SHS bakımından zemin tipinin etkisi istatistik olarak önemli bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Sonuç olarak farklı zemin tiplerinin, Akkeçilerde süt verimi ve bileşenleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığı gözlenmiş ancak zemin tipinin davranış, refah ve sağlık vb. özelliklere etkileri incelenerek yetiştiricilere zemin tipinin tercihi konusunda önerilerde bulunulabilir.

## KAYNAKLAR

- Aktaş, Z., A. Kaygısız & S. Baş, 2012. Kahramanmaraş yetiştirici şartlarında Türk Saanen keçilerinin süt verim özellikleri, bazı meme ölçüleri ve SHS arasındaki ilişkiler. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 15 (4): 7-17.
- Akter, S., M.A.A. Galib, S.K. Nath, K., Afrin & M.S. Sarker, 2015. Chemical and microbial qualities of morning and evening milk collected from selected dairy farms in Chittagong City of Bangladesh. Bangladesh Journal of Animal Science, 44 (3): 171-175.

- Anonymous, 2023. <https://davetang.org/muse/2018/05/15/making-a-heatmap-in-r-with-the-heatmap-package/>
- Arsoy, D., 2020. Herd management and welfare assessment of dairy goat farms in Northern Cyprus by using breeding, health, reproduction, and biosecurity indicators. *Tropical Animal Health and Production*, 52 (1): 71-78.
- Aslan, H. & S.U. Seyfi, 2015. Alternative barn design applicable in different environmental condition for goat breeding. *Journal of International Environmental Application and Science*, 10 (4): 421-428.
- Cedden, F., A. Kor & S. Keskin, 2002. Laktasyonun geç döneminde keçi sütünde somatik hücre sayımı; yaş, süt verimi ve bazı meme özellikleri ile olan ilişkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 12 (2): 63-67.
- Celozzi, S., S. Mattiello, M. Battini, M. Zucali, L. Pirovano, C. Albano, M. Brasca & L. Bava, 2021. Effect of a reduced amount of straw bedding on goats' comfort and hygienic characteristics of milk and straw, *Italian Journal of Animal Science*, 20: 1, 995-1001, Doi: 10.1080/1828051X.2021.1920483
- Clark, S. & M.B.M. Garcí, 2017. A 100-year review: Advances in goat milk research. *Journal of Dairy Science*, 100 (12): 10026-10044.
- Díaz, J.R., G. Romero, R. Muelas, M. Alejandro & C. Peris, 2012. Effect of intramammary infection on milk electrical conductivity in Murciano-Granadina goats. *Journal of Dairy Science*, 95 (2): 718-726.
- Erduran, H. & B. Dag, 2021. Determination of factors affecting milk yield, composition and udder morphometry of Hair and cross-bred dairy goats in a semi-intensive system. *Journal of Dairy Research*, 88 (3): 265-269.
- Erduran, H., 2023. Effect of parturition time and photoperiod on milk production, quality, and somatic cell count traits of pure and crossbred goats in a different production system. *Tropical Animal Health and Production*, 55 (3): 145.
- FAO, 2023. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Erişim Tarihi: Nisan, 2023
- Guo, M.R., P.H. Dixon, Y.W. Park, J.A. Gilmore & P.S. Kindstedt, 2001. Seasonal changes in the chemical composition of commingled goat milk. *Journal of Dairy Science*, 84, E79-E83.
- Haenlein, G.F.W., 2004. Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*, 51 (2): 155-163.
- Izzadeen, S.I., N.A. Mustafa & M.A. Mustafa, 2021. Evaluation Of Morning And Evening Milk Traits in Some Dairy Animals in Erbil City. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, 21 (3): 75-81.
- Kaskous, S., S. Farschtschi & M.W. Pfaffl, 2023. Physiological aspects of milk somatic cell count in small ruminants-a review. *Dairy*, 4 (1): 26-42.
- Kastelic, M. & D. Kompan, 2006. Goat milk composition at morning and evening milking. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 10 (2): 177-181.
- Kaya, S.Ö., 2005. Akkeçilerde somatik hücre sayılarının saptanması, bazı verim ve meme özellikleri ile ilişkileri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi). Ankara.
- Koçyiğit, R. & N. Tüzemen, 2014. Farklı Zemin Tiplerinin Esmer Sığırlarda Süt Verimi ve Süt Kompozisyonu ile Somatik Hücre Sayısı Üzerine Etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 45 (2): 107-115.
- Konar, A., 1982. İnek, koyun ve keçi sütlerinin, donma noktası depresyonu "süte su katılarak yapılan hilenin saptanması". *Gıda*, 7 (2): 55-62.
- Koyuncu, E., A. Pala, T. Savaş, A. Konyalı, C. Ataşoğlu, G. Daş, İ.E. Ersoy, F. Uğur, İ.Y. Yurtman & H.H. Yurt, 2006. Çanakkale Koyun ve Keçi Yetiştiricileri Birliği üyesi keçicilik işletmelerinde teknik sorunların belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Hayvansal Üretim* 47: 21-27.
- Koyuncu, M. & Ş. Öziş Altınçekiç. 2010. "Keçilerde Refah". Ulusal Keçicilik Kongresi 24-26 Haziran 2010. Çanakkale.
- Maciel, G.M., 2016. Impact of some farm-related practices and first processing steps on milk quality for cheese production, PhD thesis, Department of Food Science, Aarhus University, Denmark.
- Morgan, F., T. Massouras, M. Barbosa, L. Roseiro, F. Ravasco, I. Kandarakis, V. Bonnin, M. Fistakoris, E. Anifantakis, G. Jaubert & K. Raynal-Ljutovac, 2003. Characteristics of goat milk collected from small and medium enterprises in Greece, Portugal and France. *Small Ruminant Research*, 47 (1): 39-49.
- Msalya, G.M., F.E. Urassa & G.C. Kifaro, 2021. Quality of milk from Norwegian dairy goats bred and raised in Mgeta division, Morogoro region, Tanzania. *Tanzania Journal of Agricultural Sciences*, 20 (1): 54-62.
- Noutfia, Y., S. Zantar, M. Ibelbachyr, S. Abdelouahab & I. Ounas, 2014. Effect of stage of lactation on the physical and chemical composition of Drâa goat milk. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 14 (4): 1981-1991.
- Öztürk, S. & C. Tölü, 2016. Keçi ve koyunlarda tahta, kauçuk ve izgara zemin tercihi. *Hayvansal Üretim*, 57 (2): 28-34.

- Park, Y.W. & F.W. Haenlein, 2006. Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals. (Edt). Blackwell Publishing Professional, Iowa, USA.
- Park, Y.W., 2010. Goat Milk: Composition and characteristics. In Encyclopedia of Animal Science, Second Edition. Taylor and Francis: New York, 2010; 537-540.
- Park, Y.W., 1994. Hypo allergenic and therapeutic significance of goat milk. *Small Ruminant Research* 14 (2): 151-159.
- Park, Y.W., M. Juárez, M. Ramos & G.F.W. Haenlein, 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68 (1-2): 88-113.
- Pehlivan, E. & G. Dellal, 2012. Türkiye’de Keçi Sütü Üretimi. *Tarım Gündem Dergisi*, Kasım-Aralık 2012, 2 (11): 1-5.
- Scano, P. & P. Caboni, 2022. Seasonal Variations of Milk Composition of Sarda and Saanen Dairy Goats. *Dairy*. 3 (3): 528-540.
- Singh, A.K., T. Kumari, M.S. Rajput, A. Baishya, N. Bhatt & S. Roy, 2020. A review: effect of bedding material on production, reproduction and health and behavior of dairy animals. *International Journal of Livestock Research*, 10 (7): 11-20.
- Šlyžienė, B., L. Anskienė, E. Šlyžius & V. Juozaitienė, 2020. Relationship of milking traits and somatic cell count with electrical conductivity of goat milk during different milking phases. *Mljekarstvo*, 70 (4): 292-299.
- Sutherland, M.A., G.L. Lowe, T.J. Watson, C.M. Ross, D. Rapp & G.A. Zobel, 2017. Dairy goats prefer to use different flooring types to perform different behaviours. *Applied Animal Behaviour Science*, 197, 24-31.
- Tangorra, F.M., M. Zaninelli, A. Costa, A. Agazzi & G. Savoini, 2010. Milk electrical conductivity and mastitis status in dairy goats: Results from a pilot study. *Small ruminant research*, 90 (1-3): 109-113.
- Todaro, M., M.L. Scatassa & P. Giaccone, 2005. Multivariate factor analysis of Girgentana goat milk composition. *Italy Journal of Animal Science* 4 (4): 403-410.
- Tsioulpas, A., M.J. Lewis & A.S. Grandison, 2007. A study of the pH of individual milk samples. *International Journal of Dairy Technology*, 60 (2): 96-97.
- Ullah, S., M.S. Azhar, Z. Javed, N. Ahmad, M.N. Asghar & M.M. Anwar, 2022. Effect of different types of floors on beetal goats' preference, lying, standing, and elimination behavior. *Jammu Kashmir Journal of Agriculture*, 2 (2): 17-22.
- Ünal, R.N. & H.T. Besler, 2008. Beslenme sütü önemi. Sağlık Bakanlığı Yayın, 727.
- Vacca, G.M., V. Carcangiu, P.P. Bini & P. Buffa, 1999. Variations in the quality of Sarda goats milk in the first three lactations [animal breeding]. In *Proceeding of the ASPA Congress-Recent Progress in Animal Production Science (Italy)*.
- Yaylak, E., A. Alçiçek, Y. Konca & H. Uysal, 2007. İzmir ilçelerinde mandıralarca kış aylarında toplanan sütlerde bazı besin madde ve fiziksel özelliklere ait değişimlerin saptanması. *Hayvansal Üretim*, 48 (1): 26-32.
- Zeng, S.S. & E.N. Escobar, 1995. Effect of parity and milk production on somatic cell count, standard plate count and composition of goat milk. *Small Ruminant Research*, 17 (3): 269-274.
- Zeng, S.S. & E.N. Escobar, 1996. Effect of breed and milking method on somatic cell count, standard plate count and composition of goat milk. *Small Ruminant Research*, 19 (2): 169-175.

**Ek 1.** Akkeçilerde süt yağ oranları (%) ve YKM (%) oranlarına ait en küçük kareler ortalaması ve standart hataları (EKO ± SH)

**Appendix 1.** Least means square and standart errors (LSM±SE) of milk fat ratios (%) and SNF (%) in Akkeçi goats

Dönem	SZ	Yağ (%)				YKM (%)			
		Izgara	Kauçuk	Beton	LD x SZ	Izgara	Kauçuk	Beton	LD x SZ
1	Sabah	3.3±1.12	3.2±0.23	2.9±0.14	<b>3.10±0.278Ba</b>	9.9±0.32	10.4±0.52	10.0±0.21	<b>10.07±0.178Aa</b>
	Akşam	2.8±0.48	3.7±0.56	3.6±0.56	<b>3.41±0.320 Ba</b>	9.8±0.35	10.1±0.32	10.2±0.24	<b>10.07±0.159Aa</b>
2	Sabah	3.1±1.51	2.2±0.40	1.6±0.41	<b>2.17±0.454CDa</b>	8.9±0.25	9.3±0.25	9.5±0.26	<b>9.29±0.162BCa</b>
	Akşam	2.7±0.75	2.6±0.98	2.3±0.18	<b>2.50±0.304Ca</b>	9.1±0.11	9.3±0.10	9.6±0.222	<b>9.36±0.120Ba</b>
3	Sabah	1.9±0.64	1.8±0.30	1.6±0.41	<b>1.73±0.250Da</b>	8.8±0.04	9.0±0.47	9.2±0.332	<b>9.02±0.186Ca</b>
	Akşam	2.5±0.77	1.7±0.33	2.1±0.42	<b>2.12±0.281Ca</b>	9.0±0.03	9.3±0.30	9.1±0.23	<b>9.05±0.121Ba</b>
4	Sabah	3.3±0.52	2.9±0.63	3.0±0.33	<b>3.03±0.241BCa</b>	8.9±0.09	9.4±0.25	9.4±0.13	<b>9.26±0.107 BCa</b>
	Akşam	3.7±0.34	5.2±1.80	5.1±0.98	<b>4.73±0.632Ab</b>	9.0±0.17	8.8±0.24	9.4±0.22	<b>9.15±0.144Ba</b>
5	Sabah	4.7±0.59	4.9±1.80	4.6±0.88	<b>4.72±0.579Aa</b>	9.3±0.09	8.9±0.32	9.11±0.15	<b>9.10±0.113Ca</b>
	Akşam	4.0±0.55	6.1±1.61	4.8±0.42	<b>4.91±0.503Aa</b>	9.4±0.08	8.7±0.13	9.0±0.19	<b>9.05±0.121Ba</b>
6	Sabah	4.9±0.80	5.0±1.59	5.8±0.97	<b>5.32±0.601Aa</b>	10.0±0.27	9.1±0.20	9.8±0.2	<b>9.63±0.151Ba</b>
	Akşam	5.0±0.27	4.1±0.14	5.1±0.48	<b>4.80±0.253Aa</b>	9.7±0.25	9.2±0.07	9.4±0.07	<b>9.41±0.089Ba</b>
<b>Zemin</b>		<b>3.50±0.244</b>	<b>3.62±0.346</b>	<b>3.53±0.240</b>		<b>9.32±0.085</b>	<b>9.27±0.106</b>	<b>9.47±0.072</b>	

LD: Laktasyon Dönemi, SZ: Sağım Zamanı, Y: Yağ, YKM: Yağsız Kuru Madde

A, B, C, D: Her bir sağım zamanında incelenen dönemler arasındaki farklılıkları ifade eder ( $p<0.05$ ).

a, b: Her bir Laktasyon döneminde, sağım zamanları arasındaki farklılıkları ifade eder ( $p<0.05$ ).

EKO: En Küçük Kareler Ortalaması, SH: Standart Hata



**Ek 2.** Akkeçilerde sütteki protein (%), laktoz (%), donma noktası ( $^{\circ}\text{C}$ ), yoğunluk ( $\text{kg/m}^3$ ), elektriksel iletkenlik ( $\mu\text{S/cm}$ ) ve pH değerlerine ait en küçük kareler ortalaması ve standart hataları (EKO  $\pm$  SH)

**Appendix 2.** Least means square and standart errors (LSM $\pm$ SE) of protein (%), lactose (%), freezing point ( $^{\circ}\text{C}$ ), density ( $\text{kg/m}^3$ ), electrical conductivity ( $\mu\text{S/cm}$ ) and pH values in Akkeçi goats

Süt Bileşenleri	Dönem	1		2		3		4		5		6		Zemin
	SZ	Sabah	Akşam	Sabah	Akşam	Sabah	Akşam	Sabah	Akşam	Sabah	Akşam	Sabah	Akşam	
Protein (%)	Zemin													Zemin
	Izgara	3.6 $\pm$ 0.12	3.6 $\pm$ 0.14	3.2 $\pm$ 0.09	3.3 $\pm$ 0.06	3.2 $\pm$ 0.00	3.3 $\pm$ 0.02	3.2 $\pm$ 0.03	3.3 $\pm$ 0.06	3.4 $\pm$ 0.04	3.4 $\pm$ 0.04	3.6 $\pm$ 0.09	3.5 $\pm$ 0.10	<b>3.38<math>\pm</math>0.031</b>
	Kauçuk	3.8 $\pm$ 0.18	3.7 $\pm$ 0.14	3.4 $\pm$ 0.09	3.4 $\pm$ 0.03	3.3 $\pm$ 0.19	3.3 $\pm$ 0.10	3.4 $\pm$ 0.09	3.2 $\pm$ 0.09	3.2 $\pm$ 0.11	3.2 $\pm$ 0.03	3.2 $\pm$ 0.08	3.3 $\pm$ 0.03	<b>3.36<math>\pm</math>0.039</b>
	Beton	3.6 $\pm$ 0.07	3.7 $\pm$ 0.09	3.5 $\pm$ 0.09	3.5 $\pm$ 0.10	3.3 $\pm$ 0.13	3.3 $\pm$ 0.08	3.4 $\pm$ 0.05	3.4 $\pm$ 0.08	3.3 $\pm$ 0.05	3.3 $\pm$ 0.06	3.5 $\pm$ 0.06	3.4 $\pm$ 0.03	<b>3.44<math>\pm</math>0.026</b>
	Dönem	<b>3.66<math>\pm</math>0.043A</b>		<b>3.39<math>\pm</math>0.036BC</b>		<b>3.29<math>\pm</math>0.041C</b>		<b>3.46<math>\pm</math>0.033BC</b>		<b>3.28<math>\pm</math>0.029C</b>		<b>3.46<math>\pm</math>0.032B</b>		
Laktoz (%)	Izgara	5.4 $\pm$ 0.18	5.4 $\pm$ 0.19	4.9 $\pm$ 0.12	5.0 $\pm$ 0.06	4.8 $\pm$ 0.02	4.9 $\pm$ 0.02	4.9 $\pm$ 0.06	4.9 $\pm$ 0.08	5.1 $\pm$ 0.06	5.2 $\pm$ 0.04	5.5 $\pm$ 0.15	5.3 $\pm$ 0.14	<b>5.10<math>\pm</math>0.046</b>
	Kauçuk	5.7 $\pm$ 0.28	5.5 $\pm$ 0.17	5.1 $\pm$ 0.14	5.0 $\pm$ 0.02	4.9 $\pm$ 0.27	4.9 $\pm$ 0.17	5.2 $\pm$ 0.13	4.8 $\pm$ 0.12	4.9 $\pm$ 0.17	4.8 $\pm$ 0.08	5.0 $\pm$ 0.12	5.0 $\pm$ 0.03	<b>5.07<math>\pm</math>0.058</b>
	Beton	5.5 $\pm$ 0.10	5.6 $\pm$ 0.14	5.2 $\pm$ 0.14	5.3 $\pm$ 0.12	5.0 $\pm$ 0.18	4.9 $\pm$ 0.12	5.1 $\pm$ 0.08	5.1 $\pm$ 0.12	5.0 $\pm$ 0.08	5.0 $\pm$ 0.10	5.3 $\pm$ 0.12	5.1 $\pm$ 0.03	<b>5.18<math>\pm</math>0.039</b>
	Dönem	<b>5.51<math>\pm</math>0.064A</b>		<b>5.10<math>\pm</math>0.053BC</b>		<b>4.95<math>\pm</math>0.061C</b>		<b>5.04<math>\pm</math>0.047 BC</b>		<b>4.97<math>\pm</math>0.044C</b>		<b>5.20<math>\pm</math>0.049B</b>		
Donma Noktası ( $^{\circ}\text{C}$ )	Izgara	-0.6 $\pm$ 0.03	-0.6 $\pm$ 0.03	-0.6 $\pm$ 0.02	-0.6 $\pm$ 0.01	-0.6 $\pm$ 0.01	-0.6 $\pm$ 0.01	-0.6 $\pm$ 0.01	-0.6 $\pm$ 0.01	-0.6 $\pm$ 0.01	-0.6 $\pm$ 0.01	-0.6 $\pm$ 0.02	-0.6 $\pm$ 0.02	<b>-0.60<math>\pm</math>0.007</b>
	Kauçuk	-0.7 $\pm$ 0.04	-0.7 $\pm$ 0.03	-0.6 $\pm$ 0.02	-0.6 $\pm$ 0.01	-0.6 $\pm$ 0.04	-0.6 $\pm$ 0.02	-0.6 $\pm$ 0.02	-0.6 $\pm$ 0.01	-0.6 $\pm$ 0.02	-0.6 $\pm$ 0.02	-0.6 $\pm$ 0.03	-0.6 $\pm$ 0.01	<b>-0.60<math>\pm</math>0.008</b>
	Beton	-0.6 $\pm$ 0.01	-0.7 $\pm$ 0.02	-0.6 $\pm$ 0.02	-0.6 $\pm$ 0.02	-0.6 $\pm$ 0.02	-0.6 $\pm$ 0.02	-0.6 $\pm$ 0.01	-0.6 $\pm$ 0.02	-0.6 $\pm$ 0.02	-0.6 $\pm$ 0.01	-0.6 $\pm$ 0.02	-0.6 $\pm$ 0.00	<b>-0.61<math>\pm</math>0.005</b>
	Dönem	<b>-0.65<math>\pm</math>0.009 D</b>		<b>-0.59<math>\pm</math>0.007 B</b>		<b>-0.57<math>\pm</math>0.007 A</b>		<b>-0.60<math>\pm</math>0.006 B</b>		<b>-0.59<math>\pm</math>0.006 B</b>		<b>-0.63<math>\pm</math>0.008 C</b>		
Yoğunluk ( $\text{kg/m}^3$ )	Izgara	33.6 $\pm$ 0.86	33.6 $\pm$ 0.97	30.2 $\pm$ 1.19	31.1 $\pm$ 0.29	30.5 $\pm$ 0.19	30.9 $\pm$ 0.37	30.3 $\pm$ 0.11	30.2 $\pm$ 0.37	31.2 $\pm$ 0.42	31.8 $\pm$ 0.11	33.5 $\pm$ 1.09	32.2 $\pm$ 1.01	<b>31.64<math>\pm</math>0.273</b>
	Kauçuk	35.5 $\pm$ 1.83	34.0 $\pm$ 1.01	32.1 $\pm$ 0.75	31.8 $\pm$ 0.55	31.1 $\pm$ 1.60	31.4 $\pm$ 1.03	32.4 $\pm$ 0.65	29.3 $\pm$ 1.54	29.5 $\pm$ 1.65	28.5 $\pm$ 0.48	30.4 $\pm$ 0.39	30.9 $\pm$ 0.23	<b>31.43<math>\pm</math>0.416</b>
	Beton	34.2 $\pm$ 0.71	34.9 $\pm$ 0.87	33.2 $\pm$ 1.03	33.0 $\pm$ 0.88	1032.0 $\pm$ 1.33	31.4 $\pm$ 0.94	32.0 $\pm$ 0.55	31.4 $\pm$ 0.99	30.4 $\pm$ 0.35	30.2 $\pm$ 0.64	32.1 $\pm$ 0.53	31.1 $\pm$ 0.41	<b>32.15<math>\pm</math>0.277</b>
	Dönem	<b>34.38<math>\pm</math>0.388A</b>		<b>32.12<math>\pm</math>0.398B</b>		<b>31.31<math>\pm</math>0.417BC</b>		<b>31.09<math>\pm</math>0.377BC</b>		<b>30.29<math>\pm</math>0.329C</b>		<b>31.70<math>\pm</math>0.304B</b>		
Elektriksel İletkenlik ( $\mu\text{S/cm}$ )	Izgara	5.3 $\pm$ 0.04	5.3 $\pm$ 0.07	5.3 $\pm$ 0.01	5.3 $\pm$ 0.00	5.3 $\pm$ 0.03	5.0 $\pm$ 0.33	4.6 $\pm$ 0.33	4.3 $\pm$ 0.01	4.4 $\pm$ 0.10	4.3 $\pm$ 0.03	5.0 $\pm$ 0.33	4.6 $\pm$ 0.33	<b>4.90<math>\pm</math>0.081</b>
	Kauçuk	5.3 $\pm$ 0.04	5.3 $\pm$ 0.05	5.3 $\pm$ 0.01	5.3 $\pm$ 0.00	5.0 $\pm$ 0.31	5.0 $\pm$ 0.30	4.6 $\pm$ 0.33	4.7 $\pm$ 0.37	5.5 $\pm$ 0.17	4.5 $\pm$ 0.21	4.7 $\pm$ 0.37	4.3 $\pm$ 0.00	<b>4.96<math>\pm</math>0.084</b>
	Beton	5.3 $\pm$ 0.03	5.3 $\pm$ 0.00	5.3 $\pm$ 0.02	5.2 $\pm$ 0.14	5.1 $\pm$ 0.20	4.8 $\pm$ 0.24	4.8 $\pm$ 0.22	4.9 $\pm$ 0.25	4.8 $\pm$ 0.23	4.6 $\pm$ 0.31	4.9 $\pm$ 0.25	4.5 $\pm$ 0.20	<b>4.96<math>\pm</math>0.062</b>
	Dönem	<b>5.30<math>\pm</math>0.016 A</b>		<b>5.28<math>\pm</math>0.031 A</b>		<b>5.00<math>\pm</math>0.097 B</b>		<b>4.69<math>\pm</math>0.105 C</b>		<b>4.71<math>\pm</math>0.114 C</b>		<b>4.67<math>\pm</math>0.106 C</b>		
pH	Izgara	6.7 $\pm$ 0.01	6.7 $\pm$ 0.08	6.7 $\pm$ 0.03	6.7 $\pm$ 0.02	6.7 $\pm$ 0.06	6.7 $\pm$ 0.07	6.7 $\pm$ 0.04	6.7 $\pm$ 0.05	6.7 $\pm$ 0.06	6.6 $\pm$ 0.06	6.8 $\pm$ 0.11	6.9 $\pm$ 0.16	<b>6.71<math>\pm</math>0.021B</b>
	Kauçuk	6.8 $\pm$ 0.03	6.8 $\pm$ 0.05	6.9 $\pm$ 0.10	6.8 $\pm$ 0.10	6.7 $\pm$ 0.04	6.8 $\pm$ 0.09	6.7 $\pm$ 0.03	6.7 $\pm$ 0.01	6.8 $\pm$ 0.06	6.8 $\pm$ 0.03	6.7 $\pm$ 0.03	6.7 $\pm$ 0.04	<b>6.76<math>\pm</math>0.017B</b>
	Beton	6.9 $\pm$ 0.03	6.9 $\pm$ 0.04	6.9 $\pm$ 0.03	6.9 $\pm$ 0.06	6.8 $\pm$ 0.05	6.7 $\pm$ 0.03	6.8 $\pm$ 0.11	7.0 $\pm$ 0.18	7.0 $\pm$ 0.10	6.9 $\pm$ 0.06	7.0 $\pm$ 0.10	6.8 $\pm$ 0.04	<b>6.87<math>\pm</math>0.032A</b>
	Dönem	<b>6.81<math>\pm</math>0.020</b>		<b>6.84<math>\pm</math>0.028</b>		<b>6.73<math>\pm</math>0.020</b>		<b>6.78<math>\pm</math>0.051</b>		<b>6.81<math>\pm</math>0.038</b>		<b>6.81<math>\pm</math>0.039</b>		

SZ: Sağım Zamanı

A, B, C, D: Her bir sağım zamanında incelenen dönemler arasındaki farklılıkları ifade eder ( $p < 0.05$ ).

## Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (3):501-513  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1286643>

Fikret SAYGIN <sup>1\*</sup> 

Pelin ALABOZ <sup>2</sup> 

Hasan AKSOY <sup>3</sup> 

Orhan DENGİZ <sup>4</sup> 

Ali İMAMOĞLU <sup>5</sup> 

Aykut ÇAĞLAR <sup>6</sup> 

Yusuf KOÇ <sup>6</sup> 

<sup>1</sup> Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, 58000, Merkez, Sivas, Türkiye

<sup>2</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 32260, Çünür, Isparta, Türkiye

<sup>3</sup> Sinop Üniversitesi, Ayancık Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, 57400 Ayancık, Sinop, Türkiye

<sup>4</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 55200, Atakum, Samsun, Türkiye

<sup>5</sup> Sinop Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Sosyal Bilimler Eğitimi Bölümü, 57000, Merkez, Sinop, Türkiye

<sup>6</sup> Tarım ve Orman Bakanlığı, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Toprak ve Su Kaynakları Bölümü, 55300, Tekkeköy, Samsun, Türkiye

\* Sorumlu yazar (Corresponding author):

[fsaygin@sivas.edu.tr](mailto:fsaygin@sivas.edu.tr)

**Anahtar sözcükler:** Agregasyon, NDVI, SAVI, toprak özellikleri

**Keywords:** Aggregation, NDVI, SAVI, soil properties

## Farklı uydu verilerinden elde edilen indeksler ile toprak erozyon parametreleri arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi

Evaluation of the relationship between indices obtained from different satellite data and soil erosion parameters

**Alınış:** (Received):23.04.2023

**Kabul Tarihi** (Accepted): 18.09.2023

### ÖZ

**Amaç:** Samsun ili Vezirköprü ilçe sınırları içerisinde 466.06 dekar alanda farklı uydu görüntüleri (Triplesat, Landsat 8) kullanılarak elde edilen indis ve reflektansları ile toprak erozyon parametreleri (erozyon oranı, dispersiyon oranı, strüktür stabilitesi, kil oranı, agregat stabilitesi ve toprak kabuk indeksi) arasındaki ilişkinin ortaya konulmasıdır.

**Materyal ve Yöntem:** Çalışma alanı içerisinde 100 x 100 m grid aralıklarla alınmış toplam 32 toprak örneğinde toprak erozyon duyarlılığına yönelik analizlerin yapılması, Triplesat ve Landsat uydu görüntülerine ait indis ve reflektansların elde edilmesi, analiz sonuçlarının uydu görüntülerine ait indislerle karşılaştırılması olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

**Araştırma Bulguları:** Landsat uydu verilerinin Red, Green ve Blue bantlarından elde edilen reflektans değerleri ile erozyon oranı arasındaki ilişkiler Triplesat uydusu reflektanslarına göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Toprakların agregat stabilitesi ve kabuk oranı özellikleri ile indisler arasında önemli seviyede korelasyonlar elde edilmemiştir. Erozyon oranı ve dispersiyon oranı ile indisler arasında daha yüksek pozitif yönlü ilişkiler belirlenmiştir.

**Sonuç:** Toprakların agregat stabilitesi (AS) içerikleri ile Triplesat uydu görüntülerinden elde edilen indislerde, erozyon oranında ise Landsat uydu görüntülerinden elde edilen indisler ile daha yüksek ilişki içerisinde olduğu görülmüştür.

### ABSTRACT

**Objective:** The relationship between the indices and reflectances obtained by using different satellite images (Triplesat, Landsat 8), and soil erosion parameters (erosion rate, dispersion rate, structure stability, clay ratio, aggregate stability, and soil crust index) within the boundaries of Vezirköprü district of Samsun province. is to be revealed.

**Material and Methods:** It was carried out in three stages: analyzing soil erosion sensitivity on a total of 32 soil samples taken at 100 x 100 m grid intervals from the study area, obtaining indices and reflectances of Triplesat and Landsat satellite images, and comparing the analysis results with the indices of satellite images."

**Results:** The correlations between the reflectance values obtained from the Red, Green and Blue bands of the Landsat satellite data and the erosion rate were determined to be higher than the reflectances of the Triplesat satellite. No significant correlations were obtained between the aggregate stability and crust ratio properties of the soils and the indices. Higher positive correlations were determined between erosion rate and dispersion rate and indices.

**Conclusion:** It has been seen that the aggregate stability (AS) contents of the soils are in a higher relationship with the indices obtained from Triplesat satellite images, and the erosion rate is higher with the indices obtained from Landsat satellite images.

## GİRİŞ

Toprak partiküllerinin aşınma, taşınma ve birikim olayları sonucunda meydana gelen erozyon olayı, doğal bir süreçtir (Das, 2008; Subramanya, 2008). Toprak erozyonu, verimli toprak katmanının taşınması sonucu ortaya çıkan, önemli arazi problemlerinden biridir. Jeomorfolojik süreçte bir problem teşkil etmeyen erozyon olayı; yanlış arazi kullanımı, bitki örtüsüne yapılan müdahaleler gibi insan kaynaklı nedenlere bağlı olarak artmakta ve toprağın zamanla geri döndürülemez biçimde kaybolmasına neden olmaktadır. Toprak erozyonu doğal çevrenin yanı sıra insanoğlu üzerindeki olumsuz etkileri sebebiyle, Dünya’da en kritik çevresel kaygılardan birisi olarak kabul edilmektedir (Jie et al., 2002; Le Roux et al., 2008; Aiello et al., 2015; Phinzi & Ngetar, 2017).

Bir alanın coğrafi konumu, iklim koşulları, topoğrafya ve jeolojik yapısı o alanın erozyona karşı hassasiyetini belirler. Ayrıca ormansızlaştırma ve madencilik gibi antropojenik faktörlerin etkisi ile bu hassasiyetin hızlıca ortaya çıkması kaçınılmazdır (Mushi et al., 2019). Erozyon aslında doğal bir süreçtir ancak hızlandırılmış faktörler ile meydana gelen erozyon geri dönüşü olmayan kayıplara neden olmasının yanında bitki örtüsünün zayıflamasına, toprağın verimliliğinin kaybolması sebebi ile tarım ve hayvancılık üretiminde azalmaya ve kırsaldan kente göçü hızlandırması sebebi ile sosyo-ekonomik sorunlara da neden olmaktadır (Anonymous, 2023).

Toprak erozyonu konusunda çokça araştırma ve inceleme yapılmış, zaman içerisinde kalitatif ve kantitatif birçok yöntem geliştirilmiştir. Gelineen noktada belli koşullar ve etmenler bilindiği takdirde erozyon miktarının tahmini ve hesaplanması yolunda önemli bir aşamaya ulaşılmıştır (Parlak vd., 2014). Araştırmalara göre; toprakların fiziksel özelliklerinin geliştirilmesi bitkiler için uygun ortam oluşumu sağlamakta ve erozyon direncini arttırmaktadır (Turgut & Aksakal, 2010; Özdemir vd., 2015; İmamoğlu & Dengiz, 2020). Erozyon ile mücadele kapsamında toprakların erozyona karşı direncini artıracak önemli parametrelerden biri olan organik maddenin artışı, toprağın strüktürel yapısını iyileştirmesi sebebi ile takip edilmesi gereken bir olgudur (Akalan, 1974; Öztürk & Özdemir, 2020). Ayrıca toprak özelliklerinden strüktür stabilite indeksi (Leo, 1963), dispersiyon oranı, kil yüzdesi (Bryan, 1968), erozyon oranı (Bryan, 1968, Ngatunga et al., 1984) ve agregat stabilitesi (Miller & Baharrudin, 1987) gibi parametrelerin takibi erozyon projeleri açısından önem arz etmektedir (Öztürk & Özdemir, 2020). Etkili yönetim stratejilerinin planlanması ve uygulanması için toprak erozyonunun mekansal modelinin daha iyi anlaşılması ve erozyona hassas alanların belirlenmesi çok önemlidir. Toprak erozyonu, basit deneysel modellerden karmaşık süreç tabanlı modellere kadar farklı tahmin modelleri ile ortaya konulabilmektedir. Bunun için uygun bir modelin seçimi, mevcut verilere ve hedeflenen amaca bağlıdır (Kebede vd., 2021). Toprakların agregat büyüklük dağılımları ve stabilite analizi gibi ölçümler fiziksel özellikler olsa da toprak kalite göstergesi olarak kabul edilmekte ve bu ölçümler agregatlarda bozulmayı oluşturan çevresel etmenlere karşı direncin belirlenmesinde önemli parametre olarak kullanılmaktadır (Eraslan vd., 2016).

Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) teknikleri, toprak erozyonu ve arazi kullanım değişikliğinin belirlenmesine yönelik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Senanayake et al., 2020; Fenta et al., 2021). Uzaktan Algılama (UA) yöntemleri kullanılarak elde edilen veriler, sürdürülebilir gıda üretimi amacıyla, tarımsal arazi yönetiminde uzun vadeli değişiklikleri izlemek için faydalı bilgiler sağlar (Senanayake et al., 2022). Özellikle son yıllarda bitki örtüsüne yönelik indeksleri içeren görüntü sınıflandırma teknikleri toprak erozyon çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır (Mathieu et al, 1997; Singh, 2004; Phinzi & Ngetar, 2017). Bu parametrelerden erozyon çalışmalarında yaygın olarak kullanılan Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)’dir (Vaidyanathan et al., 2002; Li et al., 2010; Seutloali et al., 2017). NDVI’in bitki örtüsünün olmayan faktörlere karşı duyarlılığını düşürmek için çeşitli modifikasyonlar yapılmıştır. Toprak erozyon çalışmalarında da sıklıkla kullanılan bu indisler SAVI (Huete, 1988) ve SARVI (Soil and Atmospherically Resistant Vegetation Index)’dir (Huete & Liu, 1994). Gelişen teknoloji ve CBS araçlarının aktif olarak kullanılması ile birlikte farklı çözünürlükte ve özellikte çeşitli uydu görüntüleri kullanılarak, UA teknikleri ile birlikte arazi kullanım durumları daha doğru olarak saptanmaktadır. Bu durum

modelleme çalışmalarına hız kazandırmış ve ICONA, LEAM, RUSLE gibi birçok toprak erozyon modelleri ile erozyon çalışmaları yürütülmüştür (Bayramın vd., 2003; Karaş vd., 2009; Dengiz vd., 2014; Kanar & Dengiz, 2015; Özdemir & Dönmez, 2016; Koirala et al., 2019; Allafta & Opp., 2022).

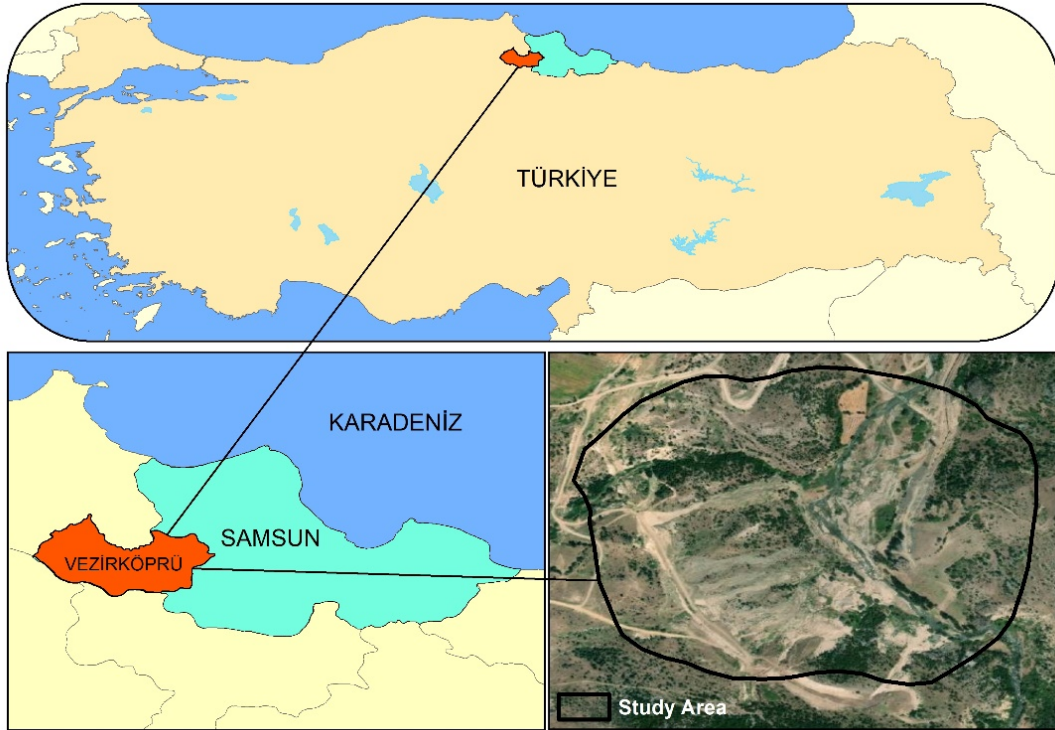
Samsun ili Vezirköprü ilçe sınırları içerisinde 466.06 dekar alanda yürütülen bu çalışmanın amacı; farklı uydu görüntüleri (Triplesat, Landsat 8) kullanılarak elde edilen indis ve reflektansları ile toprak erozyon parametreleri (erozyon oranı, dispersiyon oranı, strüktür stabilitesi, kil oranı, agregat stabilitesi ve toprak kabuk indeksi) arasındaki ilişkinin ortaya konulmasıdır. Bu çalışmanın özgün yönü farklı çözünürlükteki iki uydu verisinden elde edilen indislerin birlikte karşılaştırılmasıdır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Materyal

#### Çalışma alanı

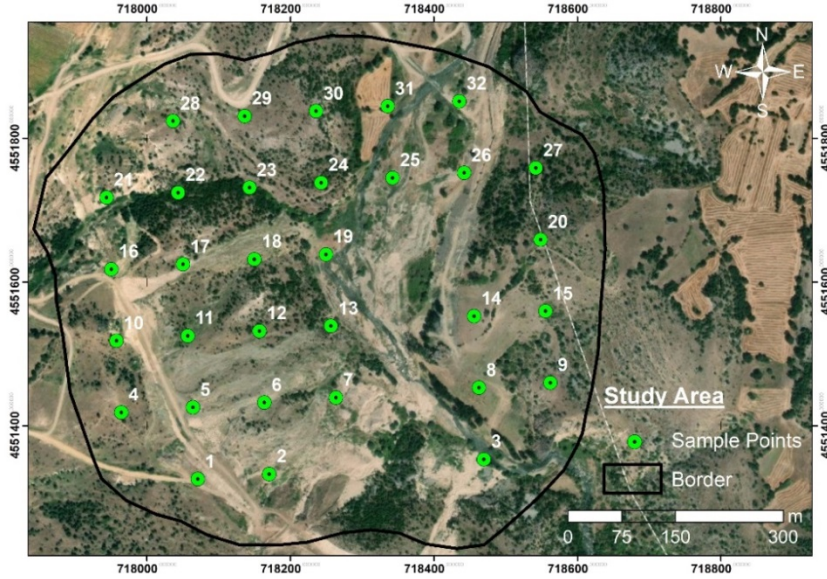
Çalışma alanı Samsun ilinin Vezirköprü ilçe sınırları içerisinde yer almaktadır. Vezirköprü ilçesinin kuzey doğusunda yer alan çalışma alanının toplam büyüklüğü 466.06 dekadır (Şekil 1). Çalışma alanı kıyı kuşağına ait nemli ve ılıman iklim ile karasal iklim tipi arasında geçiş kuşağının nemlilik özelliklerini yansıtmaktadır. Kış ayları kıyı kesime kıyasla daha soğuk (Ocak ayı ortalama sıcaklık 2.5°C.), yaz ayları ise daha sıcak geçmektedir. (Ağustos ayı sıcaklık ortalaması 22.3°C). Çalışma alanının uzun yıllık ortalamalara göre yıllık yağış miktarı 527 mm'dir (Uğurlu, 2021).



Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası.

Figure 1. Study area location map.

Çalışma alanı içerisinde 100×100 m grid aralıklarla toplam 32 örnek alınmış ve analize tabi tutulmuştur. Topraklar laboratuvara getirilerek hava kuru hale gelinceye kadar kurutulmuş, analize hazır hale getirilmiştir. Çalışma alanına ait toprak örnekleme Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanı içerisinde alınan toprak örnekleme noktaları.

Figure 2. Soil sampling points taken from the study area.

### Uydu görüntüleri

Çalışmaya ait indis verilerinin elde edilmesinde Triplesat ve Landsat 8 OLI uydu görüntüleri kullanılmıştır. Triplesat ve Landsat 8 görüntü tarihleri sırası ile 04.06.2018 ve 14.06.2018'dir. Triplesat uydu görüntüsünün pankromatik ve multispektral olmak üzere toplamda 5 adet bandı bulunmaktadır. Bu bantların konumsal çözünürlükleri sırasıyla 0.8 ve 3.2 metredir. Triplesat uydu görüntüsünün şerit genişliği 23.4 km olup zamansal çözünürlüğü 97.7 dk'dır. Landsat 8 OLI uydusu 2013 yılından beri veri sağlamaktadır. Pankromatik, multispektral ve termal olmak üzere toplamda 11 adet bandı bulunmaktadır. Bu bantların konumsal çözünürlükleri sırasıyla 15, 30 ve 100 metredir. Termal bantlar 12 bit ve diğer bantlar 8 bit radyometrik çözünürlüğe sahiptir. Uydu görüntülerine ait teknik özellikler Çizelge 1'de gösterilmiştir.

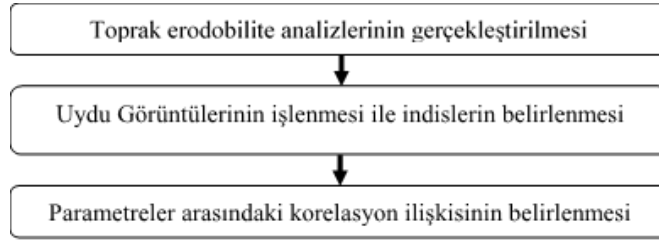
Çizelge 1. Landsat 8 OLI ve Triplesat uydu görüntü özellikleri

Table 1. Landsat 8 OLI and Triplesat satellite image specifications

Triplesat Satellite Image			
Bands	Electromagnetic area	Wave lengt (nm)	Spatial resolution (m)
B1	Blue (B)	440 – 510	3.2
B2	Green (G)	510 – 590	3.2
B3	Red (R)	600 – 670	3.2
B4	Near Infrared (NIR)	760 – 910	3.2
B5	Panchromatic	-	0.8
Landsat 8 OLI Image			
B2	Mavi (B)	450 – 515	30
B3	Yeşil (G)	525 – 600	30
B4	Kırmızı (R)	630 – 680	30
B5	Yakın kızıl ötesi (NIR)	845 – 885	30
B6	Kısa dalga kızıl ötesi (SWIR 1)	1560 – 1660	30
B7	Kısa dalga kızıl ötesi (SWIR 2)	2100 – 2300	30
B8	Siyah-Beyaz (Pankromatik)	500 – 680	15

### Yöntem

Çalışma toprak örneklerinin analizi, uydu görüntülerinin işlenmesi ve toprak erozyon parametreleri ile uydu görüntülerinden elde edilen indis değerleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın akış şeması Şekil 3' te verilmiştir.



Şekil 3. Yönteme ait iş akış şeması.

Figure 3. Work flow chart of the method.

Alınan toprak örneklerinde Agregat Stabilitesi (Kemper & Rosenau, 1986), Kil Oranı (Özdemir, 2002), Erozyon Oranı (Lal & Elliot; 1994), Dispersiyon Oranı (Lal, 1994), Strüktür Stabilité İndeksi (Leo, 1963) ve Toprak Kabuk Oluşumu (Pieri, 1989) analizleri yapılmıştır.

Landsat 8 OLI ve Triplesat uydu görüntülerinin atmosferik ve radyometrik düzeltmeleri gerçekleştirilerek her bandına ait reflektans görüntüler elde edilmiştir. Reflektans görüntüler üzerinden örnek noktalara ait her bir bandın reflektans değerleri elde edilmiştir. Reflektans değerleri kullanılarak Landsat 8 OLI ve Triplesat uydu görüntüsüne ait reflektans görüntüleri kullanılarak Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Radar Vegetation Index (RVI), Difference Vegetation Index (DVI), Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) indis değerleri hesaplanmıştır.

Toprak özellikleri ile indis ve reflektans değerleri arasındaki korelasyon matrisi R CORE programında "METAN" (Olivoto & Lúcio, 2020) paketi kullanılarak elde edilmiştir.

## ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

### Toprak özellikleri

Çalışma alanından alınan toprak örneklerinde gerçekleştirilen analizlere yönelik tanımlayıcı istatistik bilgileri Çizelge 2' de belirtilmiştir.

Çizelge 2. Toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri

Table 2. Descriptive statistics of soil properties

Özellikler	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı	Minimum	Maksimum	Çarpıklık	Basıklık
Kum %	34.26	7.64	22.31	21.52	60.01	1.33	3.26
Silt %	37.29	6.74	18.07	19.65	49.37	-0.50	0.34
Kil %	28.45	4.47	15.72	20.34	41.37	1.14	2.32
TK %	30.49	6.49	21.29	20.85	42.21	0.06	-1.27
SN %	18.23	4.83	26.50	9.19	26.71	-0.00	-0.97
pH	7.83	0.21	2.71	7.50	8.46	0.99	1.15
EC ds/m	655.00	733.00	112.00	136.00	2478.00	1.83	1.73
OM %	2.55	1.50	58.57	0.40	5.91	0.91	-0.01
CaCO <sub>3</sub> %	15.55	10.23	65.79	1.75	39.71	1.08	0.30
AS %	52.71	18.01	34.17	14.86	84.93	-0.53	-0.31
DO %	13.30	7.06	53.05	4.84	32.70	1.03	0.42
EO %	11.06	6.84	61.85	4.42	30.73	1.50	1.46
KO	1.79	0.62	34.88	1.03	4.09	1.91	5.05
SSI	32.92	9.89	30.03	17.68	52.53	0.17	-1.06
TKI	3.87	2.20	56.71	0.65	8.43	0.80	-0.32

OM:Organik Madde, AS: Agregat Stabilitesi, DO: Dispersiyon Oranı EO: Erozyon Oranı, KO: Kil Oranı, SSI: Strüktür Stabilité İndeksi, TKI: Toprak Kabuk İndeksi, TK: Tarla Kapasitesi, SN: Solma Noktası, EC: Elektriksel İletkenlik, CaCO<sub>3</sub>: Eşdeğer Kireç İçeriği,

Wilding (1985), toprak özelliklerindeki değişimlerin açıklanmasında önemli bir gösterge olarak kabul edilen değişkenlik katsayısını, aldığı değerlere göre düşük (<%15), orta (%15-35) ve yüksek (>%35) olarak sınıflandırmaktadır (Mallants et al., 1996). Bu çalışmada pH'nın değişkenlik katsayısı düşük, kum, silt, kil, TK, SN, AS, KO ve SSI orta derecede değişkenlik özelliğine sahip iken, EC, OM, CaCO<sub>3</sub> ve EO yüksek değişkenlik özellikleri göstermektedir.

Çalışma alanı içerisinde alınan toprak örneklerinde kum, silt ve kil içerikleri sırasıyla %21.52-60.01, %19.65-49.37, %20.34-41.37 arasında değişkenlik göstermektedir. Çalışma alanı içerisinde alınan toprakların organik madde kapsamı ortalama %2.55 olarak orta düzeyde belirlenmiştir. Organik madde içeriği; toprakların verimlilik parametrelerine etkisinin yanı sıra, toprağın fiziksel özellikleri olan agregat oluşumu ve dayanıklılığı üzerinde önemli düzeyde etkiye sahiptir (Saygın vd., 2019). Alan içerisindeki toprakların pH içerikleri 7.50-8.46 arasında değişmekte olup, hafif alkali reaksiyon göstermektedir. Toprakların CaCO<sub>3</sub> içerikleri ise ortalama %15.55 olarak belirlenmiştir.

Agregat stabilitesi toprak koruma uygulamalarının ve çevresel fonksiyonların sürdürülebilirliği açısından temel faktörlerden bir tanesidir (Hanke & Dick, 2017). Başka bir ifade ile toprak agregatlarının suya karşı dayanıklılığının belirlenmesinde kullanılan agregat stabilitesi (Özdemir vd., 2015) çalışma alanı topraklarında %14.86-84.93 arasında değişmekte olup, ortalama %52.71 olarak belirlenmiştir.

Süspansiyonda dispers edilmeden ölçülen %silt+kil değerinin, mekanik analizde ölçülen %silt+kil değerine oranlanmasıyla hesaplanan dispersiyon oranı (Lal, 1988), 15'in altında belirlenen toprakların erozyona karşı dayanıklı, 15'in üzerinde olduğu topraklarda ise erozyona karşı dayanıksız oldukları ifade edilmektedir. Bu çalışmada dispersiyon oranı değerleri %4.84- 32.70 arasında değişmekte ve bu toprakların bir kısmının erozyona uğrama eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Alaboz vd. (2021) yarı kurak iklim koşullarında toprak erozyon duyarlılık parametreleri ve bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi belirlemeye yönelik yürütmüş oldukları çalışmada AS sonuçlarını %60.56-80.32 ve DO sonuçlarının ise %24.45-44.26 arasında olduğunu belirlemişlerdir. Genellikle kil oranı küçüldükçe toprakların erozyona karşı dayanıklılığının arttığı ifade edilmektedir (Irmak, 1968; Gülçur, 1974; Sönmez, 1994). Bu çalışma kapsamında kil oranı ortalama 1.79 olarak tespit edilmiştir. Celilov & Dengiz (2019) Ilgaz Milli parkı topraklarında erozyon duyarlılık parametrelerinin farklı enterpolasyon yöntemi ile konumsal dağılımlarını belirlemeye yönelik yürütmüş oldukları çalışmada; DO ve KO değerlerini sırasıyla %8.73-% 70.64, 1.20-23.49 arasında bulmuşlardır.

Toprakların erozyona karşı dayanıklılığının ifade edilmesinde kullanılan erozyon oranı analizinde ise, oran değeri küçüldükçe erozyona uğrama eğilimi azalmaktadır (Özdemir vd., 2015). Bu değer %10'dan küçük olan topraklar erozyona karşı dirençli olarak kabul edilmektedir (Lal, 1988). Toprakların erozyon oranı %4.42-30.73 ortalama %11.06 olup, alan genellikle erozyona karşı hassasiyet göstermektedir.

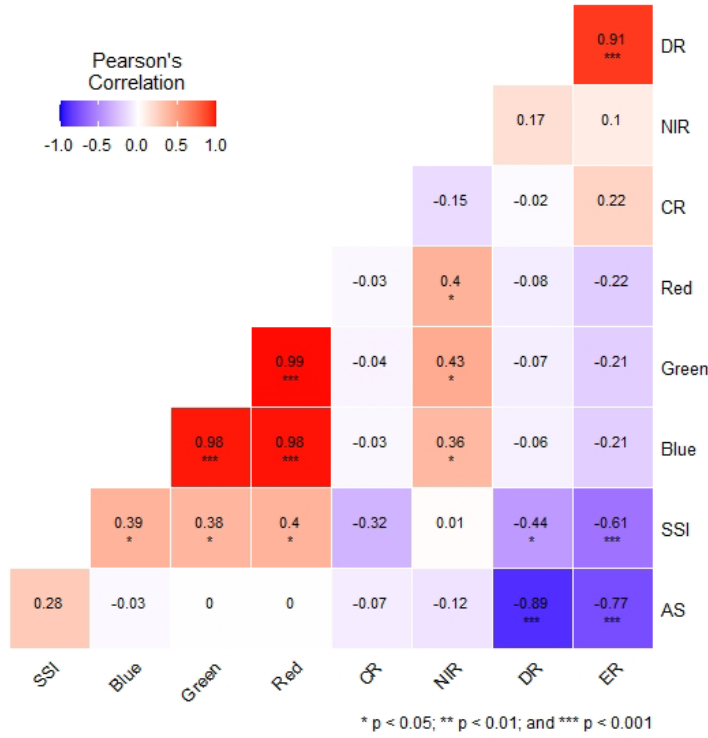
Strüktür stabilite indeksi (SSI) elde edilen değer büyüdükçe erozyona uğrama eğilimi azalmaktadır. SSI değerinin %40 altında olduğu topraklarda erozyona duyarlılığının yüksek olduğu ifade edilmektedir (Leo, 1963; Aşkın, 1997). Buna göre çalışma alanı topraklarından elde edilen ortalama % 32.92 olarak bulunmuş olup, erozyona karşı dayanıklılığın düşük olduğu belirlenmiştir. Karagöktaş & Yakupoğlu (2014) tarafından erozyon araştırma sahasına dönüştürülmesi planlanan bir alanda aşınabilirlik ve toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin incelendiği çalışmada; SSI değerleri %41.0-77.1 arasında tespit edilmiştir.

Toprakta geçirimsiz tabaka oluşturması ile infiltrasyona direkt etki eden toprak kabuk indeks değerleri 0.65-8.43 arasında değişmekte olup, ortalama 3.87'dir. Buna göre çalışma alanı topraklarının bir kısmının çok şiddetli fiziksel bozuluma sahip olduğu belirlenmiştir. İmamoğlu vd. (2019) farklı toprak özelliklerini dikkate alarak yapmış oldukları çalışmada toprak kabuk oluşumu değerini 1.40 ile 89.70 arasında belirleyerek, alanın bir kısmının kabuk oluşumu açısından yüksek düzeyde olduğunu ifade etmiştir.

İncelenen özellikler arasında TK, SN, Silt ve SSI normale en yakın dağılım kum, kil, EC, EO ve KO ise normalden en uzak dağılımı sergilemiştir.

### İndis ve Reflektanslar ile Erozyon parametreleri arasındaki ilişkiler

Toprak erozyon duyarlılık parametreleri ile Landsat ve Triplesat uydu verilerinden elde edilen reflektanslar arasındaki korelasyon matrisleri Şekil 2 ve 3'te belirtilmiştir. Toprakların strüktür stabilite indeksi değerleri ile Landsat uydu verilerinin Red, Green ve Blue bantlarından elde edilen reflektans değerleri arasında istatistik olarak önemli, pozitif düşük seviyede korelasyonlar elde edilmiştir ( $r: 0.4, 0.38, 0.39; p < 0.05$ ) (Şekil 4). NIR bandı ile arasında bir korelasyon belirlenmemiştir. Agregat stabilitesi ile reflektanslar arasında önemli bir ilişki tespit edilmemiştir. Fakat NIR bandı ile elde edilen reflektans değerleri AS ile diğerlerine göre daha yüksek negatif yönlü bir ilişki sergilemiştir. Benzer durum kabuk oranında da gözlenmiştir. Dispersiyon oranında ise reflektans değerleri ile önemli korelasyonlar belirlenmemişken, en yüksek korelasyon NIR bandı ile pozitif yönlü olarak değerlendirilmiştir. Erozyon oranı ile Red, Green ve Blue bantları arasında istatistiksel olarak önemli olmayan negatif yönlü zayıf bir korelasyon tespit edilmiştir.



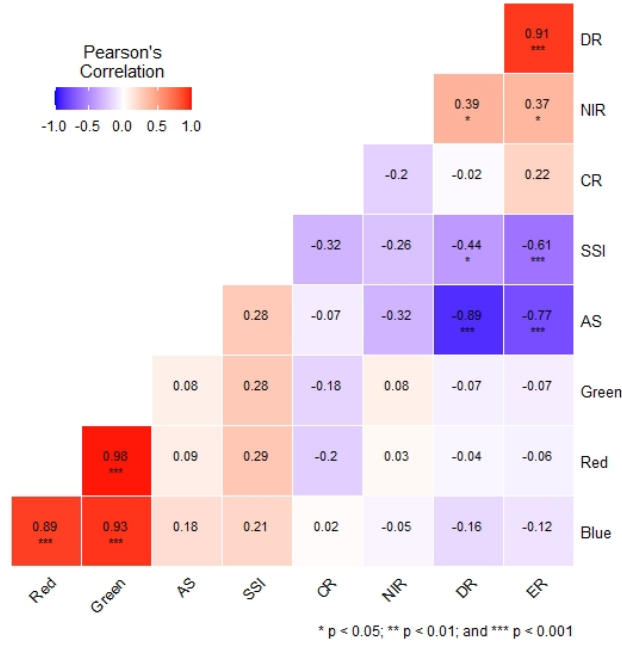
DR: Dispersiyon Oranı, CR: Kil oranı, AS: Agregat Stabilitesi, SSI: Strüktür Stabilite İndeksi, NIR: Yakın Kızılötesi

Şekil 4. Landsat uydu verilerinden elde edilen reflektans ve erozyon duyarlılık parametreleri arasındaki korelasyon matrisi.

Figure 4. Correlation matrix between reflectance and erosion susceptibility parameters obtained from Landsat satellite data.

Triplesat verilerinden elde edilen reflektans ve erozyon duyarlılık parametreleri arasındaki korelasyon matrisleri incelendiğinde (Şekil 5) erozyon duyarlılık parametrelerinden dispersiyon oranı ve erozyon oranı ile NIR bandı reflektansları arasında istatistiksel olarak önemli seviyede pozitif yönlü korelasyonlar tespit edilmiştir ( $r: 0.39, 0.37; p < 0.05$ ). Diğer erozyon duyarlılık parametreleri ile bant reflektansları arasında önemli seviyede ilişkiler elde edilmemiştir. Landsat ve Triplesat bantlarının reflektans değerleri ile toprak özelliklerinin korelasyonları karşılaştırıldığında; Triplesat uydu verilerinden elde edilen NIR reflektansı ile dispersiyon oranı, kabuk oranı, erozyon oranı ve agregat stabilitesi daha yüksek seviyede korelasyon sergilemiştir. Toprakların strüktür stabilitesi ise Landsat uydu verilerinden elde edilen reflektans değerleri ile daha yüksek bir ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca Landsat uydu verilerinin Red, Green ve Blue bantlarından elde edilen reflektans değerleri ile erozyon oranı arasındaki ilişkiler Triplesat uydusu reflektanslarına göre daha yüksek olarak belirlenmiştir.





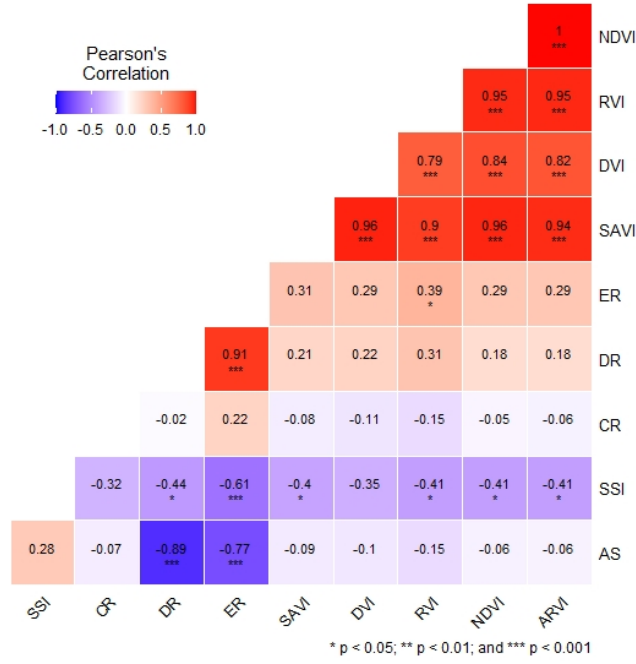
DR: Dispersiyon Oranı, CR: Kil oranı, AS: Agregat Stabilitesi, SSI: Strüktür Stabilité İndeksi, NIR: Yakın Kızılötesi

**Şekil 5.** Triplesat verilerinden elde edilen reflektans ve erozyon duyarlılık parametreleri arasındaki korelasyon matrisi.

**Figure 5.** Correlation matrix between reflectance and erosion susceptibility parameters from triplexat data.

Toprak erozyon duyarlılık parametreleri ile Landsat ve Triplesat uydu verilerinden elde edilen indisler arasındaki korelasyon matrisleri Şekil 4 ve 5'te belirtilmiştir. Toprakların strüktür stabilite indeksi ile Landsat uydu verilerinden elde edilen SAVI, RVI, NDVI ve ARVI indisleri arasında negatif yönlü istatistiksel olarak önemli korelasyonlar belirlenirken ( $r: -0.4, -0.41, 0.41, 0.41; p < 0.05$ ), (Şekil 6). DVI indisi ile yine pozitif yönlü fakat istatistiksel olarak önemli olmayan bir ilişki tespit edilmiştir. Toprakların agregat stabilitesi ve kabuk oranı özellikleri ile indisler arasında önemli seviyede korelasyonlar elde edilmemiştir. Erozyon oranı ve dispersiyon oranı ile indisler arasında daha yüksek pozitif yönlü ilişkiler belirlenmiştir. RVI indisi ile toprakların erozyon oranı arasında pozitif yönlü istatistiksel olarak önemli seviyede korelasyon bulunmuştur ( $r: 0.39; p < 0.05$ ). Agregat stabilitesi toprakta suyun hareketini etkileyen (Kunhikrishnan et al., 2012), organik karbonun depolanması ve stabilize edilmesini (Kodešová et al., 2008) sağlayan katkıları nedeniyle, toprağın korunması ve çevresel fonksiyonlarının sürdürülmesinde temel faktörlerden birisidir (Hanke & Dizk, 2017).

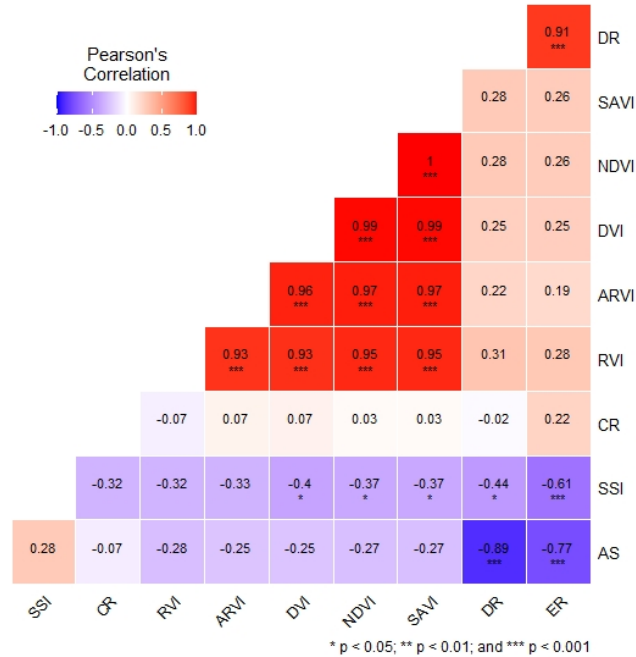
Triplesat uydu verilerinden elde edilen indisler ile strüktür stabilitesi ve agregat stabilitesi arasında negatif yönlü ilişkiler tespit edilmiştir. AS ile ilişkiler Landsat uydu görüntüsündeki değerlere göre daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Bunun sebebi ise yersel çözünürlüğün daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Strüktür stabilitesi ile DVI, NDVI ve SAVI indisleri arasında istatistik olarak önemli, zayıf korelasyon belirlenmiştir ( $r: -0.4, -0.37, -0.37, -0.44; p < 0.05$ ). RVI ve ARVI indisleri ile SSI arasında önemli seviyede olmasa da düşük, negatif yönlü korelasyonu elde edilmiştir. Kabuk oranı ile indeksler arasında bir ilişki belirlenemezken dispersiyon oranı ve erozyon oranında düşük istatistik olarak önemli olmayan korelasyonlar elde edilmiştir (Şekil 7). SAVI'nin, uzaktan algılama verilerinden üretilen dinamik toprak-bitki örtüsü sistemlerini tanımlayan önemli bir parametre olduğu belirtilmektedir (Huete, 1988). Phinzi & Ngetar (2017) tarafından Güney Afrika'nın Umzimvubu bölgesinde aşırı derecede aşınmış bir havzada Landsat 8 uydu görüntüsü kullanılarak NDVI, SAVI ve SARVI vejetasyon indisleri ile toprak erozyonunun mekansal dağılımını haritalamak ve vejetasyon indislerini değerlendirmek amacıyla yapılan çalışmada; toprak erozyonunun mekansal dağılımını başarılı bir şekilde haritalandırıldığı ve SAVI için 0.64, NDVI için 0.60 ve SARVI için 0.59 kappa değerleri elde edilmiştir. Ayrıca SAVI'nin havza seviyesinde toprak erozyonunun haritalanması diğerlerine göre en uygun vejetasyon indisi olduğu çalışma sonucunda elde edilmiştir. Karaburun (2010), NDVI değerlerini kullanarak erozyon hesaplarında kullanılan C faktörünün hesaplanabileceğini belirtmiştir.



SSI: Strüktür Stabilité İndeksi, CR: Kil oranı, DR: Dispersiyon Oranı, ER: Erozyon Oranı, SAVI: Ayarlanmış Toprak Bitki İndeksi, AS: Agregat Stabilitesi, DVI: Fark Bitki İndeksi, RVI: Oran Bitki İndeksi, NDVI: Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi, ARVI: Atmosfere Dayanıklı Bitki Örtüsü İndeksi

Şekil 6. Landsat uydu verilerinden elde edilen indisler ile toprak erozyon duyarlılık parametreleri arasındaki korelasyon matrisleri.

Figure 6. Correlation matrices between indices obtained from Landsat satellite data and soil erosion susceptibility parameters.



SSI: Strüktür Stabilité İndeksi, CR: Kil oranı, DR: Dispersiyon Oranı, ER: Erozyon Oranı, SAVI: Ayarlanmış Toprak Bitki İndeksi, AS: Agregat Stabilitesi, DVI: Fark Bitki İndeksi, RVI: Oran Bitki İndeksi, NDVI: Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi, ARVI: Atmosfere Dayanıklı Bitki Örtüsü İndeksi

Şekil 7. Triplesat uydu verilerinden elde edilen indisler ile toprak erozyon duyarlılık parametreleri arasındaki korelasyon matrisleri.

Figure 7. Correlation matrices between indices obtained from Triplesat satellite data and soil erosion susceptibility parameters.

## SONUÇ

Samsun ilinin Vezirköprü ilçesinde yürütülen bu çalışmada farklı uydu görüntülerinden elde edilen indis verileri ile toprağın bazı erozyon parametreleri arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda; Landsat ve Triplesat bantlarından elde edilen indis ve reflektans değerleri ile toprak özelliklerinin korelasyonları karşılaştırıldığında; strüktür stabilitesi için her iki uydu indislerinde benzer korelasyonlar elde edilmiştir. Ayrıca kullanılan indislerden NDVI, SAVI ve ARVI' nin toprak erozyonuna karşı direnç gösteren bazı toprak özelliklerini belirlemede etkili olduğu görülmüştür. Bu indisler dikkate alındığında bitki yoğunluğunun yüksek olduğu alanlarda erozyon direncinin de yüksek olduğu söylenebilir. Bu nedenle bitki örtüsünün korunmasının yanında iyileştirilmesine yönelik uygulamalar da geliştirilmelidir. Toprakların AS içerikleri ile Triplesat uydu görüntülerinden elde edilen indislerde, erozyon oranında ise Landsat uydu görüntülerinden elde edilen indisler ile daha yüksek ilişkiler değerlendirilmiştir. Kabuk oranı, erozyon oranı ve dispersiyon oranı ile her iki uydu verisinde benzer ilişkiler tespit edilmiştir.

Çalışma uydu görüntülerine ait indislerin toprak erozyonunun yönünü belirlemede etkili bir parametre olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Çalışma sonucunda erozyon problemleri olan bölgelerin uydu görüntüleri ve bazı toprak özelliklerini de kullanarak oluşacak tehlikelerin önceden önlenilebileceği değerlendirilmektedir. Bununla birlikte coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama uygulamaları, toprak erozyonunun incelenmesi ve yönünün belirlenmesi açısından her geçen gün önemi artan bir uygulama haline gelmiştir.

## KAYNAKLAR

- Aiello, A., M. Adamo & F. Canora, 2015, 'Remote sensing and GIS to assess soil erosion with RUSLED and USPED at river basin scale in southern Italy', Catena, 131: 174-185.
- Akalan, İ., 1974. Toprak ve su muhafazası. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 532, Ankara.
- Alaboz, P., O. Dengiz., S. Demir & H. Şenol, 2021. Digital mapping of soil erodibility factors based on decision tree using geostatistical approaches in terrestrial ecosystem. Catena, 207, 105634.
- Allafta, H. & C. Opp, 2022. Soil erosion assessment using the RUSLE model, remote sensing, and GIS in the Shatt Al-Arab basin (Iraq-Iran). Applied Sciences, 12 (15): 7776.
- Anonymous, 2023. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. "Erozyonla Mücadele Eylem Planı 2013-2017". <https://www.tarimorman.gov.tr/CEM/Belgeler/erozyon%20belgeleri/EROZYON%20EYLEM.pdf> (Erişim Tarihi: 22.07.2023)
- Aşkın, T., 1997. Ordu İli Toprakların Strüktürel Dayanıklılığının ve Aşınımaya Duyarlılığının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 53 s.
- Bayramin, I., O. Dengiz., O. Başkan & M. Parlak, 2003. Soil erosion risk assessment with ICONA model; case study: Beypazarı area. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 27 (2): 105-116.
- Bryan, R.B., 1968. The development, use and efficiency of indices of soil erodibility. Geoderma, 2 (1): 5-26.
- Celilov, C. & O. Dengiz, 2019. Erozyon duyarlılık parametrelerinin farklı enterpolasyon yöntemleriyle konumsal dağılımlarının belirlenmesi: Türkiye, Ilgaz milli park toprakları. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 6 (3): 242-256.
- Das, G., 2008. Hydrology and Soil Conservation Engineering: Including Watershed Management. PHI Learning Pvt. Ltd. New Delhi, 552 p.
- Dengiz, O., A. İmamoğlu., F. Saygın., C. Göl., S. Ediş & A. Doğan, 2014. İnebolu Havzası'nın Icona Modeli İle Toprak Erozyon Risk Değerlendirmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 29 (2): 136-142.
- Eraslan, S., A. İmamoğlu., A. Coşkun., F. Saygın & O. Dengiz, 2016. İnebolu Havzası topraklarının erozyon duyarlılıklarını belirlenmesinde agregat ve strüktür stabilite durumları, arazi örtüsü ile olan ilişkileri. Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 13 (14): 779-794.
- Fenta, A.A., A. Tsunekawa., N. Haregeweyn., M. Tsubo., H. Yasuda., T. Kawai., K. Ebabu., M.L. Berihun., A.S. Belay & D. Sultan, 2021. Agroecology-based soil erosion assessment for better conservation planning in Ethiopian river basins. Environ. Res. 195, 110786. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110786>.

- Gülçur, F., 1974. Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Yayın No. 201, 225 s.
- Hanke, D. & D.P. Dick, 2017. Aggregate stability in soil with humic and histic horizons in a toposequence under Araucaria Forest. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 41. 0.
- Huete, A. R. & H. Q. Liu, 1994, 'An error and sensitivity analysis of the atmosphere- and soil-correcting variants of the NDVI for the MODIS-EOS', *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 32 (4): 897-905.
- Huete, A.R., 1988. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25 (3): 295-309.
- Irmak, A., 1968. Toprak İlimi. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 1268, Orman Fakültesi Yayın No: 121, 292 s.
- İmamoğlu, A. & O. Dengiz, 2020. Komşu iki mikro havzada erozyon duyarlılık değerlerinin arazi örtüsü ve arazi kullanımına bağlı değişimin belirlenmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 8 (1): 53-60.
- İmamoğlu, A., S. Eraslan, A. Coşkun., F. Saygın & O. Dengiz, 2018. Farklı toprak özelliklerine bağlı toprak kabuk oluşumu. *Türk Coğrafya Dergisi*, (71): 47-52.
- Jie, C., C. Jing-zheng., T. Man-zhi & G. Zhi-tong, 2002. 'Soil degradation: a global problem endangering sustainable development', *Journal of Geographical Science*, 12 (2): 243-252.
- Kanar, E. & O. Dengiz, 2015. Madendere Havzasında potansiyel erozyon risk durumunun iki farklı parametrik model kullanarak belirlenmesi ve risk haritalarının oluşturulması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2 (2): 123-134.
- Karaburun, A. 2010. Estimation of C factor for soil erosion modeling using NDVI in Buyukcemece watershed. *Ozean Journal of Applied Sciences*, 3: 77–85.
- Karagöktaş, D. & T. Yakupoğlu, 2014. Erozyon araştırma sahasına dönüştürülmesi planlanan bir alanda aşınabilirlik ve toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 2 (1): 6-12.
- Karaş, E., İ. Oğuz., E. Türkseven & Keskin, S. 2009. Sakarya-Porsuk-Sarısu-Havzasında CORINE, LEAM ve USLE metodolojilerinin kullanılarak erozyon risk haritalarının hazırlanması. *Konya*, 1: 16-18.
- Kebede, Y.S., N.T. Endalamaw., B.G. Sinshaw & H.B. Atinkut, 2021. Modeling soil erosion using RUSLE and GIS at watershed level in the upper beles, Ethiopia, *Environ. Challenges*. 2, 100009. <https://doi.org/10.1016/J.ENVC.2020.100009>
- Kodešová, R., M. Kočárek., V. Kodeš., J. Šimůnek & J. Kozák, 2008. Impact of soil micromorphological features on water flow and herbicide transport in soils. *Vadose Zone Journal*, 7 (2): 798-809.
- Koirala, P., S. Thakuri., S. Joshi & R. Chauhan, 2019. Estimation of soil erosion in Nepal using a RUSLE modeling and geospatial tool. *Geosciences*, 9 (4): 147.
- Kunhikrishnan, A., N. S. Bolan., K. Müller., S. Laurenson., R. Naidu & W. I. Kim, 2012. The influence of wastewater irrigation on the transformation and bioavailability of heavy metal (loid) s in soil. *Advances in Agronomy*, 115: 215-297.
- Lal, R. & W. Elliot, 1994. Erodibility and erosivity. In R. Lal (Ed.), *Soil Erosion Research Methods* (2nd ed., pp. 181–210). Delray Beach: St. Lucie Press.
- Lal, R., 1994. *Soil Erosion Research Methods*. Soil and Water Conservation Society, Lucie Press, Florida, 340 p.
- Le Roux, J.J., T. L. Morgenthal., J. Malherbe., D. J. Pretorius & Sumner, P. D. (2008). Water erosion prediction at a national scale for South Africa. *Water Sa*, 34 (3): 305-314.
- Lei, X., W. Chen., M. Avand., S. Janizadeh., N. Kariminejad., H. Shahabi., A. Shirzadi & A. Mosavi, 2020. GIS-based machine learning algorithms for gully erosion susceptibility mapping in a semi-arid region of Iran. *Remote Sensing*, 12 (15): 2478.
- Leo, W. M., 1963. A rapid method for estimating structural stability of soils. *Soil Science*, 96 (5): 342-346.
- Li, J., W. Zhao & X. Zhang, 2010. "The application of remote sensing data to assess soil erosion". In: 2010 International Conference on Multimedia Technology, IEEE, 1-4 pp.
- Mallants, D., B.P. Mohanty., D. Jacques & J. Feyen, 1996. Spatial variability of hydraulic properties in a multi-layered soil profile. *Soil Science*, 161 (3): 167-181
- Mathieu, R., C. King & Y. Le Bissonnais, 1997. Contribution of multi-temporal SPOT data to the mapping of a soil erosion index: the case of the loamy plateau of northern France. *Soil Technology*, 10 (2): 99-110.

- Mezaal, M.R. & B. Pradhan, 2018. An improved algorithm for identifying shallow and deepseated landslides in dense tropical forest from airborne laser scanning data. *Catena*, 167:147-159.
- Micheletti, N., L. Foresti., S. Robert., M. Leuenberger., A. Pedrazzini., M. Jaboyedoff & M. Kanevski, 2014. Machine learning feature selection methods for landslide susceptibility mapping. *Mathematical Geosciences*, 46 (1): 33-57.
- Miller, W.P. & M.K., Baharuddin, 1987. Interrill erodibility of highly weathered soils. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 18: 933-945.
- Mushi, C.A., P.M. Ndomba., M.A. Trigg., R.M. Tshimanga & F. Mtalo, 2019. Assessment of basin-scale soil erosion within the Congo River Basin: a review. *Catena*. 178: 64-76.
- Naghbi, S.A. & H.R. Pourghasemi, 2015. A comparative assessment between three machine learning models and their performance comparison by bivariate and multivariate statistical methods in groundwater potential mapping. *Water Resources Management*, 29 (14): 5217-5236.
- Ngatunga, E.L.N., R. Lal & A.P. Uriyo, 1984. Effect of surface management on runoff and soil erosion from some plot Milangano, Tanzania. *Geoderma*, 33: 1-12.
- Olivoto, T. & A.D.C. Lúcio, 2020. Metan: An R package for multi-environment trial analysis. *Methods in Ecology and Evolution*, 11 (6): 783-789.
- Özdemir, M.A. & S.T. Dönmez, 2016. CBS Tabanlı RUSLE Yöntemiyle Işıklı Gölü Havzasının Erozyon Risk Analizi. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8 (1): 1-21.
- Özdemir, N., C. Gülser, İ. Ekberli & S. Özkaptan, 2005. Toprak Düzenleyicilerinin Asit Toprakta Strüktürel Dayanıklılığa Etkisi. *Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36 (2): 151-156.
- Özdemir, N., E. Öztürk & Ö.T. Kop Durmuş, 2015. Erozyona duyarlılık ve toprak kaybı arasındaki ilişkiler. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 30 (2): 182-188.
- Özdemir, N., E. Öztürk., Ö.T. Kop Durmuş & İ. Ekberli, 2015. Effects of organic and inorganic amendments on soil erodibility. *Eurasian Journal of Soil Science* 4 (4): 220-300.
- Öztürk, E. & N. Özdemir, 2020. Organik düzenleyici uygulanması toprakta erozyonla oluşacak toprak kaybının tahmini. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 8 (2): 167-175.
- Parlak, M, Y. Yiğini & H. Ekinci, 2014. Çanakkale Umurbey Ovası Topraklarının Erozyona Duyarlılığının Mevsimsel Değişimi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 (1): 123-131.
- Phinzi, K. & N. S. Ngetar, 2017. Mapping soil erosion in a quaternary catchment in Eastern Cape using geographic information system and remote sensing. *South African Journal of Geomatics*, 6 (1): 11-29.
- Pieri, C., 1989. Fertilité des terres de savane. Bilan de trente années de recherche et de développement agricole au sud du Sahara. IRAT, Paris, 444 pp
- Pourghasemi, H. R., S. Yousefi., A. Kornejady & A. Cerdà, 2017. Performance assessment of individual and ensemble data-mining techniques for gully erosion modeling. *Science of the Total Environment*, 609: 764-775.
- Pourtaghi, Z.S., H.R. Pourghasemi., R. Aretano & T. Semeraro, 2016. Investigation of general indicators influencing on forest fire and its susceptibility modeling using different data mining techniques. *Ecological Indicators*, 64: 72-84.
- Saygın, F., O. Dengiz., S. İç & A. İmamoğlu, 2019. Bazı fiziko-kimyasal toprak özellikleri ile bazı erodibilite parametreleri arasındaki ilişkilerin mikro havza ölçeğinde değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 20 (1): 82-91
- Senanayake, S., B. Pradhan., A. Huete & J. Brennan, 2020. A review on assessing and mapping soil erosion hazard using geo-informatics technology for farming system management. *Remote Sens.* 12, 4063. <https://doi.org/10.3390/rs12244063>.
- Senanayake, S., B. Pradhan., A. Huete & J. Brennan, 2022. Spatial modeling of soil erosion hazards and crop diversity change with rainfall variation in the Central Highlands of Sri Lanka. *Science of The Total Environment*, 806, 150405.
- Seutloali, K.E., T. Dube & O. Mutanga, (2017). Assessing and mapping the severity of soil erosion using the 30-m Landsat multispectral satellite data in the former South African homelands of Transkei. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 100: 296-304.
- Singh, D., I. Herlin., J.P. Berroir., E.F. Silva & M.M. Simoes, 2004. An approach to correlate NDVI with soil colour for erosion process using NOAA/AVHRR data. *Advances in Space Science Research*, 33 (3): 328-332.

- Sönmez, K., 1994. Toprak Koruma. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum, No: 169, 192 s.
- Subramanya, K., 2008. Engineering hydrology. 3rd Ed. New York (NY): Tata McGraw-Hill Education, 451 p.
- Turgut, B. & E.L. Aksakal, 2010. Fiğ Samanı ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Toprak Aşınım Parametreleri Üzerine Etkileri. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 11 (1): 1-10.
- Uğurlu, M., 2021. Endüstriyel kenevir tohum üretiminin ekonomik analizi: Vezirköprü örneği. Journal of the Institute of Science and Technology, 11 (özel sayı): 3507-3518.
- Usta, A., 2022. Prediction of soil water contents and erodibility indices based on artificial neural networks: using topography and remote sensing. Environmental Monitoring and Assessment, 194 (10): 1-21.
- Vaidyanathan, N.S., G. Sharama., R. Sinha & O. Dikshit, 2002. Mapping of erosion intensity in the Garhwali Himalaya, International Journal of Remote Sensing, 23 (20): 4125-4129.
- Wilding L.P., 1985. "Spatial Variability: It's Documentation, Accommodation and Implication to Soil Surveys". In: Soil Spatial Variability (Eds. D.R. Nielsen & J. Bouma) Pudoc, Wageningen, The Netherlands, 166-194 pp.



## Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (3):515-528  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1286331>

Şener ÖZÇELİK<sup>1\*</sup>

Erhan AKKUZU<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, 35660, Menemen, İzmir, Türkiye

<sup>2</sup> Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 35030, Bornova, İzmir, Türkiye

\* Sorumlu yazar (Corresponding author):

[sener.ozcelik@tarimorman.gov.tr](mailto:sener.ozcelik@tarimorman.gov.tr)

**Anahtar sözcükler:** Evapotranspirasyon, iklimsel su dengesi, jeostatistik, kuraklık indisleri, kuraklık şiddeti, Penman-Monteith

**Keywords:** Evapotranspiration, climatic water balance, geostatistics, drought indices, drought severity, Penman-Monteith.

# Ege Bölgesinde Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) ile kuraklık değerlendirmesi

Evaluation of drought with Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) in the Aegean Region

**Alınış:** (Received): 20.04.2023

**Kabul Tarihi:** (Accepted): 22.09.2023

## ÖZ

**Amaç:** Kuraklık, son yıllarda artan iklim değişikliğinin de etkisi ile su kaynakları ve tarımsal üretimi olumsuz etkilemektedir. Bu çalışmanın amacı, Türkiye tarımsal üretiminin önemli bir kısmının gerçekleştirildiği Ege Bölgesinde Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) ile kuraklığın zamansal ve mekânsal değişimini incelemektir.

**Materyal ve Yöntem:** Çalışmada Ege bölgesinde bulunan 29 meteoroloji istasyonuna ait 1975-2014 yılları arasındaki iklim parametreleri kullanılmıştır. Aylık toplam yağış ve referans evapotranspirasyon (ET<sub>0</sub>) değerleri kullanılarak farklı zaman ölçeklerinde (1, 3, 6, 12 ve 24 aylık) Standart Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) değerleri elde edilmiştir. Aylık ET<sub>0</sub> değerleri Penman-Monteith (FAO 56) yöntemine göre hesaplanmıştır.

**Araştırma Bulguları:** Ege Bölgesi genelinde SPEI değerlerine göre şiddetli ve çok şiddetli kuraklıkların yaşandığı görülmüştür. Özellikle 1989, 1993, 2007, 2008, 2011 ve 2012 kuraklıkların yaşandığı yıllar olmuştur. Ege Bölgesinde 2007-2008 yılları çok şiddetli kuraklıkların kaydedildiği yıllar olmuştur. SPEI değerlerinin uzun zaman ölçeğinde kurak periyotları mekânsal olarak daha belirgin tespit edebilme potansiyeline sahip olduğu görülmüştür. Uzun zaman ölçeğindeki SPEI değerleri kesintisiz uzun kurak dönemlerin tanımlanmasında daha yararlı sonuçlar üretirken, kısa zaman ölçeklerinde ise kısa periyotlar halinde ve sayısal olarak daha fazla kurak dönemler elde edilmiştir.

**Sonuç:** SPEI, kuraklık riskine karşı tarımsal üretimin ve su kaynaklarının planlanması, sosyo-ekonomik etkilerin en aza indirilmesi için karar vericilere önemli bilgiler sağlamaktadır.

## ABSTRACT

**Objective:** Water resources and agricultural production are affected negatively by drought with the effect of increasing climate change in recent years. The objective of this study was to examine temporal and spatial distribution of the drought with Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) in Aegean Region in which is carried out a significant part of agricultural production of Türkiye.

**Material and Methods:** Climatic values between 1975 and 2014 of 29 meteorological stations were used in throughout Aegean Region. SPEI values were obtained at different time scales (1, 3, 6, 12 and 24 months) by using monthly total precipitation (P) and reference evapotranspiration (ET<sub>0</sub>). Monthly ET<sub>0</sub> values were calculated according to Penman-Monteith (FAO 56) method.

**Results:** According to the SPEI values, severe and extreme droughts were observed in the entire Aegean Region. Especially in 1989, 1993, 2007, 2008, 2011 and 2012 drought events were experienced. Extreme droughts were recorded in 2007 and 2008. Thus, it has been observed that SPEI values have the potential to determine spatially drought periods on a long-time scale. While SPEI values at long time scales was produced more useful results to define uninterrupted long drought periods, on the contrary, at shorter time scales it was obtained drought events which are shorter periods and a greater number of them.

**Conclusion:** SPEI provides important information to decision makers in planning agricultural production and water resources against the risk of drought and minimizing socio-economic impacts.

## GİRİŞ

İklim değişikliğine bağlı olarak artan sıcaklıklar, buharlaşma ve terleme yolu ile daha fazla suyun kullanılarak atmosferdeki su buharının artışına ve yağışlarda düzensizliklere neden olmaktadır. Bu durum hem şiddetli sellerin hem de daha uzun ve şiddetli kuraklıkların yaşanmasına yol açmaktadır (Feng et al., 2013; Kumar, 2013; Milly & Dunne, 2016; Yeşilirmak & Atatanır, 2016; Deng et al., 2018). Bu nedenlerle yağışların eğilimi ve kuraklık analizi tarımsal üretim ve su kaynaklarının yönetimi için önemlidir.

Son yıllarda su kaynaklarının giderek azalması ile birlikte kuraklık, tüm dünyanın en önemli sorunlarından biri haline gelmiştir (Liu et al., 2021). Kuraklık, tarımsal, sosyo-ekonomik ve çevresel etkilere yol açabilen, başlangıcı, sonu, şiddeti ve süresinin belirlenmesi zor olan doğal olayların en önemlilerindedir (Wilhite & Glantz, 1985; Wilhite, 1993; Vicente-Serrano et al., 2010). Kuraklık zamansal ve mekânsal ölçekte su kaynakları, tarım, çevre, orman ve sosyo-ekonomik bakımdan negatif etkilere sahip olup birçok sektörü etkilemektedir (Mishra & Singh, 2010; Spinoni et al., 2016; Mirgol et al., 2021). Kuraklığın şiddetinin ve süresinin artması, su kaynaklarında azalmanın hızlanmasını ve buna bağlı su kaynaklarının yönetimini ve paylaşımını daha sorunlu duruma getirmektedir (Mengü vd., 2011). Kuraklığın oluşumuna göre sırasıyla; meteorolojik, tarımsal, hidrolojik ve sosyo-ekonomik olmak üzere dört türü vardır (Wilhite & Glantz, 1985; Mengü vd., 2011; Laimighofer & Laaha, 2022). Kuraklıklar temel olarak yağışların bilinen uzun yıllık ortalamalarının altına düşmesi ile başlar ve toprak nemi eksikliği, evapotranspirasyon artışı, kar yağışı rejimindeki düzensizlikler gibi etmenlere bağımlı olarak gelişir (Wilhite & Glantz, 1985; Laimighofer & Laaha, 2022).

Meteorolojik kuraklık tarımsal kuraklığın birincil nedeni olmakla birlikte, tarımsal kuraklık dönemleriyle birebir örtüşmesi beklenmez. Tarımsal kuraklık, meteorolojik kuraklık ve bu kuraklığın bitkiler üzerindeki etkilerini ilişkilendiren kompleks bir olaydır. Tarımsal kuraklık, belirli bir zaman diliminde toprak neminde oluşan açık, bu açık nedeniyle evapotranspirasyonun azalması ve bunlara bağlı olarak ürün veriminin azalmasıdır (Wilhite & Glantz, 1985; Vermes, 1998; Labedzki & Kanecka-Geszke, 2009). Kuraklığın, havza su dağıtımı, sulama suyu miktarı ve tarım üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi bakımından, hidrolojik çevrimin ana unsurları olan yağış ve evapotranspirasyon eğilimlerinin belirlenmesi önemlidir (Mengü vd. 2019).

Uzun dönem mekânsal ve zamansal kuraklık analizi; kuraklık eğilimlerinin ortaya konması, kuraklığa karşı doğru yönetim planlarının oluşturulması, kuraklık etkilerinin azaltılması için doğru planlama yapılması konusunda bilgi verir ve kuraklığa karşı erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesine katkı sunar (Vicente-Serrano et al., 2012a, b; Musei et al., 2021). Aynı zamanda havza yönetimi ve su taleplerinin planlanmasında önemli rol oynamaktadır (Deng et al., 2018).

Kuraklığın tanımlanması, şiddeti ve süresinin ortaya konulması için dünya genelinde birçok kuraklık indeksi geliştirilmiştir. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanı SPI'dir (Mckee et al., 1993; Mishra & Singh, 2010; Hayes et al., 2011; Laimighofer & Laaha, 2022). Lincoln deklarasyonunda, kuraklığın izlenmesi ve erken uyarı sistemlerinin oluşturulması konusunda özellikle tarımsal ve hidrolojik kuraklığın tanımlanması için geniş kapsamlı bir indeks geliştirilmesi vurgulanmıştır. (Hayes et al., 2011).

SPI hesaplaması kolay ve farklı zaman ölçekleri için yapılsa da sadece aylık yağış verilerine dayalı olduğu için kuraklığın etki ettiği birçok mekanizmayı tam açıklayamamaktadır. SPEI, Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksinin (PDSI) karmaşık hesaplama yöntemi ve SPI'nin sadece yağışa dayalı olması gibi özelliklerine kıyasla hem kolay hesaplanabilir olması hem de yağış ile birlikte evapotranspirasyona dayalı olması bakımından daha avantajlıdır (Vicente-Serrano et al., 2010; Vicente-Serrano 2012a, b; Li et al., 2019). Aynı zamanda SPI gibi farklı zaman ölçekleri için hesaplanabilmesi de kuraklık değişimlerini zaman boyutunda daha iyi yansıtabilmektedir (Vicente-Serrano et al., 2010). SPEI, farklı zaman ölçeklerinde iklimsel su dengesine bağlı yağış ve evapotranspirasyon arasındaki kümülatif farka dayalı hesaplanmaktadır (Zhang et al., 2015). SPEI farklı iklim kuşaklarında ve bölgelerde kuraklık değerlendirmesi için birçok çalışmada



kullanılmıştır (Vicente-Serrano et al., 2010; Potop et al., 2012; Özçelik vd., 2012; Vicente-Serrano et al., 2012a, b; Zhang et al., 2015; Wang et al., 2016; Gao et al., 2017; Zhao et al., 2017; Deng et al., 2018; Mathbout et al., 2018; Özçelik vd., 2019; Pei et al., 2020; Mirgol et al., 2021; Musei et al., 2021; Laimighofer & Laaha, 2022).

Ege Bölgesi Türkiye'nin batı kısmında yer almaktadır ve Ülkenin tarımsal üretiminin önemli bir kısmını gerçekleştirmektedir. Araştırma alanını da içine alan Akdeniz Havzasında iklim değişikliği ve kuraklık ciddi tehdit oluşturmaktadır (Mengü vd., 2019). Ege Bölgesinde tarımsal üretim yapılan büyük ovalarda bu etkiler ile ürün deseninde değişiklikler yaşanmaktadır.

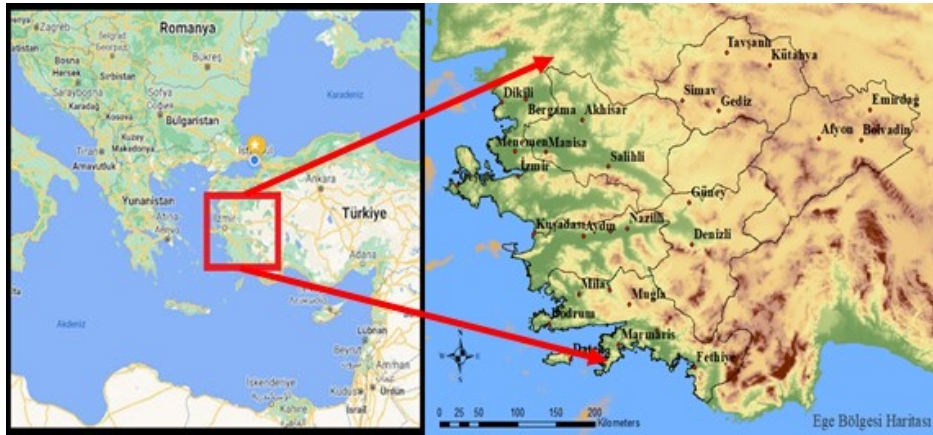
Bu çalışmada, yarı kurak iklim kuşağında yer alan Ege Bölgesindeki 29 meteoroloji istasyonundan alınan 1975-2014 yıllarına ait 40 yıllık iklim verileri ile 1, 3, 6, 12 ve 24 aylık zaman ölçekleri için SPEI değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar ile Ege Bölgesi'nin de içinde yer aldığı yarı kurak bölgelerde SPEI ile kuraklığın belirlenmesi, kuraklığın zamansal ve mekânsal değişimlerinin irdelenmesi bu çalışmanın temel amacını oluşturmuştur. Aynı zamanda tarımsal açıdan kuraklık erken uyarı sistemleri için SPEI'in kullanım olanakları da değerlendirilmiştir.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Çalışma alanı

Ege Bölgesi 36°16' - 39°54' Kuzey enlemleri ile 26°12' - 31°44' Doğu boylamları arasındadır. Bölge dağları kıyıya dik uzandığı için, girintili-çukuntulu yapıya sahiptir ve enine kıyı tipindedir. Kuzeyde Marmara Bölgesi, doğuda İç Anadolu Bölgesi, güneydoğuda Akdeniz Bölgesi'ne komşu olan Ege Bölgesi, batıda Ege Denizi ile çevrilidir. Bakırçay, Gediz, Küçük Menderes, Büyük Menderes başlıca akarsularıdır. Çalışma alanı Şekil 1'de gösterilmiştir.

Ege Bölgesi genellikle yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı olan Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Ege Denizi kıyıları boyunca, tam bir Akdeniz yağış rejimi hakimdir. Yıllık toplam yağış ortalamaları 380-1164 mm arasında değişmekte olup, bölgenin yıllık ortalama toplam yağış miktarı 632 mm'dir (1975-2014). En soğuk ay, genellikle ocak ayı, en sıcak ay ise temmuz ayıdır (MGM, 2019).



Şekil 1. Çalışma alanı.

Figure 1. Study area.

### İklim verileri

Araştırmada, Ege Bölgesi'nde yer alan 29 meteoroloji istasyonundan (Çizelge 1) elde edilen 1975-2014 yıllarına ait 40 yıllık aylık bazda toplam yağış, ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık, oransal nem, güneşlenme süresi ve rüzgâr hızı verileri kullanılmıştır (MGM, 2019). İstasyona ait tüm veriler Winjgaard et al.

(2003) tarafından önerilen modele göre; Standart Normal Homojenlik Testi (Alexandersson, 1986), Buishand Range Testi (Buishand, 1982), Pettitt Testi (Pettitt, 1979) ve Bartels Testi (Bartels, 1982) olmak üzere dört farklı yöntemle göre homojenlik testine tabi tutulmuştur. Tüm veriler yapılan testlerde homojen bulunmuştur.

**Çizelge 1.** Çalışma alanında bulunan meteoroloji istasyonları ve özellikleri

**Table 1.** Climatic stations and their spesification in the study area

Sıra No	MGM İstasyon No	İstasyon Adı	Enlem	Boylam	Yükseklik (m)
1	17796	Bolvadin	38.726517	31.046784	997
2	17752	Emirdağ	39.009568	31.145661	987
3	17190	Afyon	38.737904	30.554277	1021
4	17234	Aydın	37.840239	27.837905	56
5	17232	Kuşadası	37.859741	27.265216	25
6	17860	Nazilli	37.913485	28.343658	84
7	17850	Sultanhisar	37.884253	28.150364	73
8	17824	Güney	38.151508	29.058709	825
9	17237	Denizli	37.762027	29.092075	425
10	17742	Bergama	39.109761	27.170973	53
11	17221	Çeşme	38.303649	26.372437	5
12	17180	Dikili	39.073719	26.887984	3
13	17789	Menemen	38.623722	27.043259	10
14	17220	İzmir	38.394873	27.081854	29
15	17750	Gediz	38.994715	29.400269	736
16	17155	Kütahya	39.417085	29.988148	976
17	17748	Simav	39.092493	28.978571	809
18	17704	Tavşanlı	39.538193	29.493147	863
19	17184	Akhisar	38.911776	27.823285	92
20	17186	Manisa	38.615329	27.404940	71
21	17792	Salihli	38.483105	28.123418	111
22	17290	Bodrum	37.032839	27.439801	26
23	17297	Datça	36.708342	27.691873	28
24	17296	Fethiye	36.626611	29.123804	3
25	17924	Köyceğiz	36.970006	28.686868	24
26	17298	Marmaris	36.839541	28.245166	16
27	17292	Muğla	37.209486	28.366834	646
28	17884	Milas	37.302673	27.780375	57
29	17886	Yatağan	37.339542	28.136863	365

### SPEI değerlerinin hesaplaması

SPEI, yağış ve iklim verilerinin kombinasyonuna dayanan çoklu sayısal bir karaktere sahip, aylık iklimsel su dengesinin ( $Di$ ) farklı zaman ölçeklerindeki değişimini esas alan bir indekstir. SPEI hesaplama prosedürü, *i*) Potansiyel/Referans evapotranspirasyonun ( $PET/ET_o$ ) hesaplanması (Eşitlik 1), *ii*) Farklı zaman ölçeklerinde iklimsel su dengesinin ( $Di$ ) hesaplanması (Eşitlik 2), *iii*) SPEI serisinin elde edilmesi (Eşitlik 3 ve 4), adımlarından oluşmaktadır (Vicente-Serrano et al., 2010).

SPEI, farklı eşitliklere göre hesaplanan PET veya  $ET_o$  yöntemlerinin kullanılmasına olanak vermektedir. Bu nedenle  $ET_o$ , FAO 56'da verilen Penman-Monteith yöntemine göre hesaplanmıştır (Allen et al., 1998).  $ET_o$  değerlerinin hesaplamasında Cropwat 8.0 programı kullanılmıştır. Hesaplama gerekliliği olan solar radyasyon değeri güneşlenme süresinden yararlanılarak hesaplanmıştır.  $Di$  değerleri 1, 3, 6, 12 ve 24 aylık farklı zaman ölçeklerine göre ayrı ayrı hesaplanmıştır. Elde edilen  $Di$  serisinden yararlanılarak SPEI değerleri, Eşitlik 3 yardımı ile hesaplanmıştır (Vicente-Serrano et al., 2010).

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

Eşitlikte;  $ET_o$ , referans evapotranspirasyon ( $\text{mm gün}^{-1}$ );  $Rn$ : bitki yüzeyi net radyasyon [ $\text{MJ m}^{-2} \text{gün}^{-1}$ ],  $G$ : toprak ısı akışı yoğunluğu [ $\text{MJ m}^{-2} \text{gün}^{-1}$ ],  $T$ : sıcaklık [ $^{\circ}\text{C}$ ],  $u_2$ : 2 m yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızı [ $\text{m s}^{-1}$ ],  $e_s$ : ortalama hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı [ $\text{kPa}$ ],  $e_a$ : ortalama hava sıcaklığındaki gerçek buhar basıncı [ $\text{kPa}$ ],  $\Delta$ : Buhar basıncı eğrisinin eğimi [ $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ],  $\gamma$ : Psikrometrik sabite [ $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ]’dir.

$$D_i^k = \sum_{i=0}^{k=1} P_{n-i} - ET_{o_{n-i}} \quad (2)$$

Eşitlikte;  $D_i$ : iklimsel su dengesi ( $\text{mm}$ ),  $P$ : yağış ( $\text{mm}$ ),  $ET_o$ : referans evapotranspirasyon ( $\text{mm}$ )’dir.

$$SPEI = W - \frac{c_0 + c_1 W + c_2 W^2}{1 + d_1 W + d_2 W^2 + d_3 W^3} \quad (3)$$

$$W_i = \begin{cases} P < 0.5, \sqrt{-2 \ln P} \\ P > 0.5, \sqrt{-2 \ln (1 - P)} \end{cases} \quad (4)$$

Eşitlik 3’deki sabitler,  $c_0 = 2.515547$ ,  $c_1 = 0.802853$ ,  $c_2 = 0.010328$ ,  $d_1 = 1.432788$ ,  $d_2 = 0.189269$ ,  $d_3 = 0.001308$  olarak alınmıştır.

SPEI ortalama değeri 0 (sıfır) ve standart sapması 1 olan standardize edilmiş bir indekstir. Bu nedenle zaman ve alandan bağımsız olarak başka SPEI değerleri ile mukayese edilebilir (Vicente-Serrano et al., 2010).

### Kuraklık şiddeti sınıflaması

SPEI değerlerine göre kuraklık şiddeti sınıflaması için McKee et al. (1993) ve Vicente-Serrano et al. (2010)’da verilen sınıflama sistemi kullanılmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. SPEI kuraklık şiddeti sınıflaması

Table 2. Drought severity classification of SPEI

Sınıflandırma	SPEI değeri	Kısaltma
Çok Şiddetli Nemli	$\geq +2$	ÇŞN
Şiddetli Nemli	$\geq +1.5$ ile $< +2$	ŞN
Orta derecede nemli	$\geq +1$ ile $< +1.5$	ODN
Normal	$> -1$ ile $< +1$	NOR
Orta derecede kurak	$> -1.5$ ile $\leq -1$	ODK
Şiddetli Kurak	$> -2$ ile $\leq -1.5$	ŞK
Çok Şiddetli Kurak	$\leq -2$	ÇŞK

### Jeoistatistik analiz ve haritalama

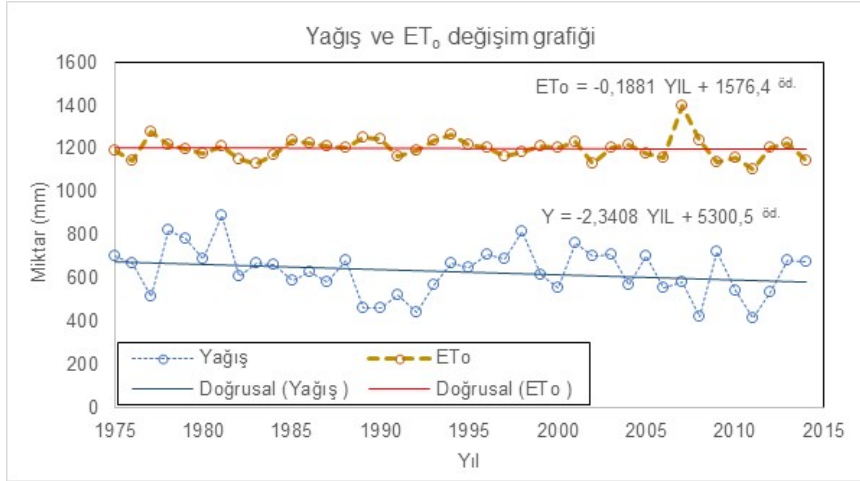
Jeoistatistiksel yöntemler mekânsal referanslı verilerin uzaysal dağılımını tahmin etmek için kullanılmaktadır (Mulla & McBratney, 2002). Bu amaçla jeoistatistik ve CBS, mekânsal veriler için haritalar oluşturularak, mekânsal desen ve ilişkilerin ortaya konmasında yardımcı olmaktadır. Bu çalışmada Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon (IDW) yöntemi, yıllık toplam yağış, yıllık toplam  $ET_o$ ,  $D_i$ , ve SPEI değerlerini alansal enterpolasyon haritaları oluşturmak için tercih edilmiştir (Aydın & Çiçek, 2013; Li et al., 2018; Musei et al., 2021). ArcGIS 10.2 CBS yazılımı ile jeoistatistiksel işlemler yapılarak haritalar oluşturulmuştur.

## ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

### Yağış (P) ve referans evapotranspirasyon ( $ET_o$ ) değerleri

Çalışmada esas alınan 29 meteoroloji istasyonuna ait 1975-2014 yılları arasında yıllık toplam yağış ve  $ET_o$  değerleri ile istasyonlar ve bölge bazında hesaplanmıştır. Tüm istasyonlar birlikte değerlendirildiğinde,

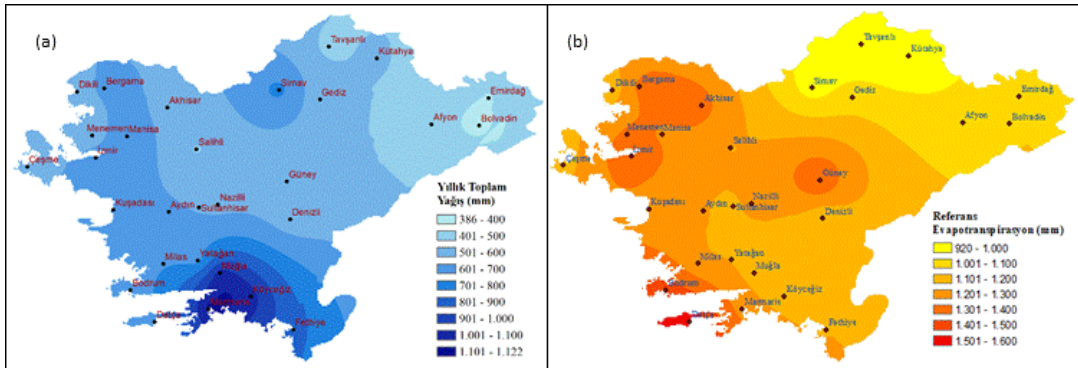
Ege Bölgesinin yıllık toplam yağış değerleri 380-1164 mm arasında değişirken, yıllık toplam  $ET_o$  değerleri 920-1593 mm arasında değişmiştir (Şekil 2). Ortalama değerleri sırasıyla (P) 632 mm ve ( $ET_o$ ) 1201 mm bulunmuştur. Yıllık toplam yağış değeri en düşük 416 mm ile 2011 yılında bulunurken, yıllık toplam  $ET_o$  değeri en yüksek 1399 mm ile 2007 yılında elde edilmiştir. İstasyonlara ait P ve  $ET_o$  değerleri kullanılarak IDW yöntemine göre mekânsal değişim haritaları hazırlanmıştır (Şekil 3). Buna göre Ege Bölgesinin kıyı kesiminde iç kesimine göre yağış ortalamalarının yüksek olduğu, yine aynı kısımda  $ET_o$  değerlerinin iç kesime göre yüksek olduğu görülmektedir.



\* öđ. İstatistiksel olarak önemsizdir.

Şekil 2. Ege Bölgesi yıllık toplam yağış ve  $ET_o$  değişim grafiği.

Figure 2. Scatter plot of annual total precipitation and  $ET_o$  in the Aegean Region.

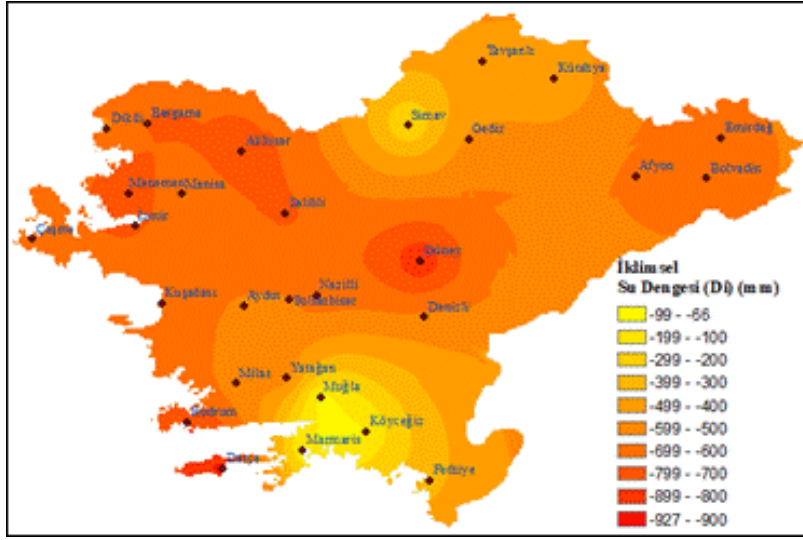


Şekil 3. Ege Bölgesi yıllık toplam P (a) ve  $ET_o$  (b) değerleri mekânsal değişim haritaları.

Figure 3. Spatial distribution maps of annual total precipitation (a) and  $ET_o$  (b) in the Aegean Region.

### İklimsel su dengesi ( $D_i$ ) değerleri

SPEI değerlerinin hesaplanmasında iklimsel su dengesi ( $D_i$ ), aylık toplam yağış değerleri ile  $ET_o$  değerleri arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır. İklimsel su dengesi bölgenin kuraklık hassasiyetini gösteren önemli bir parametre olarak değerlendirilmektedir. Aylık değerlerden elde edilen yıllık toplam açık değerleri istasyonlar ve bölge bazında elde edilmiştir. Bu değerlerin 1975-2014 yılları arasında ortalama değerleri ile IDW yöntemine göre yapılan jeostatistik analiz sonuçları Şekil 4'te verilmiştir. Buna göre Bölgenin kıyı kesiminde daha yüksek su dengesi açığı elde edilirken iç kesiminde ve Muğla ilinde daha düşük açık değerleri elde edilmiştir. Ege Bölgesinin ortalama yıllık su dengesi açığı değeri 569 mm, yıllar bazında en yüksek açık 2008 yılında 820 mm, en düşük açık 1981 yılında 319 mm olarak bulunmuştur.



Şekil 4. Ege Bölgesi  $D_i$  değerleri mekânsal değişim haritası.

Figure 4. Spatial distribution map of  $D_i$  values in the Aegean Region.

#### SPEI değerleri ve kuraklık şiddeti analizi

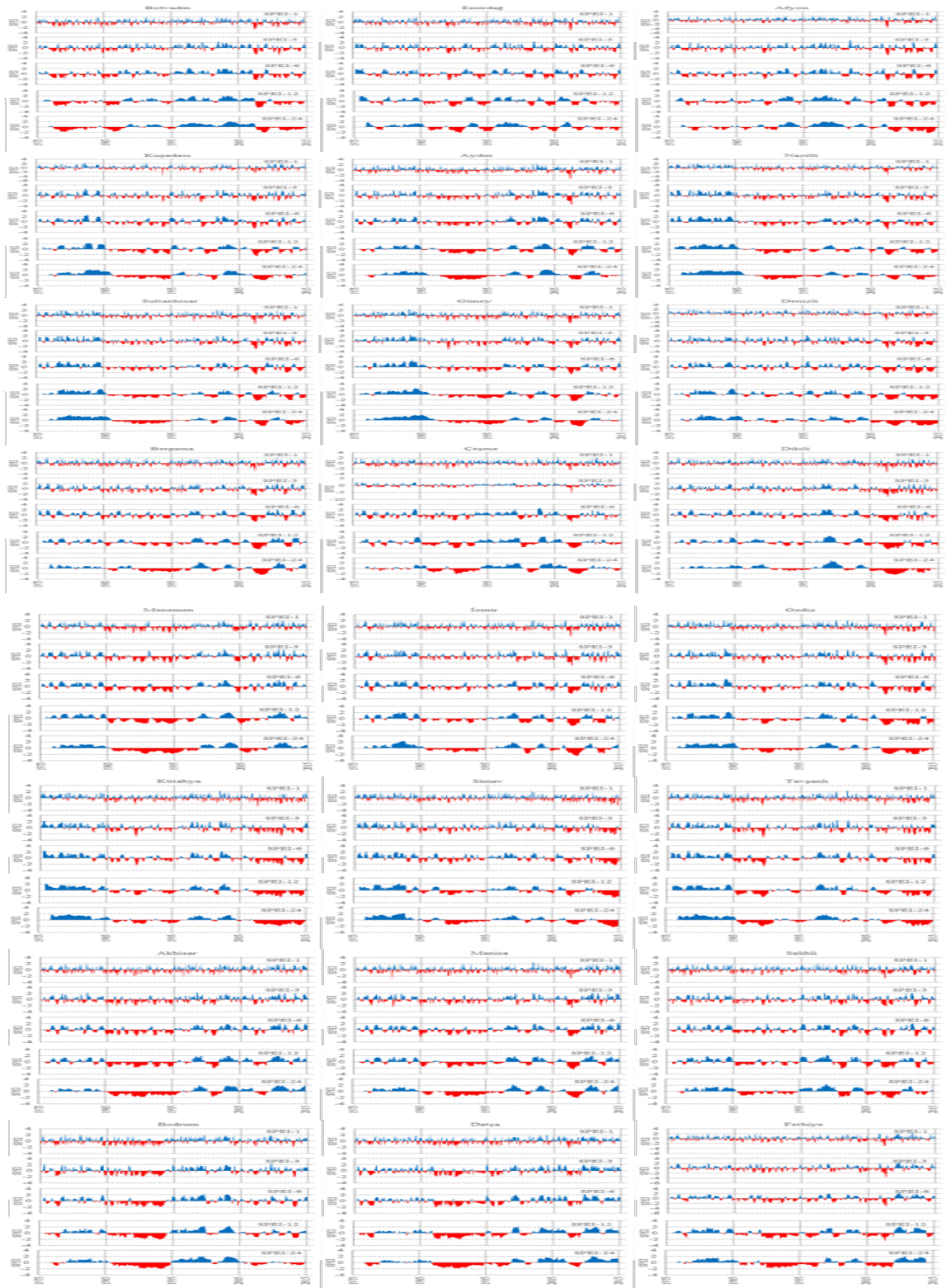
Ege Bölgesinde bulunan 29 meteoroloji istasyonu iklim verileri ile 1975-2014 yılları arasındaki 40 yıllık dönemde 1, 3, 6, 12 ve 24 aylık zaman ölçeklerinde SPEI değerleri hesaplanmıştır. SPEI değerleri analiz edilerek diyagramları oluşturulmuş (Şekil 4) ve en düşük SPEI değerleri ve dönemleri Çizelge 3'te istasyonlar bazında verilmiştir. İstasyonlar bazında 1, 3, 6 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde 2007 yılı, 24 aylık zaman ölçeğinde 2008 yılı çok şiddetli (SPEI  $\leq -2$ ) kuraklıkların çoğunlukla kaydedildiği yıllar olmuştur. En düşük SPEI değerleri farklı zaman ölçeklerine göre; 1 aylık dönemde Afyon istasyonunda 2007 yılı Eylül ayında, 3 aylık dönemde Çeşme'de 2007 yılı Eylül ayında, 6 aylık dönemde Nazilli'de 2007 yılı Eylül ayında, 12 aylık dönemde Bergama'da 2007 yılı Kasım ayında, 24 aylık dönemde İzmir'de 2008 yılı Aralık ayında çok şiddetli kurak dönemler olarak belirlenmiştir. Kuraklık şiddeti sınıflamasına göre, 12 aylık dönemde Emirdağ, 24 aylık dönemde Aydın, Nazilli, Menemen, Kütahya, Akhisar, Bodrum, Datça, Fethiye, Milas ve Yatağan istasyonlarında şiddetli kurak, bunlar dışında tüm zaman ölçeklerinde (1, 3, 6, 12 ve 24 aylık) çok şiddetli kurak dönemler olduğu görülmüştür. Bu yıllar dışında 1989, 1993, 2011 ve 2012 yılları şiddetli kuraklıkların kaydedildiği yıllar olmuştur.

Ege Bölgesine ait SPEI değerlerine ait diyagramlar Şekil 5'te ve en düşük SPEI değerleri Çizelge 4'te verilmiştir. Bunlara göre Ege Bölgesinin kısa zaman ölçeğinde 2007 yılı uzun zaman ölçeğinde 2008 yılı çok şiddetli kurak yıllar olarak saptanmıştır. Bununla beraber tüm zaman ölçeklerinde 1997, 1998, 1999, 2002 ve 2003 yılları çok şiddetli nemli yıllar olarak bulunmuştur. Uzun zaman ölçeğinde 1985-1995 yılları arasındaki 10 yıllık dönem sürekli ardıl kurak dönemler (orta dereceli ve şiddetli kuraklıklar) olarak kaydedilmiştir. Özellikle 2007-2009 yılları arasındaki dönemde çok şiddetli kurak bir dönem olduğu görülmektedir. 2011 yılından sonra ise şiddeti düşük kurak dönemlerin ardıl olarak gerçekleştiği belirlenmiştir.

Kısa zaman ölçeğinde (1 ve 3 aylık) SPEI değerleri özellikle yaz aylarında kurak periyotları belirlerken, uzun zaman ölçeklerinde ise 1985-1995, 2007-2009, 2011-2012 dönemlerinde şiddet ve süre olarak kış dönemlerini de içine alan uzun periyotlar boyunca kurak değerler (negatif) elde edilmiştir. Buna göre, kısa zaman ölçeğinde SPEI değerlerinin kuraklık etkilerinin daha fazla hissedildiği yaz aylarında, uzun zaman ölçeğinde ise kuraklık görülen yıllarda kış aylarından başlamak üzere tüm yılı kaplayan kurak değerler alabildiği görülmüştür.

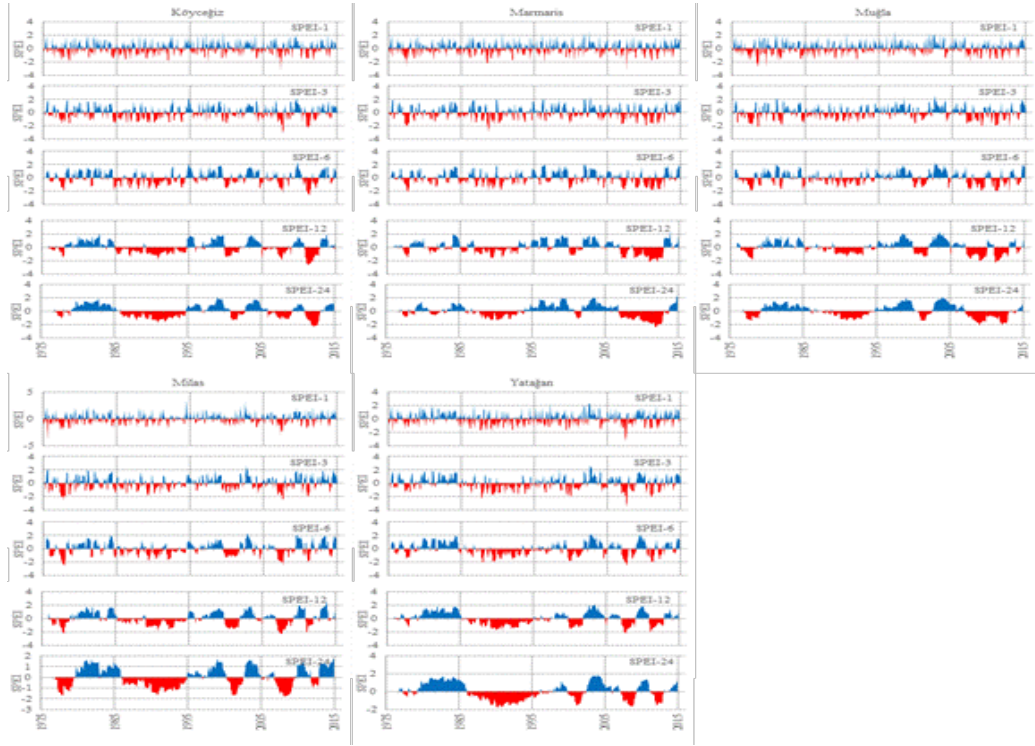
**Çizelge 3.** İstasyonlar bazında en düşük SPEI değerleri**Table 3.** The lowest SPEI values by stations

İstasyon Adı	SPEI-1	Dönem	SPEI-3	Dönem	SPEI-6	Dönem	SPEI-12	Dönem	SPEI-24	Dönem
Bolvadin	-2.60	8-2007	-2.81	1-2011	-2.45	10-2007	-2.50	10-2007	-2.07	11-2008
Emirdağ	-3.06	7-2007	-2.34	9-2007	-2.52	5-1989	-1.95	12-1989	-2.26	12-1990
Afyon	-4.32	9-2007	-3.23	9-2007	-2.70	10-2007	-2.24	10-2012	-2.43	6-2013
Aydın	-3.27	8-2007	-3.48	9-2007	-2.69	8-2007	-2.44	10-2007	-1.81	3-1990
Kuşadası	-3.96	10-1993	-3.16	10-1993	-2.57	5-2007	-2.56	10-2007	-2.01	10-2008
Nazilli	-4.26	9-2007	-2.71	9-2007	-3.14	9-2007	-2.24	10-2007	-1.91	11-2012
Sultanhisar	-3.05	8-2007	-3.16	9-2007	-2.68	10-2007	-2.41	10-2007	-2.14	6-2008
Güney	-2.95	7-2007	-3.44	4-1989	-2.67	9-2007	-2.50	9-2007	-2.26	12-2008
Denizli	-3.78	8-2007	-2.81	8-2007	-2.30	2-2012	-2.14	9-2012	-2.01	12-2008
Bergama	-3.15	7-2007	-2.72	8-2007	-2.50	5-2007	-2.72	11-2007	-2.39	4-2008
Çeşme	-3.09	6-2007	-6.67	9-2007	-2.96	9-2007	-2.12	1-1990	-2.05	10-2008
Dikili	-3.49	7-2007	-3.16	9-2007	-2.62	9-2007	-2.63	9-2007	-2.33	5-2008
Menemen	-2.45	9-1985	-2.32	10-1993	-2.05	12-2004	-2.04	1-2005	-1.95	11-1990
İzmir	-3.28	7-2007	-3.25	9-2007	-2.39	9-2007	-2.46	2-2008	-2.59	12-2008
Gediz	-3.51	9-2007	-3.21	9-2007	-2.80	10-2007	-2.20	9-2007	-2.04	3-2012
Kütahya	-2.94	7-2007	-2.93	4-1989	-2.49	6-1989	-2.29	3-2011	-1.95	3-2011
Simav	-2.46	7-2014	-2.30	2-2014	-2.25	4-2014	-2.39	3-2014	-2.33	3-2014
Tavşanlı	-2.82	4-1989	-3.29	4-1989	-2.89	6-1989	-2.27	6-1989	-2.05	6-1989
Akhisar	-2.52	6-1996	-2.14	4-1989	-2.06	5-1989	-2.30	3-2001	-1.95	11-1990
Manisa	-3.54	9-1980	-2.88	8-2007	-2.70	12-1984	-2.61	2-2008	-2.28	10-2008
Salihli	-2.85	8-2007	-2.42	1-2012	-2.48	8-2007	-2.74	3-2001	-2.31	12-2008
Bodrum	-2.17	9-1992	-2.07	12-2012	-2.21	6-1990	-2.15	12-1992	-1.97	7-1993
Datça	-2.69	4-2007	-2.12	6-2007	-2.12	3-1987	-2.05	11-1990	-1.89	12-1990
Fethiye	-3.77	6-2007	-4.15	9-2007	-3.70	9-2007	-2.61	10-2007	-1.96	11-1990
Köyceğiz	-3.59	6-2007	-3.12	9-2007	-2.67	4-2011	-2.58	5-2011	-2.31	2-2012
Marmaris	-3.12	9-2007	-2.79	9-1988	-2.08	8-1977	-2.25	1-2012	-2.40	1-2012
Muğla	-2.77	7-1978	-2.21	11-2012	-2.14	11-2012	-2.26	2-2011	-2.18	2-2012
Milas	-4.10	9-1975	-2.55	10-1977	-2.67	12-1977	-2.30	9-2007	-1.83	12-1977
Yatağan	-3.27	7-2007	-3.58	9-2007	-2.58	9-2007	-2.19	9-2007	-1.81	11-1990



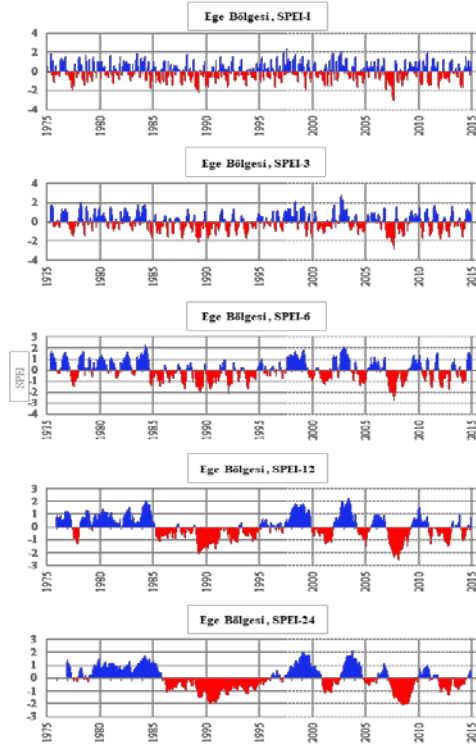
Şekil 4. İstasyonlar bazında farklı zaman ölçeklerinde (1,3,6,12 ve 24 aylık) SPEI diyagramları.

Figure 4. SPEI diagrams on different time scales (1,3,6,12 and 24 months) by the meteorological stations.



Şekil 4. devamı.

Figure 4. continued.



Şekil 5. Ege Bölgesinin farklı zaman ölçeklerinde (1,3,6,12 ve 24 aylık) SPEI diyagramları.

Figure 5. SPEI diagrams on different time scales (1,3,6,12 and 24 months) of the Aegean Region.

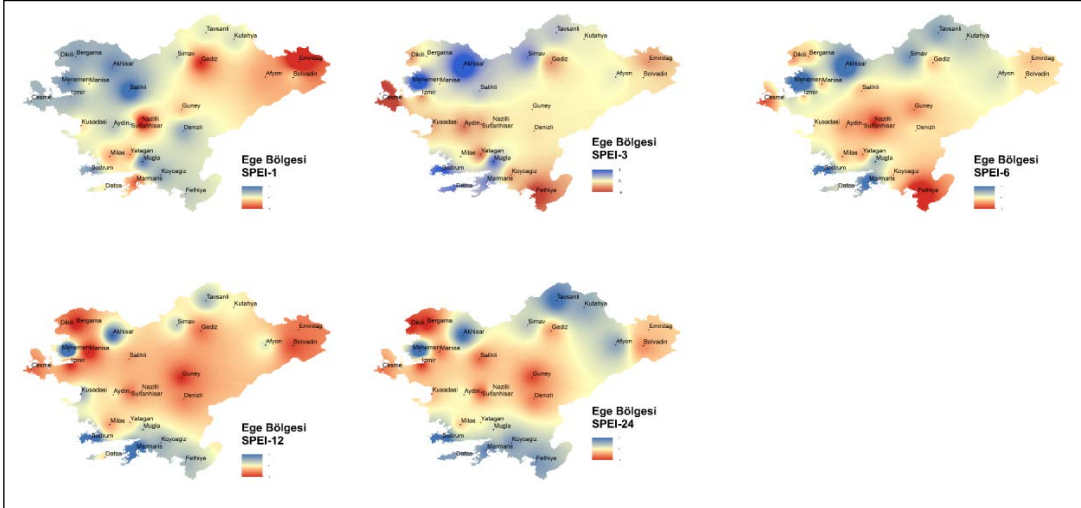


Çizelge 4'te farklı zaman ölçekleri için belirlenen dönemlerde 29 istasyon verisi ile IDW yöntemine göre mekânsal dağılım haritaları (Şekil 6) oluşturulmuştur. Bölge genelinde iç Ege kısmına doğru çok şiddetli kuraklık eğilimleri gözlenmektedir. Özellikle 3, 6, 12 ve 24 aylık dönemler için Gediz, Büyük Menderes ve Küçük Menderes Havzasını içine alan bölgeye doğru kuraklık eğiliminin mekânsal olarak arttığı söylenebilir. Ege Bölgesinin en düşük SPEI değerlerinin elde edildiği dönemlerde, kısa zaman ölçeklerinde normal ve nemli alanların mekânsal dağılımlarının uzun zaman ölçeklerine göre daha fazladır. Uzun zaman ölçeklerinde ise kurak ve şiddetli kurak alanların mekânsal dağılımı daha fazladır. 12 ve 24 aylık dönemlerde bölge genelinde çok şiddetli kuraklık eğilimi saptanırken, SPEI değerlerinin uzun zaman ölçeğinde kurak periyotları mekânsal olarak daha belirgin tespit edebilme potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. Gao et al., (2017)'de belirtildiği gibi SPEI uzun zaman ölçeklerinde kurak ve nemli dönemleri frekans olarak daha uzun periyotlar halinde tahmin etmektedir. Potopová et al., (2015) ve Wang et al., (2016)'da belirtildiği üzere bu çalışmada kısa zaman ölçeğindeki mekânsal dağılım haritalarının tarımsal kuraklığın belirlenmesinde nispeten daha güçlü olduğu, uzun zaman ölçeğinde ise bölgenin su potansiyelinin ve su talebinin belirlenmesi açısından mekânsal olarak daha güçlü olduğu söylenebilir.

Çizelge 4. Ege Bölgesi en düşük SPEI değerleri tablosu

Table 4. The lowest SPEI values in the Aegean Region

İstasyon Adı	SPEI-1	Dönem	SPEI-3	Dönem	SPEI-6	Dönem	SPEI-12	Dönem	SPEI-24	Dönem
Ege Bölgesi	-3.03	9-2007	-2.90	9-2007	-2.80	9-2007	-2.60	02-2008	-2.12	7-2008

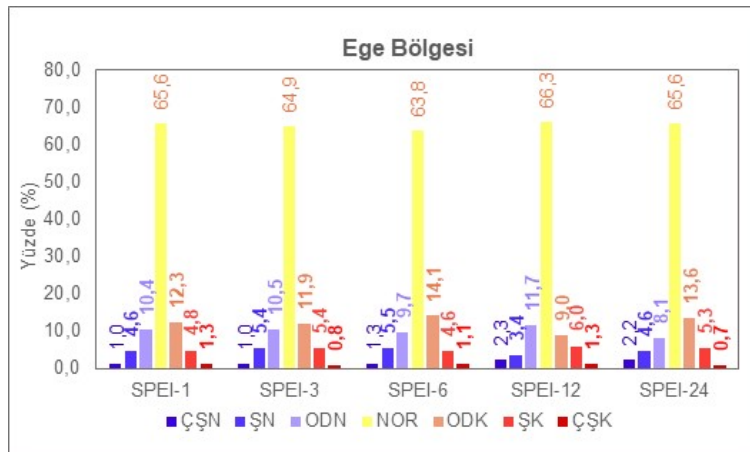


Şekil 6. Ege Bölgesine ait farklı zaman ölçeklerinde SPEI değerlerinin IDW yöntemine göre mekânsal dağılım haritaları.

Figure 6. Spatial distribution maps of SPEI values according to IDW method at different time scales belonging to the Aegean Region.

Ege Bölgesi SPEI değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde %8,1-11,7'si orta derecede nemli, %3,4-5,5'i şiddetli nemli, %1,0-2,3 çok şiddetli nemli, %63,8-66,3'ü normal, %9-14,1'i orta derecede kurak, %4,6-6'sı şiddetli kurak, %0,7-1,3'ü çok şiddetli kurak dönemler olarak belirlenmiştir (Şekil 7). Bölge genelinde kurak geçen (SPEI=>+1, şiddetli ve çok şiddetli) dönemler toplamı ortalama 25-35 ay olarak gerçekleşmiştir. En uzun kesintisiz kurak periyot 1 aylık zaman ölçeğinde 11 ay (11/2006-09/2007), 3 aylık zaman ölçeğinde 14 ay (08/1993-09/1994), 6 aylık zaman ölçeğinde 25 ay (01/2007-01/2009), 12 aylık zaman ölçeğinde 34 ay (02/1989-10/1991) ve 24 aylık zaman ölçeğinde 122 ay (12/1985-01/1996) olmuştur. Kuraklık süresinin belirlenmesi bakımından uzun zaman ölçeğindeki SPEI değerleri kesintisiz kurak dönemlerin tanımlanmasında daha yararlı sonuçlar üretirken, kısa zaman ölçeklerinden ise kısa periyotlar halinde ve sayısal olarak daha fazla kurak dönemler elde edilmiştir. Bununla benzer olarak SPEI ile yapılan

çalışmalarda kısa zaman ölçeğinde kurak ve nemli dönemlerin kısa süreli ve sıklıkla saptandığını, uzun zaman ölçeğinde (12 ve 24 aylık) uzun süreli kuraklıkların belirlendiği fakat kurak dönemlerin tekrarlanma sıklığının düşük olduğu bildirilmiştir (Vicente-Serrano et al., 2012a; Musei et al., 2021). Su kaynaklarının etkin kullanımı, tarımsal üretimin devamı için yeterli su temini ve kuraklığa karşı tepkilerinin belirlenmesi açısından bu farklı zaman ölçeklerindeki değerlendirmeler farklı amaçlar için sonuçlar üreterek karar vericiler için faydalı bilgiler üretebilmektedir (Lorenzo-Lacruz et al., 2010; Vicente-Serrano et al., 2012a; Zhang et al., 2015). Elde edilen bulgular ışığında SPEI indisinin ET'yi içermesi nedeniyle tarımsal kuraklığın belirlenmesi açısından kısa zaman ölçeğinde daha duyarlı olduğu görülmektedir. Bunun yanında tarımsal kuraklığın sadece iklimsel su dengesine (P-ET<sub>o</sub>) dayalı olarak tahmin edilmesinde tek başına yeterli sonuçlar üretilmeyebileceği de göz ardı edilmemelidir (Zhang et al. 2015).



Şekil 7. Ege Bölgesi farklı zaman ölçeklerinde SPEI değerlerine ait kuraklık şiddeti relatif yüzde sınıflandırması.

Figure 7. The relative percentage classification of drought severity on different time scales SPEI values of the Aegean Region.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

SPEI kısa zaman ölçeklerinde (1, 3 ve 6 aylık) tarımsal kuraklıkların tespitini, uzun zaman ölçeklerinde (12 ve 24 aylık) ise kurak periyotların tespitinin mümkün kılabilir. Böylelikle SPEI indisi kuraklık riskine karşı tarımsal üretimin ve su kaynaklarının planlanması, ekosistemin devam ettirilebilmesi, sosyo-ekonomik etkilerin en aza indirilmesi için uygulayıcılar ve karar vericiler için önemli bilgiler sağlamaktadır.

Ege Bölgesinin içinde bulunduğu yarı kurak alanlar, son yıllarda yaşanan iklim değişikliği etkisi ile birlikte ani yaşanabilecek kurak periyotlara karşı daha hassas duruma gelmiştir. Bölge genelinde SPEI değerleri ile yapılan kuraklık şiddeti incelemesine göre özellikle 2007-2009 döneminde olmak üzere, 1997-1999, 2002-2003, 2011-2012 yıllarında nispeten kurak ve şiddetli kurak dönemler olduğu ve son yıllarda kurak periyotların arttığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre SPEI ile farklı zaman ölçeklerinde kuraklığın süresi, şiddeti ve frekansının tespit edilebildiği görülmüştür. Tarımsal kuraklık açısından SPEI'in evapotranspirasyonu (PET ya da ET<sub>o</sub>) içermesi ile su kaynaklarının planlanması ve tarımsal sulama suyu ihtiyacının yönetilmesi açısından planlamaya yönelik bilgi üretilebileceği görülmüştür. Ayrıca SPEI değerleri ile yapılan zamansal ve mekânsal analiz ile kuraklık eğilimleri ve yönleri alansal olarak ortaya konulabilmektedir. Sonuç olarak, sürdürülebilir su kaynakları yönetimi, buna dayalı tarımsal üretim korunması ve erken uyarı sistemlerinin oluşturulması için SPEI önemli bir kuraklık indeksidir.

## KAYNAKLAR

- Alexandersson, H., 1986. A homogeneity test applied to precipitation data. *Journal of Climatology*, 6: 661-675.
- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes & M. Smith, 1998. *Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56*. Fao, Rome, 300 (9): D05109.

- Aydın, O. & İ. Çiçek, 2013. Ege Bölgesinde yağışın mekânsal dağılımı. Coğrafi Bilimler Dergisi, 2013 CBD 11 (2): 101-120.
- Bartels, R., 1982. The Rank Version of von Neumann's Ratio Test for Randomness, Journal of the American Statistical Association, 77: 40-46.
- Buishand, T. A., 1982. Some methods for testing the homogeneity of rainfall records, Journal of Hydrology, 58: 11-27.
- Deng, S., T. Chen, N. Yang, L. Qu, M. Li & D. Chen, 2018. Spatial and temporal distribution of rainfall and drought characteristics across the Pearl River basin. Science of the Total Environment, 619: 28-41.
- Feng, X., A. Porporato & I. Rodriguez-Iturbe, 2013. Changes in rainfall seasonality in the tropics. Nat. Clim. Chang., 3 (9): 811-815.
- Gao, X., Q. Zhao, X. Zhao, P. Wu, W. Pan, X. Gao & M. Sun, 2017. Temporal and spatial evolution of the standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) in the Loess Plateau under climate change from 2001 to 2050. Science of the Total Environment, 595: 191-200. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.226>
- Hayes, M., M. Svoboda, N. Wall & M. Widhalm, 2011. The Lincoln declaration on drought indices: Universal meteorological drought index recommended. American Meteorological Society, 92 (4): 485-488.
- Kumar, P., 2013. Hydrology: seasonal rain changes, Nat. Clim. Change, 3 (9): 783-784.
- Labeledzki, L. & E. Kanecka-Geszke, 2009. Standardized evapotranspiration as an agricultural drought index. Irrigation and Drainage, 58 (5): 607-616. <https://doi.org/10.1002/ird.421>
- Laimighofer, J. & G. Laaha, 2022. How standard are standardized drought indices? Uncertainty components for the SPI & SPEI case, Journal of Hydrology, 613: 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128385>
- Li, Y., Z. Xie, Y. Qin, H. Xia, Z. Zheng, L. Zhang & Z. Liu, 2019. Drought under global warming and climate change: An empirical study of the Loess Plateau. Sustainability, 11 (5): 1281. <https://doi.org/10.3390/su11051281>
- Liu, C., C. Yang, Q. Yang & J. Wang, 2021. Spatiotemporal drought analysis by the standardized precipitation index (SPI) and standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) in Sichuan Province, China. Scientific Reports, 11 (1): 1280. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80527-3>
- Lorenzo-Lacruz, J., S.M. Vicente-Serrano, J.I. López-Moreno, S. Beguería, J.M. García-Ruiz & J.M. Cuadrat, 2010. The impact of droughts and water management on various hydrological systems in the headwaters of the Tagus River (central Spain). Journal of Hydrology, 386: 13-26. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.01.001>
- Mathbout, S., J.A. Lopez-Bustins, J. Martin-Vide, J. Bech & F.S. Rodrigo, 2018. Spatial and temporal analysis of drought variability at several time scales in Syria during 1961-2012. Atmospheric Research, 200: 153-168. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2017.09.016>
- McKee, T.B., N.J. Doesken & J. Kleist, 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Eighth Conference on Applied Climatology, 1-22 January 1993, Anaheim, California.
- Mengü, G. P., T. Yildirim, E. Özçakal & E. Akkuzu, 2019. Temporal change of climatological precipitation deficit index in the Buyuk Menderes Basin, Turkey. Agronomy Journal, 111 (1): 336-342. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.03.0151>
- Mengü, G.P., S. Anaç & E. Özçakal, 2011. Kuraklık yönetim stratejileri, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 48 (2): 175-181. <https://dergipark.org.tr/en/pub/zfdergi/issue/5101/69652>
- MGM, 2019. Türkiye iklim verileri, <https://www.mgm.gov.tr/index.aspx>. (Erişim tarihi: 01.11.2019)
- Milly, P.C.D. & K.A. Dunne, 2016. Potential evapotranspiration and continental drying. Nat. Clim. Chang., Vol 6, October 2016, 946-949. <https://doi.org/10.1038/NCLIMATE3046>
- Mirgol, B., M. Nazari, H.R. Etedali & K. Zamanian, 2021. Past and future drought trends, duration, and frequency in the semi-arid Urmia Lake Basin under a changing climate. Meteorological Applications, 28 (4): e2009. <https://doi.org/10.1002/met.2009>
- Mishra, A. K. & V.P. Singh 2010. A review of drought concepts. Journal of hydrology, 391 (1-2): 202-216. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.012>
- Mulla, D.J. & A.B. McBratney, 2002. Soil spatial variability. Soil physics companion, 343373.
- Musei, S.K., J.M. Nyaga & A.Z. Dubow, 2021. SPEI-based spatial and temporal evaluation of drought in Somalia, Journal of Arid Environments, 184 (2021) 104296: 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104296>

- Özçelik, Ş., G.P. Mengü & E. Akkuzu, 2012, "Standart Yağış Evapotranspirasyon İndisi ile Gediz Havzasında Kuraklık Analizi, P59". II. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu (24-25 Mayıs 2012, İzmir) Bildirileri, 1268 s.
- Özçelik, Ş., G.P. Mengü & E. Akkuzu, 2019, "Standart Yağış Evapotranspirasyon İndisi ile Büyük Menderes Havzasında Kuraklık Analizi, 149". 6. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi (12-14 Kasım 2019, İzmir), 213 s.
- Pei, Z., S. Fang, L. Wang & W. Yang, 2020. Comparative analysis of drought indicated by the SPI and SPEI at various timescales in inner Mongolia, China. *Water*, 12 (7): 1925. <https://doi.org/10.3390/w12071925>
- Pettitt, A. N., 1979. A non-parametric approach to the change point problem. *Journal of the Royal Statistical Society Series C, Applied Statistics* 28: 126-135.
- Potop, V., M. Možný & J. Soukup, 2012. Drought evolution at various time scales in the lowland regions and their impact on vegetable crops in the Czech Republic. *Agricultural and Forest Meteorology*, 156: 121-133.
- Potopová, V., P. Štěpánek, M. Možný, L. Türkott & J. Soukup, 2015. Performance of the standardised precipitation evapotranspiration index at various lags for agricultural drought risk assessment in the Czech Republic. *Agricultural and Forest Meteorology*, 202: 26-38. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.11.022>
- Spinoni, J., G. Naumann, J. Vogt & P. Barbosa, 2016. Meteorological droughts in Europe: events and impacts-past trends and future projections. <http://dx.doi.org/10.2788/450449>
- Vermes, L., 1998. "How to Work Out a Drought Mitigation Strategy: An ICID Guide". DVWK Guidelines for Water Management, ISSN 0937-3209, No. 309: 29 pp.
- Vicente-Serrano, S. M., S. Beguería, J. Lorenzo-Lacruz, J.J.Camarero, J.I. López-Moreno, C. Azorin-Molina,... & A. Sanchez-Lorenzo, 2012b. Performance of drought indices for ecological, agricultural, and hydrological applications. *Earth Interactions*, 16 (10): 1-27. <https://doi.org/10.1175/2012EI000434.1>
- Vicente-Serrano, S. M., S. Beguería, L. Gimeno, L. Eklundh, G. Giuliani, D. Weston,... & G.G. Pegram, 2012a. Challenges for drought mitigation in Africa: The potential use of geospatial data and drought information systems. *Applied Geography*, 34: 471-486. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.02.001>
- Vicente-Serrano, S.M., S. Begueria & J.I. Lopez-Moreno, 2010. A Multiscalar drought index sensitive to global warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index, *Journal of Climate*, 23: 1696-1718. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>
- Wang, H., S.M. Vicente-Serrano, F. Tao, X. Zhang, P. Wang, C. Zhang, Y. Chen, D. Zhu & A.E. Kenawy, 2016. Monitoring winter wheat drought threat in Northern China using multiple climate-based drought indices and soil moisture during 2000-2013. *Agricultural and Forest Meteorology*, 228: 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.06.004>
- Wijngaard, J.B., A.M. Klein Tank & G.P. Können, 2003. Homogeneity of 20th Century European Daily Temperature And Precipitation Series, *International Journal of Climatology*, 23: 679-692. <https://doi.org/10.1002/joc.906>
- Wilhite, D. A., 1993. *Drought Assessment, Management, and Planning: Theory and Case Studies (Vol. 2)*. Springer Science & Business Media. 294 pp. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3224-8>
- Wilhite, D.A. & M.H. Glantz, 1985. Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water Int.*, 10: 111-120. <https://doi.org/10.1080/02508068508686328>
- Yeşilirmak, E. & L. Atatanır, 2016. Spatiotemporal variability of precipitation concentration in Western Turkey, *Nat. Hazards*, 81: 687-704. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-2102-2>
- Zhang, B., X. Zhao, J. Jin & P. Wu, 2015. Development and evaluation of a physically based multiscalar drought index: The Standardized Moisture Anomaly Index, *JGR Atmospheres*, 120: 11575-11588. <https://doi.org/10.1002/2015JD023772>
- Zhao, H., G. Gao, W. An, X. Zou, H. Li & M. Hou, 2017. Timescale differences between SC-PDSI and SPEI for drought monitoring in China. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts a/b/c*, 102: 48-58. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2015.10.022>

## Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (3):529-538

<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1319189>

Mehmet Roni GÖK<sup>1</sup> 

Erdal ÇAÇAN<sup>2\*</sup> 

<sup>1</sup> Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,  
Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 12010, Merkez,  
Bingöl, Türkiye

<sup>2</sup> Bingöl Üniversitesi, Gıda, Tarım ve  
Hayvancılık Meslek Yüksekokulu, Bitkisel  
ve Hayvansal Üretim Bölümü, 12010,  
Merkez, Bingöl, Türkiye

\* Sorumlu yazar (Corresponding author):

[ecacan@bingol.edu.tr](mailto:ecacan@bingol.edu.tr)

# Farklı sıra aralıklarının Macar fiğinde (*Vicia pannonica* Crantz.) ot verimi ve kalitesi ile arıcılık açısından önem arz eden bazı özellikler üzerine etkileri\*

The effect of different row spacing on forage yield, forage quality and some important features for beekeeping in Hungarian vetch (*Vicia pannonica* Crantz.)

\* Bu makale birinci yazarın yüksek lisans tezinden özetlenmiştir. Araştırma, Bingöl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından PİKOM-Bitki.2019.001 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Alınış: (Received):23.06.2023

Kabul Tarihi (Accepted): 30.09.2023

## ÖZ

**Amaç:** Bu araştırma, Bingöl ili ekolojik koşullarında Macar fiğinde farklı sıra aralıklarının ot verimi, ot kalitesine ve arıcılık açısından önem arz eden bazı özellikler üzerindeki etkisini ortaya koymak amacıyla yürütülmüştür.

**Materyal ve Yöntem:** Araştırma, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüş ve beş farklı sıra aralığı (20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm) araştırma konusu olarak ele alınmıştır.

**Araştırma Bulguları:** Farklı sıra aralıklarının yeşil ve kuru ot verimi, fosfor oranı, bal arılarının çiçekte kalma süresi ve metrekaire başına çiçek sayısı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Araştırmada en yüksek yeşil ot verimi ve kuru ot verimi 20 cm sıra aralığında, en yüksek fosfor oranı ve en fazla bal arılarının çiçekte kalma süreleri 20 cm ve 30 cm sıra aralığında ve en fazla metrekaire başına çiçek sayısı da 40 cm sıra aralığında tespit edilmiştir.

**Sonuç:** Macar fiğinin ot verimi amaçlı yetiştiriciliğinin yapılması durumunda 20 cm sıra aralığının, arı merası olarak değerlendirilmesi durumunda ise en fazla metrekaire başına çiçek sayısı 40 cm sıra aralığından elde edildiği için bu sıra aralığının tercih edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

## ABSTRACT

**Objective:** This research was carried out to determine the effect of different row spacings on yield, quality, and some features of importance for beekeeping in Hungarian vetch in Bingöl ecological conditions.

**Material and Methods:** The study was conducted using a randomized blocks experimental design, with three replications and five different row spacing (20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm) were considered as the research subject.

**Results:** The effects of different row spacing on forage and dry matter yield, phosphorus rate, duration of stay in flower of honeybees and number of flowers per square meter were statistically significant. The highest forage and dry matter yield were determined in 20 cm row spacing, the highest phosphorus rate and the maximum stay of honeybees at flower in 20 and 30 cm row spacings, and the maximum number of flowers per square meter was determined in 40 cm row spacing.

**Conclusion:** It has been concluded that a row spacing of 20 cm should be preferred when Hungarian vetch is cultivates for forage production. However, if evaluated as a bee pasture, it has been concluded that a row spacing of 40 cm should be preferred since the maximum number of flowers is obtained from that spacing.

**Anahtar sözcükler:** Arı bitkisi, arı merası, arı sayısı, çiçek sayısı, mineraller

**Keywords:** Bee plant, bee pasture, number of bees, number of flowers, minerals

## GİRİŞ

Hayvansal üretimde girdi maliyetlerinin yüksek oluşu, Türkiye’de hayvancılıkta başlıca sorunlardan biri haline gelmiştir. Bu maliyetlerin yaklaşık olarak %70’ini yemler oluşturmaktadır. Özellikle kaba yemler bu artışlar arasında başı çekmektedir. Türkiye’de kaba yem üretimi önemli oranda artış göstermiş olsa da yeterli gelmemekte ve kaliteli kaba yem açığını kapatmamaktadır (Özkan & Demirbağ, 2016).

Özellikle birçok bölgede hayvancılık yapan üreticiler, doğal çayır mera alanlarını kullanmaktadırlar. Uzun yıllar meraların yönetim ilkelerine uygun olmayan kullanımları sonucu, üretmiş oldukları otun verim ve kalitelerinde ciddi düşüşler olmuştur. Bu meraları yeteri kadar değerlendiremeyen hayvanların verimleri de doğru orantılı olarak düşmektedir (Yolcu & Tan, 2008; Budak, 2017).

Çayırılık alan ve meralar üzerindeki düzensiz ve aşırı otlatmadan kaynaklı baskıyı azaltmanın yollarından bir tanesi de tarla tarımı içerisinde yem bitkileri yetiştiriciliğine ağırlık verilmesidir. Yem bitkileri içerisinde de fiğler, önemli bir grubu oluşturmaktadır. Besin değerinin yüksek ve tek yıllık olması, kıraç alanlarda da tarımının yapılabilmesinden dolayı fiğler hayvan beslemede çok tercih edilmektedir.

Fiğlerin gövdelerinin ince yapılı ve yapraklarının bol olmasından dolayı, hayvanlar tarafından sevilerek tüketilmektedir (Tekce & Gül, 2014). Fiğler, yaş ve kuru ot elde etmek amacıyla yetiştirilmeye elverişlidir. Fiğ kuru otunda protein oranı %12-20 olmakla birlikte bu oran türlere göre değişmektedir. Aynı zamanda taneleri protein ve enerji bakımından zengin olduğundan kesif yem olarak da kullanılmaktadır. Bu özellikler göz önüne alındığında fiğ tarımı, kaliteli ve maliyeti düşük kaba yem temini için oldukça avantajlı olduğu anlaşılmaktadır (Temel & Şahin, 2011). Fiğ türleri çoğunlukla tek yıllıktır. Bu özelliğinden dolayı arpa, buğday, patates, ayçiçeği gibi bitkilerle ekim nöbetine uygundur. Ön bitki olarak fiğ ekilmesi, tarladaki suyun ekonomik kullanılması ve kendinden sonraki bitkiye azot fikse etmesi açısından da yetiştiriciler için avantaj sağlamaktadır. Organik madde bakımından yetersiz olan toprakların ıslahında yeşil gübre bitkisi olarak fiğler kullanılmaktadır. Fiğler, çiçeklenme döneminde sürülerek toprağa karıştırılması sonucunda, topraktaki organik madde miktarını artırarak toprak yapısını iyileştirdiği bilinmektedir (Uzun vd., 2005; Avcıoğlu vd., 2009).

Macar fiğinin tarımı ilk defa Macaristan’da yapılmıştır. Bu nedenle ismini oradan almaktadır (Balabanlı, 2009) ve bu tür soğuğa ve kuraklığa oldukça dayanıklıdır. Tek yıllık baklagil bir yem bitkisi olan Macar fiği, ağır killi topraklarda da yetişir (Aşçı & Üney, 2016). Tarlada ekimi yapılan Macar fiğinin dekar başına kuru ot verimi 750, tohum olarak verimi 50-150 kg arasında olup, diğer fiğ türlerine göre yetiştirilmesi kolay ve tohum dökme sorunu azdır (Açıkgöz, 2021). Tohum üretmek amacıyla yetiştirilen Macar fiğinin tohumları alındıktan sonra kalan atıkları, kaba yem kaynağı olarak hayvancılıkta önemli yer tutmaktadır (Uçar vd., 2022). Soğuğa ve kuraklığa dayanıklılığı, ağır killi topraklarda yetişebilmesi gibi özelliklerinden dolayı Macar fiği, Türkiye’de yem bitkileri üretiminin artırılması açısından önemli bir türdür (Açıkgöz, 2021).

Türkiye İstatistik Kurumu tarafından 2021 yılında ülkemizde 810.911 da alanda yeşil ot amaçlı, 81.032 da alanda da tohum amaçlı Macar fiği ekimi yapıldığı, bu ekim alanlarından 1.097.255 ton yeşil ot, 9.669 ton tohum üretimi yapıldığı ve dekar başına yeşil otun 1.354 kg ve tohum veriminin 119 kg olduğu rapor edilmiştir (TÜİK, 2022).

Kültür bitkilerinde ekim sıklığı, ekim zamanı, sıra arası, sıra üzeri ve ekim derinliği gibi uygulamaların verim üzerinde olumlu ve olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bu uygulamalar arasında yer alan sıra arası mesafenin diğer kültür bitkilerinde olduğu gibi Macar fiğinde de verim ve kalite üzerinde etkisi bulunmaktadır. Macar fiği tarımında sıra arası mesafe, tohum veya ot yetiştiriciliğine göre farklılıklar göstermektedir.

Daha önce yapılan araştırmalarda, tohum üretimi amaçlı yetiştiricilikte sıra arası mesafenin 35-50 cm, tohumluk miktarının 6-8 kg/da, ot üretimi amaçlı yetiştiricilikte ise sıra arası mesafenin 18-20 cm ve tohumluk miktarının da 10-12 kg/da arasında olması gerektiği bildirilmiştir (Avcıoğlu vd., 2009; Süzer, 2022). Sıra arası mesafenin verim üzerindeki etkisi, iklim ve toprak koşullarına göre farklılıklar gösterebilmektedir.

Macar fiğinin bir diğer özelliği de çiçeklenme aşamasında arı merası olarak kullanılabilmesidir. Tarla tarımı içerisinde Macar fiği özellikle kışlık bitki olarak yoğun ekildiğinden ilkbahar aylarında çiçeklenme döneminde arılar için polen ve nektar kaynağı olarak değerlendirilebilmektedir. Macar fiğinin çiçeklenme periyodundaki süre dikkate alındığında, arıların kış mevsiminden sonra bu bitkiden önemli oranda yararlanabildiği ve bu nedenle Mayıs ayının ilk yarısına kadar bu bitkiden arı merası olarak istifade edilebildiği bilinmektedir (Çaçan vd., 2020; Kutlu vd., 2022).

Macar fiğinin arıcılık açısından önemi de dikkate alınarak, sıra arası mesafelerin ot verimi ve kalitesi ile arıcılık açısından önem arz eden bazı özellikler üzerindeki etkisinin ortaya konulması amacıyla bu çalışma yürütülmüştür.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Materyal

Bu çalışması, 2021-2022 yılı yetiştirme sezonunda Bingöl Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi uygulama arazisinde yürütülmüştür. Çalışmada, bitkisel materyal olarak 1998 yılında tescil edilen ve Bingöl İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'nden temin edilen Macar fiğinin Tarm Beyazı-98 çeşidi kullanılmıştır. Tarm Beyazı-98 çeşidinin ana sap uzunluğu 40-80 cm, çiçek rengi beyaz, çiçekler 13-17 mm uzunluğunda salkım şeklinde, tohum rengi siyah benekli, noktalı, yuvarlak ve 1000 dane ağırlığı 35-50 g arasındadır. Orta Anadolu Bölgesi ve benzer ekolojik şartlarda kışlık olarak yetiştirilebilen, kuru ot verimi 200-400 kg/da, tane verimi 75-150 kg/da, kışa ve kuraklığa dayanıklılığı iyi, tahıllar ile karışım şeklinde kuru ot ve silaj üretmek amacıyla yetiştirilebilen bir çeşittir (Anonymous, 2022).

Bingöl Meteoroloji Genel Müdürlüğünden elde edilen Bingöl ilinin aylık sıcaklık, toplam yağış ve nispi nem değerleri ile ilgili veriler Çizelge 1'de verilmiştir. Çalışmanın yürütüldüğü aylara ait ortalama sıcaklık değerinin 8,8 °C, toplam yağışın 954 mm, nispi nem oranının %60,1 olduğu görülmüştür. Denemenin yürütüldüğü 2021-2022 yetiştirme sezonunun uzun yıllar (1975-2018) ortalamasına göre daha yüksek sıcaklık, yağış ve nispi nem değerlerine sahip olduğu görülmüştür.

**Çizelge 1.** Bingöl ilinin uzun yıllar ile 2021-2022 yıllarına ait bazı iklim verileri

**Table 1.** Some climate data of Bingöl province for 2021-2022 and for long years

Aylar (2021-2022)	Ortalama Sıcaklık (°C)		Toplam Yağış (mm)		Nispi Nem (%)	
	Uzun Yıllar	2021-2022	Uzun Yıllar	2021-2022	Uzun Yıllar	2021-2022
Ekim	14.5	14.8	69.0	72.6	56.4	41.8
Kasım	6.8	9.4	94.7	67.2	65.2	66.5
Aralık	0.7	1.4	131.1	109.1	73.1	72.5
Ocak	-2.3	-2.2	139.4	191.5	69.3	75.4
Şubat	-1.1	1.8	128.7	82.4	60.2	71.9
Mart	4.2	1.9	129.8	259.7	62.4	71.1
Nisan	10.8	13.9	116.4	50.7	50.2	45.2
Mayıs	16.3	15.1	76.2	99.0	33.3	56.2
Haziran	22.0	23.0	20.6	22.0	30.2	40.3
<b>Ortalama/Toplam</b>	<b>8.0</b>	<b>8.8</b>	<b>906</b>	<b>954</b>	<b>55.6</b>	<b>60.1</b>

Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Laboratuvarı'nda yapılan toprak analizi sonucunda; deneme alanının toprak yapısının killi-tınlı, pH 6.26 (hafif asidik), tuz oranı %0.014 (tuzsuz), organik madde oranı %1.09 (az), kireç oranı %0.41 (az), potasyum içeriği 18,27 kg/da (az) ve fosfor içeriği 7,60 kg/da (orta) olarak tespit edilmiştir.

### Yöntem

Tarla denemesi, sürümün ardından tesviyesi yapılan arazide tesadüf blokları deneme deseni göre dört tekerrürlü olacak şekilde kurulmuştur. Macar fiğinde sıra aralıkları olarak 20, 30, 40, 50 ve 60 cm

olmak üzere beş farklı sıra aralığı kullanılmıştır. Denemede parsel boyları 5 m olup, her parselde 6 sıra yer almıştır. Deneme alanı toplam 20 parselden oluşmuş ve mekanik karışmayı önlemek amacıyla tekerrürler ve bloklar arasında 100 cm boşluk bırakılmıştır. Deneme alanının boyu 14 m, eni 23 m olmak üzere, toplam deneme alanı 322 m<sup>2</sup> olmuştur. Deneme alanına ekim aşamasında 4 kg azot ve 8 kg fosfor gelecek şekilde gübreleme yapılmış ve dekara 12 kg tohumluk kullanılmıştır. Denemenin ekimi, 01 Ekim 2021 tarihinde yapılmıştır. Aşağıda yöntemi verilen bitki boyu ve yeşil ot verimi parsellerin tam çiçeklenme dönemi olan 26 Mayıs 2022 tarihinde alınmıştır. Arıcılık ile ilgili gözlemler olan metrekaire başına arı sayısı, arıların çiçekte kalma süreleri ve metrekaire başına çiçek sayıları da 19, 23, 26, 30 Mayıs ve 02 Haziran 2022 tarihlerinde olmak üzere beş farklı zamanda alınmıştır.

Parsellerden 10 adet bitki tesadüfi olarak seçilmiştir. 10 adet bitkinin toprak yüzeyi ile en üst noktası cm cinsinden ölçülerek ve ortalaması alınarak, parsellerin bitki boyları belirlenmiştir. Her bir parselden 1 m<sup>2</sup>'lik alan hasat edilmiştir. Hasat edilen alandan elde edilen ot miktarı tartılarak yeşil ot verimi elde edilmiştir. Tartılan yeşil ottan 500 g örnek alınarak 70 °C'de 48 saat kurutulmuştur. Kurutulan ot miktarı, yeşil ot miktarına bölünerek kuru ot oranı elde edilmiştir. Kuru ot oranı, yeşil ot verimi ile çarpılması sonucundan da kuru ot verimi hesaplanmıştır (Anonymous, 2001).

Kuru ot örneklerinin ham protein, asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF), nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF) oranları ile makro elementlerden fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) oranlarına ait analizler, NIRS (Near Infrared Spectroscopy) cihazı yardımıyla yapılmıştır.

20, 30, 40, 50 ve 60 cm sıra aralıklarında ekilen Macar fiğinin her parselinde dört tekerrür olacak şekilde bir metrekaire alan, kazıklar çakılarak belirlenmiştir. Belirlenen bir metrekaire alanda haftada iki gün 09:00, 12:00 ve 15:00 saatlerinde olmak üzere günün üç farklı zamanında ve 5 dakika süre içerisinde bitkileri ziyaret eden arıların sayımı yapılmıştır. Bu işleme bitkilerin çiçeklenmesi ile başlanmış ve çiçeklenme sonuna kadar her hafta, haftada iki defa olacak şekilde devam edilmiştir. Macar fiğinin her parselinde dört tekerrür olacak şekilde bir metrekaire alanda arıların çiçekte kalma süreleri saniye tutularak belirlenmiştir. Arı ziyareti ile ilgili sayımlar için belirlenen bir metrekaire alan içerisindeki çiçek sayısı adet olarak sayılarak belirlenmiştir (Çağan vd., 2022; Kutlu vd., 2022).

Tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak elde edilen verilere varyans analizi uygulanmış ve farklılıklar ile benzerlikler LSD testi ile değerlendirilmiştir.

## ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

### Macar fiğinin farklı sıra aralıklarında belirlenen verim ve kalite özellikleri

Macar fiğinin farklı sıra aralıklarında tespit edilen bitki boyu, ham protein, ADF ve NDF oranları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemsiz, yeşil ve kuru ot verimleri açısından tespit edilen farklılığın ise önemli olduğu ( $P \leq 0.01$ ) belirlenmiştir. Macar fiğinin farklı sıra aralıklarında bitki boyları 64.6-79.8 cm, yeşil ot verimleri 1108-2370 kg/da, kuru ot verimleri 196-422 kg/da, ham protein oranları %24.4-27.0, ADF oranları %24.5-27.3 ve NDF oranları %30.0-32.5 arasında değişmiştir. Farklı sıra aralıklarının bitki boyu, ham protein, ADF ve NDF üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuştur. En yüksek yeşil ve kuru ot verimi (2370 kg/da, 422 kg/da) 20 cm sıra aralığından, en düşük yeşil ve kuru ot verimleri ise istatistiksel olarak aynı grupta 30 cm, 40 cm, 50 cm ve 60 cm sıra aralıklarından elde edilmiştir (Çizelge 2).

En yüksek yeşil ot ve kuru ot verimi 20 cm sıra aralığından elde edilmiştir. İstatistiksel olarak farklılık göstermemesine rağmen 20 cm sıra aralığında en yüksek bitki boyunun da elde edildiği görülmektedir. Sıra arası mesafe artışına bağlı olarak bitki boyu, yeşil ot ve kuru ot verimlerinin düştüğü görülmüştür. Sık yapılan ekimlerde bitkiler, su ve besin maddesi açısından rekabete girmektedir (Alatürk vd., 2021). Dolayısıyla dar sıra aralıklarında yapılan ekimlerde daha yüksek bitki boyu ve verim değerlerinin elde edildiği ön görülmektedir. Bu çalışmadan elde edilen verim özelliklerinden bitki boylarının Seydoşoğlu (2014), yeşil ot veriminin Sayar vd. (2012) ve Hashalıcı vd. (2017), kuru ot veriminin ise Bayar & Çağan (2019) ile Çağan vd. (2021) tarafından elde edilen bulgular ile benzer olduğu görülmüştür.



**Çizelge 2.** Macar fiğinin farklı sıra aralıklarında belirlenen bitki boyu, yeşil ve kuru ot verimleri ile ham protein, ADF, NDF oranları

**Table 2.** Plant height, forage and dry matter yields, crude protein, ADF, and NDF ratios determined in Hungarian vetch under different row spacings

Sıra Aralığı	Boy (cm)	Yeşil Ot (kg/da)	Kuru Ot (kg/da)	Ham Protein (%)	ADF (%)	NDF (%)
20 cm	79.8	2370 a	422 a	26.0	26.4	31.3
30 cm	68.5	1257 b	239 b	27.0	24.5	29.7
40 cm	76.6	1426 b	255 b	24.4	25.7	31.4
50 cm	67.7	1490 b	256 b	24.7	27.3	32.5
60 cm	64.6	1108 b	196 b	26.0	25.5	30.0
Ortalama	71.4	1530	273	25.6	25.9	31.0

Bu çalışmadan elde edilen kalite özelliklerinin sıra aralıkları açısından istatistiksel olarak bir farklılık göstermediği ve ham protein oranlarının Bayar & Çağan (2019), Çağan vd. (2021), ADF oranlarının Güzeloğulları ve Albayrak (2016), NDF oranlarının da Çağan vd. (2021) tarafından elde edilen bulgular ile benzerlikler gösterdiği görülmüştür. Bu çalışmada elde edilen ham protein oranlarının daha önceki çalışmalardan elde edilen ham protein oranlarından bir miktar daha yüksek, NDF oranlarının da bir miktar düşük olduğu görülmüştür. Bitkinin erken veya geç biçilmesi, elde edilen ham protein oranı ve NDF üzerinde etkili olmaktadır. Dolayısıyla farklı çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilebilmektedir.

### Macar fiğinin farklı sıra aralıklarında belirlenen makro element içerikleri

Macar fiğinin farklı sıra aralıklarında tespit edilen potasyum, kalsiyum ve magnezyum oranları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemsiz, fosfor oranları arasında tespit edilen farklılığın ise önemli olduğu ( $P \leq 0.05$ ) belirlenmiştir (Çizelge 3).

**Çizelge 3.** Macar fiğinin farklı sıra aralıklarında belirlenen fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum oranları

**Table 3.** Phosphorus, potassium, calcium and magnesium ratios determined in Hungarian vetch under different row spacings

Sıra Aralığı	Fosfor (%)	Potasyum (%)	Kalsiyum (%)	Magnezyum (%)
20 cm	0,38 ab	2,42	1,88	0,41
30 cm	0,40 a	2,59	1,85	0,41
40 cm	0,40 a	2,49	1,94	0,42
50 cm	0,37 b	2,72	1,83	0,41
60 cm	0,36 b	2,74	1,81	0,40
Ortalama	0,38	2,59	1,86	0,41

Macar fiğinin farklı sıra aralıklarında fosfor oranları %0.36-0.40 arasında değişim göstermiş olup, ortalaması %0.38 olarak tespit edilmiştir. En yüksek fosfor oranı 20 cm, 30 cm ve 40 cm sıra aralıklarında, en düşük fosfor oranları ise 50 cm ve 60 cm sıra aralıklarında tespit edilmiştir. Macar fiğinin farklı sıra aralıklarında potasyum oranları %2.42-2.74, kalsiyum oranları %1.81-1.94 ve magnezyum oranları ise %0.40-0.42 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 3).

Sıra arası mesafenin sadece fosfor içeriği üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Bitkilerin fosfor içerikleri, toprağın içerdiği fosfor oranı ile ilişkilidir. Toprakta yeteri kadar fosfor bulunmasına rağmen, sıra arası mesafe arttıkça bitkilerin topraktaki fosfordan daha az istifade ettiği anlaşılmaktadır. Bitkilerin toprak yüzeyinde gösterdikleri rekabet toprak altında da devam etmektedir. Dolayısıyla rekabetin fazla olduğu dar sıra aralıklarında bitki köklerini daha derine indirdiği ve dolayısıyla toprağın alt katmanlarındaki fosfordan daha fazla istifade ettiği düşünülmektedir. Bu nedenle dar sıra aralıklarında yetiştirilen bitkilerin daha yüksek fosfor oranına sahip oldukları ön görülmektedir. Bu çalışmadan elde edilen bulguların, daha önceki çalışmalarda elde edilen %0.24-%0.40 fosfor, %1.48-3.09 potasyum, %1.00-1.79 kalsiyum ve %0.25-0.33 magnezyum (Orak vd., 2004; Gülümser & Acar 2017; Turan vd., 2018; Çağan vd., 2021; Uçar vd., 2022) oranları ile benzerlikler gösterdiği görülmüştür.

### Macar fiğinde sıra aralıklarının arıcılık açısından önemli olan bazı özelliklere etkisi

Macar fiğinin farklı sıra aralıklarında tespit edilen m<sup>2</sup> başına arı sayıları arasındaki farklılığın gün ve gün x sıra aralığı interaksyonu açısından istatistiksel olarak önemli olduğu (P≤0.01) görülmektedir (Çizelge 4).

Macar fiğinin farklı sıra aralıklarında belirlenen arı sayıları 11.6-13.2 adet arasında değişim göstermiş ve ortalaması 12.4 adet olarak belirlenmiştir. Sayım zamanı açısından bakıldığında arıların en fazla Macar fiğini 26 Mayıs tarihinde ziyaret ettiği görülmektedir. 19 Mayıs tarihinde 6.3 adet olarak belirlenen arı sayısının 26 Mayıs tarihinde en yüksek değerine ulaştığı ve bu tarihten sonra tekrar düştüğü görülmüştür. Gün x sıra aralığı interaksyonu açısından da bakıldığında en yüksek arı sayısının 30 Mayıs tarihinde ve 30 cm sıra aralığında, en düşük arı sayısının da 02 Haziran tarihine ve 30 cm ile 50 cm sıra aralıklarında tespit edildiği görülmektedir (Çizelge 4).

**Çizelge 4.** Macar fiğinin farklı sıra aralıklarında ve günlerde m<sup>2</sup> başına tespit edilen arı sayıları

**Table 4.** The number of bees detected per m<sup>2</sup> in Hungarian vetch under different row spacing on various days

Sıra Aralığı	19 Mayıs 2022	23 Mayıs 2022	26 Mayıs 2022	30 Mayıs 2022	02 Haziran 2022	Ortalama
20 cm	4.3gh	18.3 a-d	22.5abc	12.7 def	2.8gh	12.1
30 cm	6.5 e-h	17.0bcd	13.0 de	24.2 a	1.3 h	12.4
40 cm	6.3 e-h	23.2 ab	15.8 cd	18.5 a-d	2.2gh	13.2
50 cm	5.7fgh	17.2 a-d	22.2abc	16.5bcd	0.7 h	12.4
60 cm	8.7efg	11.5 def	23.5 ab	12.5 def	1.8gh	11.6
<b>Ortalama</b>	<b>6.3 C</b>	<b>17.4 B</b>	<b>19.4 A</b>	<b>16.9 B</b>	<b>1.8 D</b>	<b>12.4</b>

Arılar en çok, öğle saatinde m<sup>2</sup> başına 18.3 adet ile Macar fiğini ziyaret etmiştir. Sabah saati ikinci sırada yer almış ve öğleden sonra ise arıların en az Macar fiğini ziyaret ettiği saat olmuştur. Sıra aralığı açısından bakıldığında da arıların en çok 40 cm sıra aralığı ile ekilen Macar fiğini tercih ettiği görülmektedir (Çizelge 5).

Daha önce yapılan çalışmalara bakıldığında; Kuvancı vd. (2016) Samsun ili ekolojik koşullarında fazelya ve İskenderiye üçgülünde arı sayısı ortalamalarını 72.74 ve 53.90 adet, Geren & Kaymakkavak (2007) İzmir ilinin Bornova ilçesi ekolojik şartlarında arı otu bitkisinde arı sayısı ortalamasını 14.6 adet, Kızıllıışımşek & Ateş (2004) Kahramanmaraş ili ekolojik şartlarında arı otu bitkisinde arı sayısı ortalamasını 7.3 adet olarak bulduklarını bildirmişlerdir. Bu çalışmadan elde edilen bulguların, Geren & Kaymakkavak (2007) ve Kızıllıışımşek & Ateş (2004) tarafından elde edilen bulgular ile benzerlik gösterdiği görülmektedir.

**Çizelge 5.** Macar fiğinin farklı sıra aralıklarında ve saatlerde m<sup>2</sup> başına tespit edilen arı sayıları

**Table 5.** Number of bees detected per m<sup>2</sup> in Hungarian vetch under different row spacings on various hours

Sıra Aralığı	09:00	12:00	15:00	Ortalama
20 cm	15.8	16.1	4.5	12.1
30 cm	14.4	14.6	8.2	12.4
40 cm	11.6	21.1	6.9	13.2
50 cm	12.0	20.0	5.3	12.4
60 cm	7.7	19.9	7.2	11.6
<b>Ortalama</b>	<b>12.3</b>	<b>18.3</b>	<b>6.4</b>	<b>12.4</b>

Macar fiğinde arıların çiçekte kalma süresi arasındaki farklılığın gün (P≤0.01), sıra aralığı (P≤0.05) ve gün x sıra aralığı interaksyonu (P≤0.01) açısından istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir (Çizelge 6).

**Çizelge 6.** Macar fiğinin farklı sıra aralıklarında ve günlerde belirlenen arıların çiçekte kalma süreleri

**Table 6.** The duration of the bees in flower detected in Hungarian vetch under different row spacings on various days

Sıra Aralığı	19 Mayıs 2022	23 Mayıs 2022	26 Mayıs 2022	30 Mayıs 2022	02 Haziran 2022	Ortalama
20 cm	11.2 b-f	7.0 e-ı	15.6abc	7.9 d-ı	4.9ghı	9.3 AB
30 cm	17.0 a	7.3 e-ı	15.8 ab	6.2 f-ı	4.6ghı	10.2 A
40 cm	11.2 b-f	6.3 f-ı	13.0 a-d	7.3 e-ı	5.0ghı	8.6 B
50 cm	12.3 a-e	7.2 e-ı	10.1 c-g	7.5 d-ı	3.8 ı	8.2 B
60 cm	9.7 d-h	8.7 d-ı	15.6abc	6.8 e-ı	4.1hı	9.0 AB
Ortalama	12.3 B	7.3 C	14.0 A	7.1 C	4.5 D	9.0

Macar fiğinin farklı sıra aralıklarında belirlenen arının çiçekte kalma süreleri 8.2-10.2 saniye arasında değişim göstermiş ve ortalaması 9.0 saniye olarak belirlenmiştir. Arılar en fazla 30 cm sıra aralığındaki parselde kaldıkları görülmektedir. Arının çiçekte kalma süresine zaman açısından bakıldığında arıların en fazla çiçekte kalma süresinin 26 Mayıs tarihinde olduğu görülmektedir. 19 Mayıs tarihinde 12.3 saniye olarak belirlenen arının çiçekte kalma süresinin 26 Mayıs tarihinde en yüksek değerine ulaştığı ve bu tarihten sonra tekrar düştüğü görülmüştür. Gün x sıra aralığı interaksyonu açısından da bakıldığında arıların çiçekte kalma süresinin en fazla 19 Mayıs tarihinde ve 30 cm sıra aralığında, en düşük kalma süresinin ise 02 Haziran tarihinde ve 50 cm sıra aralığında tespit edildiği görülmektedir (Çizelge 6).

Macar fiği 26 Mayıs tarihinde en fazla çiçekli olduğu dönem olduğu için bu tarih, arıların en çok çiçekte kaldığı tarih olmuştur. 23 Mayıs tarihinde arıların çiçekte kalma sürelerinin 19 Mayıs tarihine göre bir miktar düştüğü görülmektedir. Bunun muhtemel nedeni o tarihlerde hava koşullarının elverişli olmamasından kaynaklanmaktadır. Arıların dar sıra aralıklarında daha uzun süre kaldıkları görülmektedir (20 ve 30 cm). Dar sıra aralığında ekilen bitkiler, bitkiler arasındaki rekabetten dolayı daha geç generatif döneme geçmektedir. Dolayısıyla arılar henüz tam gelişmemiş çiçeklerdeki nektarı toplamak için daha uzun süre çiçekte kalmaktadır. Bu nedenle dar sıra aralıklarında daha yüksek değerler elde edilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalara bakıldığında; Kutlu vd. (2022) Bingöl ili ekolojik koşullarında Macar fiğinde arının çiçekte kalma süresini 9.0 saniye, Çağan vd. (2022) Bingöl ili ekolojik koşullarında yemlik kolzada arının çiçekte kalma süresini 5.4 saniye ve Özdemir vd. (2022) Bingöl ili ekolojik koşullarında korungada arının çiçekte kalma süresini 5.4 saniye olarak tespit etmişlerdir.

Macar fiğinin m<sup>2</sup> başına çiçek sayısı arasındaki farklılığın gün, sıra aralığı ve gün x sıra aralığı interaksyonu açısından istatistiksel olarak önemli (P≤0.01) olduğu görülmektedir (Çizelge 7).

**Çizelge 7.** Macar fiğinin farklı sıra aralıklarında ve günlerde m<sup>2</sup> başına belirlenen çiçek sayıları

**Table 7.** The number of flowers per m<sup>2</sup> detected in Hungarian vetch under different row spacings on various days

Sıra Aralığı	19 Mayıs 2022	23 Mayıs 2022	26 Mayıs 2022	30 Mayıs 2022	02 Haziran 2022	Ortalama
20 cm	140 h	323 fg	945 a	385 ef	334 fg	425 BC
30 cm	124 h	527 de	566 cd	625 bcd	204 gh	409 C
40 cm	197 gh	657 bcd	978 a	692 bc	233 gh	551 A
50 cm	230gh	339 fg	702bc	522 de	296 fg	418 BC
60 cm	198gh	411 ef	564 cd	755 b	303 fg	446 B
Ortalama	178 E	451 C	751 A	596 B	274 D	450

Macar fiğinin farklı sıra aralıklarında belirlenen m<sup>2</sup> başına çiçek sayısı 551-409 adet arasında değişim göstermiş ve ortalaması 450 adet olarak belirlenmiştir. En fazla m<sup>2</sup> başına çiçek sayısı 40 cm aralığında tespit edilmiştir. m<sup>2</sup> başına çiçek sayısına zaman açısından bakıldığında m<sup>2</sup>'de en fazla çiçek sayısına 26 Mayıs tarihinde ulaşıldığı görülmektedir. 19 Mayıs tarihinde 178 adet olarak belirlenen m<sup>2</sup> başına çiçek sayısının 26 Mayıs tarihinde en yüksek değerine ulaştığı ve bu tarihten sonra tekrar düştüğü görülmüştür. Gün x sıra aralığı interaksyonu açısından da bakıldığında m<sup>2</sup> başına çiçek sayısının en fazla 26 Mayıs tarihinde ve 20 cm ile 40 cm sıra aralığında, en düşük m<sup>2</sup> başına çiçek

sayısına da 19 Mayıs tarihinde ve 20 cm ile 30 cm sıra aralıklarında tespit edildiği görülmektedir (Çizelge 7).

Macar fiğinde 19 Mayıs tarihinde belirlenen 178 adet çiçek sayısının zamanla artarak 26 Mayıs tarihinde en yüksek değerine ulaştığı görülmektedir. Bu tarihten sonra da çiçeklenmenin azaldığı görülmektedir. Çiçeklenmenin artarak bir yerde pik noktasına ulaşması ve sistematik bir şekilde azalması beklenen bir durumdur. Dar sıra aralıkları ile geniş sıra aralıklarında daha az sayıda çiçek sayısının elde edildiği ve çiçek sayısı açısından ideal sıra aralığının 40 cm olduğu görülmektedir. Bunun muhtemel nedeni; dar sıra aralıklarında ekilen bitkilerin (20 ve 30 cm) kendi aralarındaki rekabetten dolayı daha fazla vejetatif gelişme göstermeleri ve generatif döneme daha az sayıda bitkinin geçmesidir. Dolayısıyla dar sıra aralıklarında daha yüksek bitki boyu, yeşil ve kuru ot verimleri elde edilirken, daha düşük çiçeklenme oranı elde edilmektedir. Daha geniş sıra aralıklarında (50 ve 60 cm) daha düşük çiçek sayılarının elde edilmesinin nedeni de; Macar fiğinin daha geniş sıra aralıklarında daha fazla yatma eğilimi göstermesi ve bitki organlarının toprak ile daha fazla temas etmesi ile izah edilebilir. Bitkinin normalden daha fazla yatma göstermesi neticesinde daha az sayıda çiçek sayısına sahip olmasına yol açtığı ön görülmektedir. Daha önce yapılan çalışmalara bakıldığında; elde edilen bulguların Kutlu vd. (2022) tarafından Bingöl ili ekolojik koşullarında Macar fiğinde m<sup>2</sup> başına tespit edilen 377 adet çiçek sayısı ile paralellik gösterdiği, Kızılsimşek & Ateş (2004) tarafından Kahramanmaraş ili ekolojik şartlarında arı otu bitkisinin çiçeklenme döneminde elde edilen 647 adet çiçek sayısı, Çağan vd. (2022) tarafından Bingöl ili ekolojik koşullarında yemlik kolzada m<sup>2</sup> başına elde edilen 1123 adet çiçek sayısı ve Kuvancı vd. (2016) tarafından Samsun ili ekolojik koşullarında fazelya ve İskenderiye üçgülünde m<sup>2</sup> başına elde edilen 33600 ve 9500 adet çiçek sayılarından ise düşük olduğu görülmüştür.

## SONUÇ

Farklı sıra aralıklarında ekimi yapılan Macar fiğinin verim özelliklerine bakıldığında; bitki boyunun farklı sıra aralıklarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermediği, en yüksek yeşil ot ve kuru ot verimlerinin 20 cm sıra aralığından elde edildiği belirlenmiştir. Kalite özellikleri açısından bakıldığında; Macar fiğinin farklı sıra aralıklarında ham protein, ADF, NDF, potasyum, kalsiyum ve magnezyum oranları açısından istatistiki olarak anlamlı bir farklılık göstermediği ve en yüksek fosfor oranının 20 cm, 30 cm ve 40 cm sıra aralıklarından elde edildiği görülmüştür.

Farklı sıra aralıklarında ekimi yapılan Macar fiği arıcılık açısından değerlendirildiğinde; 26 Mayıs tarihinin arıların Macar fiğini en çok ziyaret ettiği, daha uzun süre çiçekte kaldıkları ve aynı zamanda Macar fiğinin m<sup>2</sup> başına en çok çiçek açtığı tarih olduğu görülmüştür. 30 cm sıra aralığı arıların en uzun süre çiçekte kaldıkları, 40 cm sıra aralığı da Macar fiğinin m<sup>2</sup> başına en çok çiçek açtığı sıra aralığı olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak; Bingöl ili ekolojik koşullarında Macar fiğinin ot verimi amaçlı yetiştiriciliğinin yapılması durumunda 20 cm sıra aralığının, arı merası olarak değerlendirilmesi durumunda ise m<sup>2</sup> başına en fazla çiçek sayısının 40 cm sıra aralığından elde edilmesinden dolayı 40 cm sıra aralığının ideal sıra aralığı olduğu sonucuna varılmıştır.

## KAYNAKLAR

- Açıkgöz, E., 2021. Yem bitkileri I. Cilt. Tarım ve Orman Bakanlığı, Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Alatürk, F., Ç. Çınar & A. Gökkuş, 2021. Farklı sıra aralıklarının bazı yem bezelyesi çeşitlerinin verim ve kalitesi üzerine etkileri. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 8 (1): 53-57.
- Anonymous, 2001. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü, Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatı, Fiğ Türleri, Ankara.

- Anonymous, 2022. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü. (Web sayfası: <https://www.tarimorman.gov.tr>) (Erişim Tarihi: 19.12.2022).
- Aşçı, Ö. Ö. & H. Üney, 2016. Farklı tuz yoğunluklarının Macar fiğinde (*Vicia pannonica* Crantz.) çimlenme ve bitki gelişimine etkisi. Akademik Ziraat Dergisi, 5 (1): 29-34.
- Avcıoğlu, R., R. Hatipoğlu & Y. Karadağ, 2009. Baklagil Yem Bitkileri. Tarım ve Köy işleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Cilt 1, s.14, İzmir.
- Balabanlı, C., 2009. "Macar fiği (*Vicia pannonica* Crantz.)". In: Baklagil Yem Bitkileri. (Ed. R. Avcıoğlu, R. Hatipoğlu & Y. Karadağ), Tarım ve Köy işleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, s.26-27, İzmir.
- Bayar, M. & E. Çaçan, 2019. "Farklı zamanlarda hasat edilen Macar fiğinde (*Vicia pannonica* Crantz) ot verimi ve bazı kalite özelliklerinin değişimi". 1. Uluslararası Harran Multidisipliner Çalışmalar Kongresi, 8-10 Mart 2019, Şanlıurfa.
- Budak, F., 2017. İğdir ekolojik şartlarında bazı Macar fiğ (*Vicia pannonica* Crantz) çeşitlerinin verim ve verim komponentlerinin belirlenmesi. Kahraman Maraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi, 20: 28-32.
- Çaçan E., H. Nursoy & E. Şahin, 2021. Macar fiğinin (*Vicia pannonica* Crantz) farklı ekim zamanlarına göre verim, kalite ve besin elementleri içeriklerinin değişimi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 31 (3): 733-741.
- Çaçan, E., K. Kökten & R. Uçar, 2020. "Arı Merası Tesis Etmenin Sürdürülebilir Tarım Açısında Avantajları ve Bu Amaçla Kullanılabilecek Bazı Bitkiler, 473-487". In: Tarımda Yenilikçi Yaklaşımlar; Sürdürülebilir Tarım ve Biyoçeşitlilik, (Ed. K. Kokten), Iksad Publishing House, Ankara, 536 s.
- Çaçan, E., M.A. Kutlu, R. Uçar, S. Özdemir, M. Ekmekçi, S. Mokhtarzadeh & Kökten, K., 2022. Yemlik kolzanın farklı ekim normlarının bazı verim özelliklerine etkisi ve arı merası olarak değerlendirilmesi. Uludağ Arıcılık Dergisi, 22 (1): 5-15.
- Geren, H. & D. Kaymakkavak, 2007. Farklı sıra arası uzaklıklarının kimi arı otu (*Phacelia tanacetifolia* Bentham) çeşitlerinde ot verimi ile verim ve kalite özelliklerine etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 44 (1): 71-85.
- Gülümser, E. & Z. Acar, 2017. Biçim zamanı ve tohum oranlarının Macar fiği tahıl karışımlarının bazı kalite özellikleri üzerine etkisi. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 31 (2): 14-21.
- Güzeloğulları, E. & S. Albayrak, 2016. Isparta ekolojik koşullarında farklı ekim ve hasat zamanlarının bazı fiğ (*Vicia* spp.) türlerinin ot verimi ve kalitesi üzerine etkileri. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 25 (2): 158-165.
- Hashalıcı, S., S. Uzun, H. Özaktan & M. Kaplan, 2017. Kayseri kıraç koşullarında yetiştirilen bazı Macar fiği çeşitlerinin ot verimleri ve kalitelerinin belirlenmesi. Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi 14 (2): 113-123.
- Kızılışımşek, M. & F. Ateş, 2004. Kahramanmaraş şartlarında arı otunun (*Phacelia tanacetifolia* Bentham) değişik ekim zamanlarındaki çiçeklenme seyri ve arı merası olarak değerlendirilmesi. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 7 (1): 25-32.
- Kutlu, M.A., R. Uçar, S. Özdemir, M. Ekmekçi, S. Mokhtarzadeh, K. Kökten & E. Çaçan, 2022. Macar fiğ çeşitlerinin bazı verim özelliklerinin belirlenmesi ve arı merası olarak değerlendirilmesi. *BeeStudies*, 14 (1): 1-7.
- Kuvancı, A., M. Deveci, F. Alay, N. Çankaya & M. Avcı, 2016. Balarılarının (*Apis mellifera* L.) bitki tercihlerinde İskenderiye üçgülü (*Trifolium alexandrinum* L.) ve fazelya (*Phacelia tanacetifolia* B.)'nin yeri. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 25 (2): 188-194.
- Orak, A., E. Ateş & F. Varol, 2004. Macar fiği (*Vicia pannonica* Crantz.)'nin farklı gelişme dönemlerindeki bazı morfolojik ve tarımsal özellikleri ile besin içeriği ilişkileri. Tarım Bilimleri Dergisi, 10 (4): 410-415.
- Özdemir, S., R. Uçar, M. Ekmekçi, S. Mokhtarzadeh, K. Kökten, E. Çaçan & M.A. Kutlu, 2022. Korunga çeşitlerinde bazı verim özelliklerinin belirlenmesi ve arı merası olarak değerlendirilmesi. Akademik Ziraat Dergisi, 11 (2): 277-284.
- Özkan, U. & N.Ş. Demirbağ, 2016. Türkiye'de kaliteli kaba yem kaynaklarını mevcut durumu. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 9 (1): 23-27.
- Sayar, M.S., H. Karahan, Y. Han, S. Tekdal & M. Başbağ, 2012. Kızıltepe ekolojik koşullarında bazı Macar fiğ (*Vicia pannonica* Crantz.) genotiplerinin ot verimi, ot verimini etkileyen özellikler ile özellikler arası ilişkilerin belirlenmesi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 5 (2): 126-130.
- Seydoşoğlu, S., 2014. Diyarbakır ekolojik koşullarında bazı Macar fiği genotiplerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. Türk Doğa ve Fen Dergisi, 3 (1): 50-53.

- Süzer, S., 2022. Macar Fiği Yetiştirilmesi. Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, (Web sayfası: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr>) (Erişim Tarihi: 23.12.2022).
- Tekce, E. & M. Gül, 2014. Ruminant beslemede NDF ve ADF'nin önemi. Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 9 (1): 63-73.
- Temel, S. & K. Şahin, 2011. Iğdır ilinde yem bitkilerinin durumu sorunları ve çözüm önerileri, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 21 (1): 64-72.
- Turan, N., M.A. Özyazıcı, S. Açıkbaş & S. Seydoşoğlu, 2018. Fiğ (*Vicia* sp.) cinslerine ait genotiplerin bazı makro element kapsamlarının belirlenmesi. III. Uluslararası Mesleki ve Teknik Bilimler Kongresi, 21-22 Haziran 2018, Gaziantep.
- TÜİK, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri. (Web sayfası: [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr)) (Erişim Tarihi: 12.12.2022).
- Uçar, R., M. Ekmekçi, E. Çaçan, S. Özdemir, K. Kökten, M.A. Kutlu & S. Mokhtarzadeh, 2022. Macar fiği (*Vicia pannonica* Crantz) çeşitlerinin kes verimi ve kes kalitesi açısından değerlendirilmesi. ADYUTAYAM, 10 (1): 75-82.
- Uzun, A., M. Öz, A. Karasu, H. Başar, İ. Turgut, A.T. Göksoy & E. Açıkgöz, 2005. Yeşil yem ve gübreleme amacıyla yetiştirilen adi fiğ (*Vicia sativa* L.)'den sonraki mısırın verim özellikleri. Uludağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 19 (2): 83-96.
- Yolcu, H. & M. Tan, 2008. Ülkemiz yem bitkileri tarımına genel bir bakış. Tarım Bilimleri Dergisi, 14 (3): 303-312.



## Derleme (Review)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2023, 60 (3):539-552  
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.1338227>

Mehmet Arif ÖZYAZICI <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Merkez, Siirt, Türkiye

\* Sorumlu yazar (Corresponding author):

[arifozyazici@siirt.edu.tr](mailto:arifozyazici@siirt.edu.tr)

# Baklagil yem bitkilerinde sekonder metabolitlerin tozlaşmadaki etkileri

## Effects of secondary metabolites on pollination in legume forage crops

Alınış: (Received):06.08.2023

Kabul Tarihi (Accepted): 20.09.2023

### ÖZ

Bitkiler, otoburlara karşı toksik, itici ve/veya beslenme karşıtı etkileri olan sekonder metabolitlerin sentezini içeren bir dizi savunma stratejisi geliştirmişlerdir. Genel olarak flavonoidler, alkaloidler ve terpenoidler sınıfında yer alan bu sekonder metabolitlerin, bitki savunmasındaki ekolojik işlevi iyi bilinmemekte; ancak, bitki-tozlayıcı etkileşimlerdeki rolleri henüz yeterince açık değildir. Mevcut bilgilere göre, çiçeğin nektar ve poleninde bulunan sekonder metabolitler; renk ve koku gibi cezbedici özellikleri ile tozlaşmada aracılık etme, tozlaşmada çok fazla katkısı olmayan böceklerden çiçeği ve nektarı koruma ve mikrobiyal aktiviteleri sayesinde tozlayıcılardaki hastalık etmenlerinin seviyesini azaltma gibi faydaları özellikleri ile tozlaşmada etkili olmaktadır. Bu derleme çalışmasında, baklagil yem bitkilerindeki sekonder metabolitlerin tozlaşmadaki etkileri üzerinde durulmuştur.

**Anahtar sözcükler:** Alkaloid, flavonoid, polifenol, sekonder metabolit, tozlayıcı

**Keywords:** Alkaloid, flavonoid, pollinator, polyphenol, secondary metabolite

### ABSTRACT

Plants have developed a number of defense strategies against herbivores, including the synthesis of secondary metabolites with toxic, repellent, and/or anti-nutritional effects. The ecological function of these secondary metabolites, which are generally classified as flavonoids, alkaloids and terpenoids, in plant defense is well known; however, their role in plant-pollinator interactions is not yet clear enough. According to available information, secondary metabolites found in flower nectar and pollen are effective in pollination like mediating pollination with the help of its attractive odour and color, protecting flowers and nectar from insects that do not contribute much in pollination, and reducing the level of disease factors in pollinators thanks to their microbial activities. In this review study, the effects of secondary metabolites in forage legumes on pollination were emphasized.

## GİRİŞ

Yeryüzünde biyoçeşitliliği ve ekosistem fonksiyonlarını koruyan bir ekosistem hizmeti olan tozlaşma (Barberis et al., 2023), bitkilerin üremesinde ve türlerin devamlılığının sağlanmasında (Kekillioğlu & Bostan, 2023) önemli bir süreçtir. Kapalı tohumluların çoğu kendi kendine uyumsuz olup, başarılı bir dölleme için tozlayıcılar tarafından polenin dişiçik borusuna taşınmasını gerektirir. Bu anlamda her bitki, uygun bir tozlayıcıya uyacak şekilde çiçek yapılarını geliştirmiştir (Harborne, 2001). Korolla tüpünün uzunluğu ve genişliği gibi çiçek morfolojisi, çiçeğin rengi ve kokusu ile nektar ve polenin özellikleri tozlayıcıları çekmede etkili çiçek yapıları olarak bilinmektedir. Bununla birlikte bitki-tozlayıcı ilişkileri çok sayıda faktörün etkisi altındadır (Bozek et al., 2023). Dolayısıyla doğada, farklı tozlaşma sistemleri bulunmaktadır (Harborne, 2001). Bu yönüyle de Leguminosae familyasında yer alan baklagil yem bitkilerine ait cins ve türler, farklı ve gösterişli çiçek yapıları ile dikkat çekmektedir.

Baklagil yem bitkileri hayvancılık sektörü açısından büyük önem taşımaktadır. Baklagil yem bitkilerinin, diğer bitkilere göre; daha az sera gazı salınımı nedeniyle sürdürülebilir tarım için de önemli yeri olması, biyolojik azot fiksasyon kapasitesine sahip olması ve bu sayede toprak verimliliğini iyileştirmesi ile buna bağlı olarak ekosistem bozulmasına karşı toprağın direncini arttırabilme potansiyeline sahip olması, ekim nöbeti sistemlerinin en önemli bileşenleri arasında yer alması, hayvansal üretimin kaba yem kaynaklarını oluşturması gibi bir dizi tarımsal yararları bulunmaktadır. Ayrıca, birçok baklagil yem bitkisi cins ve türleri; protein, vitamin ve minerallerce zengin olması nedeni ile, kaliteli yem kaynakları olarak tanımlanmaktadır. Bunun yanında baklagil yem bitkilerinin farklı gruplara sahip sekonder metabolitleri ürettikleri bilinmektedir (Özyazıcı, 2022).

Bitkiler, çeşitli organik bileşik gruplarını üretme ve sentezleme yeteneğine sahiptirler (Seigler, 1998). Bu anlamda sentezlenen birincil metabolitler, temel hücrel işlevlerle ilişkili bileşikler olup, bitkilerde yaygın olarak bulunurlar (Böttger et al., 2018). Buna karşılık, bitkilerin büyümesi ve yaşamsal faaliyetleri için gerekli olmayan, daha çok bitkilerin çevreleriyle etkileşimi için gerekli olan ve strese yanıt olarak üretilen metabolik ürünler veya ara ürünler olarak bilinen sekonder metabolitler (Meena, 2020), çok daha spesifik işlevlere sahiptirler (Jamieson et al., 2017; Böttger et al., 2018). Genellikle türe özgü olan bu bileşiklerin (Böttger et al., 2018), önemli fonksiyonlarından biri de tozlaşmadaki rolleridir. Bu anlamda çiçekteki sekonder metabolitler ve renk pigmentleri kimyasal cezbedicilerin biyokimyasını oluşturmaktadır. Bu derleme çalışmasında, baklagil yem bitkilerinde sekonder metabolitlerin tozlaşmadaki cezbedici özelliklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## Sekonder Metabolitler

### Sekonder metabolitlerin tanımı ve önemli işlevleri

Birincil metabolizmadan farklı olarak, ikincil metabolizma, organizmanın büyümesi ve çoğalması için gerekli olmayan metabolik yolları ifade eder; ve bunlarla ilişkili küçük moleküler ürünler de sekonder metabolitler olarak bilinir (Yang et al., 2018). Bir başka ifade ile, bitkilerde; bu ikincil metabolik yollar, bitki sekonder metabolitleri adı verilen çeşitli bileşikler üretir (Pang et al., 2021).

Bitki sekonder metabolitlerinin bazı önemli işlevleri aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir:

- Tohum çimlenmesinin uyarıcılarıdır. Örneğin, strigolaktonlar (Brun et al., 2018).
- Bitki büyümesi ve gelişme süreçlerinde, bağışıklık sistemlerinde rol oynarlar (Piasecka et al., 2015).
- Bitkilerde savunma mekanizmalarının gelişmesinde savunma yanıtı sinyali olarak görev alırlar (Isah, 2019).
- Bitkilerde abiyotik ve biyotik streslere karşı tolerans mekanizmasının geliştirilmesinde etkili olurlar (Yang et al., 2018; Ku et al., 2020).



e) Simbiyotik azot fiksasyonunda rol oynarlar (Ku et al., 2020). Örneğin, flavonoidler, baklagil-rhizobium etkileşimi için sinyal molekülleridir (Abdel-lateif et al., 2012).

f) Sekonder metabolitler simbiyotik arbusküler mikorhizal mantarları çekerler (Jia et al., 2018).

g) Zararlıları ve patojenleri kovmak amacıyla sinyal görevi görürler (Guerrieri et al., 2019).

h) İnsan sağlığı (Ullrich et al., 2019) ve tarımsal üretim (Pang et al., 2021) üzerinde yararlı etkileri söz konusudur.

i) Tarımsal girdileri azaltarak tarım sistemlerinin sürdürülebilirliğine katkı sağlarlar (Clemensen et al., 2017).

j) Sekonder metabolitlerin bir diğer önemli fonksiyonları ise bitkilerde tozlaşma (Bakır, 2020) süreçlerindeki önemli katkılarıdır.

Özetlenecek olursa, sekonder metabolitler arasında, örneğin; tozlayıcılar için cezbedici maddeler, otçullara karşı itici ve beslenme önleyici maddeler, patojen saldırılarına karşı anti-mikrobik maddeler, abiyotik stres durumunda koruyucu maddeler bulunmaktadır (Faehnrich et al., 2021). Bununla birlikte sekonder metabolitlerin içerikleri, farklı bitki türleri arasında farklılık gösterir (Böttger et al., 2018). Baklagiller; polifenoller, alkaloidler ve saponinler gibi sekonder metabolitler açısından zengindirler (Gupta, 1987).

### **Sekonder metabolitlerin sınıflandırılması**

Bitki sekonder metabolitleri farklı özelliklerine göre (biyosentez yolları, kimyasal yapı gibi) sınıflandırılabilir. En yaygın sınıflandırma şekli olan biyosentetik yollarına göre sekonder metabolitler; fenolikler, terpenler ve alkaloidler olmak üzere 3 ana gruba ayrılırlar (Tiwari & Rana, 2015; Chomel et al., 2016; Tiring vd., 2021).

Polifenoller, bitkiler tarafından üretilen en büyük ve en karmaşık sekonder metabolit sınıflarından biri olup; basit fenoller, fenolik asitler, flavonoidler ve tanenler gibi farklı alt sınıflara ayrılırlar (Ku et al., 2020; Chiocchio et al., 2021). Polifenoller, tüm bitki organlarında yaygın olarak bulunmakla birlikte (Harborne, 1989); fenolik asitler genel olarak kök, gövde, yaprak ve tohumlarda (Robbins, 2003), tanenler kök, kabuk ve tohumda, flavonoidler ise çiçek kısımlarında en belirgin şekilde bulunurlar (Tuominen et al., 2013). Bitkilerde farklı rollerde görev alan bu karmaşık grup bileşiklerinden örneğin flavonoidler; çiçeklere renk verir, böcekleri çeker ve tozlaşmayı teşvik eder (He et al., 2011). Flavonoidler çiçeklerde, nektarda ve polende en sık kaydedilen bileşikler arasındadır (Palmer-Young et al., 2019).

Sekonder metabolitlerin geniş bir bölümünü oluşturan terpenler; hemiterpenler, steroidler ve tetraterpenler olmak üzere farklı grupları içermektedir (Ku et al., 2020; Chiocchio et al., 2021). Uçucu yağların ana bileşenleri olan bu grup sekonder metabolitler, çok sayıda bitki türünün çiçek nektarlarında bulunmaktadır. Bu sınıfın en önemli üyesini yonca (*Medicago* sp.) ve korunga (*Onobrychis* sp.)'da da yer alan saponinler oluşturmaktadır. Terpenler, bitkilerde tozlayıcıları çekmek, yaralı dokuları otçullardan, böceklerden ve parazit saldırılarından korumak gibi geniş bir işleve hizmet edebilirler (Chiocchio et al., 2021). Bu grup içerisinde yer alan seskiterpenler ( $C_{15}H_{24}$  moleküler formülüne sahip), bitkilerde, böcekler ve mikroplarla etkileşimlerde önemli ekolojik roller oynarlar ve cezbedici, caydırıcı, beslenmeyi önleyici ve fitoaleksin gibi davranırlar (Modzelewska et al., 2005).

Sekonder metabolitler içerisinde yer alan çok sayıda molekül, alkaloidler olarak sınıflandırılır (Aniszewski, 2015). Ekolojik öneme sahip muazzam bir fitokimyasal grubu teşkil eden alkaloidler, çiçekli bitkilerde (Angiospermae) son derece bol olup bitkilerin hemen hemen tüm organlarında geniş bir dağılım gösterir (Chiocchio et al., 2021). Alkaloidler, bitki savunma mekanizmasında (Trigo, 2011), allelopatik etkileşimde (Liu & Lovett, 1993), tozlayıcı çekiciliğinde (Kessler et al., 2012; Mustard, 2020) önemli rol oynarlar. Ayrıca, alkaloidler güçlü farmakolojik etkileriyle iyi bilinirler; nektarı, bakterilere ve çiçek nektarlarını tüketen ancak tozlaşmayan böceklerle karşı koruyabilen antimikrobiyal ve böcek caydırıcı özelliklere sahiptirler (Barlow et al., 2017).

Birçok baklagil yem bitkisi türü kendine özgü sekonder bileşikleri içermektedir. Örneğin; yonca (*Medicago sativa* L.)'daki fenolik asitler ve flavonoidler, Lespedeza [*Lespedeza cuneata* (Dumont) G. Don] içindeki tanenler, ak üçgül (*Trifolium repens* L.)'de siyanojenik glikozitler, yonca ve üçgül türlerindeki bitki östrojenleri, taş yoncası (*Melilotus* sp.)'ndaki kumarin, çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) bitkisindeki trigonellin, acı bakla türleri (*Lupinus* sp.)'ndeki fenolik bileşikler ve alkaloidler, bunların arasında yer almaktadır (Bajkaczi et al., 2018; Sowa et al., 2019; Ferchichi et al., 2021; Iqbal et al., 2021; Horvat et al., 2022; Özyazıcı, 2020, 2022). Bazı önemli baklagil yem bitkilerinde bulunan sekonder metabolitler Çizelge 1'de özetlenmiştir.

**Çizelge 1.** Kültürü yapılan bazı baklagil yem bitkilerindeki sekonder metabolitler

**Table 1.** Secondary metabolites in some cultivated legume forage crops

Sekonder metabolit sınıfı	Cins veya türler	Kaynak	
Saponinler	<i>Medicago</i> sp.	Rafińska et al. (2017)	
	<i>Trifolium pratense</i> L.	Esmaeili et al. (2015)	
	<i>Trigonella foenum-graecum</i> L.	Joshi et al. (2022) Naika et al. (2022)	
	<i>Lathyrus sativus</i> L.	Fazly Bazzaz et al. (1997)	
	<i>Lotus corniculatus</i> L.	Baali et al. (2020) Abdel-alim et al. (2023)	
	<i>Astragalus</i> sp.	Platikanov et al. (2005) Benchadi et al. (2013)	
	Flavonoidler	<i>Medicago</i> sp.	Butkutė et al. (2017) Rafińska et al. (2017) Raeeszadeh et al. (2022)
		<i>Onobrychis sativa</i> L.	Quijada et al. (2015)
		<i>Lupinus</i> sp.	Ruiz-López et al. (2019)
		<i>Vicia</i> sp.	Gamal-Eldeen et al. (2004) Lee et al. (2017) Mardani-Korrani et al. (2021)
<i>Trifolium pratense</i> L.		Medina (2022) Kazlauskaitė et al. (2023)	
<i>Trifolium repens</i> L.		Petrović et al. (2016)	
<i>Trigonella foenum-graecum</i> L.		Joshi et al. (2022) Naika et al. (2022)	
<i>Lathyrus sativus</i> L.		Bhattacharjee et al. (2018) Bandana et al. (2022)	
<i>Lotus corniculatus</i> L.		Baali et al. (2020) Abdallah et al. (2021) Abdel-alim et al. (2023)	
<i>Astragalus</i> sp.		Platikanov et al. (2005) Benchadi et al. (2013) Liu et al. (2023)	
Kumarin (fenolik bileşik)		<i>Melilotus</i> sp.	Luo et al. (2016) Wu et al. (2021)
		Tanenler	<i>Astragalus</i> sp.
<i>Medicago</i> sp.			Fazly Bazzaz et al. (1997)
<i>Melilotus</i> sp.	Ayadi et al. (2021)		
<i>Lupinus</i> sp.	Lampart-Szczapa et al. (2003) Mavromatis et al. (2023)		
<i>Lathyrus sativus</i> L.	Bhattacharjee et al. (2018) Bandana et al. (2022)		
<i>Lotus corniculatus</i> L.	Abdel-alim et al. (2023)		
<i>Trifolium repens</i> L.	Fazly Bazzaz et al. (1997)		
<i>Trigonella foenum-graecum</i> L.	Fazly Bazzaz et al. (1997)		
Yoğunlaştırılmış tanenler	<i>Onobrychis sativa</i> L.		Quijada et al. (2015)
	<i>Lupinus</i> sp.	Mavromatis et al. (2023)	
	<i>Melilotus</i> sp.	Ayadi et al. (2021)	
Alkaloidler	<i>Astragalus</i> sp.	Fazly Bazzaz et al. (1997)	
	<i>Lupinus</i> sp.	Cortés-Avendaño et al. (2020) Hama et al. (2022)	

Çizelge 1. (Devamı)

Table 1. (Continued)

Sekonder metabolit sınıfı	Cins veya türler	Kaynak
Alkaloidler	<i>Trifolium repens</i> L.	Fazly Bazzaz et al. (1997)
	<i>Trigonella foenum-graecum</i> L.	Güzel & Özyazıcı (2021) Joshi et al. (2022) Naika et al. (2022)
	<i>Lathyrus sativus</i> L.	Bhattacharjee et al. (2018) Bandana et al. (2022)
	<i>Lotus corniculatus</i> L.	Fazly Bazzaz et al. (1997)
	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall.	Fazly Bazzaz et al. (1997)
	<i>Vicia villosa</i> Roth	Fazly Bazzaz et al. (1997) Mardani-Korranı et al. (2021)
Karotenoidler	<i>Lupinus</i> sp.	Boukid & Pasqualone (2022)
Polifenoller	<i>Vicia</i> sp.	Megías et al. (2018) Vioque et al. (2020)
	<i>Lotus corniculatus</i> L.	Baali et al. (2020)
Uçucu yağlar	<i>Vicia</i> sp.	Boussaha et al. (2023)
	<i>Trigonella foenum-graecum</i> L.	Joshi et al. (2022) Naika et al. (2022)
	<i>Astragalus</i> sp.	Stambolov et al. (2023)
Terpenler	<i>Trifolium pratense</i> L.	Medina (2022)
	<i>Trigonella foenum-graecum</i> L.	Joshi et al. (2022)
	<i>Lathyrus sativus</i> L.	Bhattacharjee et al. (2018)
	<i>Lotus corniculatus</i> L.	Baali et al. (2020)

## Sekonder Metabolitlerin Tozlaşmadaki Rollerini

Sekonder metabolitler, güzel renk ve kokularıyla tozlayıcı ve dağıtıcı ajanları çekerek tozlaşma mekanizmasını kolaylaştırırlar. Baklagil yem bitkilerinde tozlaşmada, genel olarak böcekler etkin bir şekilde görev alırlar; ayrıca, bazı eklembacaklılar ve omurgalılar da bu amaçla rol oynarlar. Bu tozlayıcıların çiçekleri ziyaretinde, çiçek renkleri ve kokuları etkili olurlar.

Bitki tür ve çeşitlerine göre değişkenlik gösteren çiçek renkleri, çiçek dokularının kromoplastlarında veya hücre vakuollerinde bulunan pigmentlerin varlığından kaynaklanmakta (Harborne, 2001); çiçeğin rengini veren bu pigmentlerin en önemli grubunu flavonoidler, antosiyaninler, karotenoidler ve bazı alkaloidler oluşturmaktadır (Harborne, 2001; Wink, 2018); farklı kokuların sergilenmesinde ise terpenoidler, aminler ve fenilpropanoidlerin neden olduğu bilinmektedir (Wink, 2018). Monoterpenlerden  $\beta$ -ocimene, çok sayıda bitki familyasına ait türlerin çiçek kokularında yüksek miktarda bulunmaktadır (Farré-Armengol et al., 2017, 2020). Monoterpenler çeşitli tozlayıcıları çekebilir (Slavković & Bendahmane, 2023). Nitekim Wink (2013), bazı monoterpenlerin (Linalool, citronellol, limonene), tetraterpenlerin (Carotenoids) ve çiçek renk pigmentleri olan antosiyaninlerin (Delphinidin, peonidin, cyanidin gibi) tozlaşan böcekleri çekmek gibi aktiviteye sahip olduğunu bildirmiştir. Birçok baklagil yem bitkilerinin tozlaşmasında etkili olan arıların beslenme kararını verirken sarı ve mavi çiçekleri, kelebeklerin ise kırmızı çiçekleri tercih ettikleri ifade edilmiştir (Nicolson, 2011; Faegri & Van Der Pijl, 2013).

Benzer şekilde örneğin,  $\beta$ -myrcene'nin bombus arılarını çektiği belirlenmiştir (Byers et al., 2013). Bombus arıları çiçek yapıları nedeniyle çayır üçgülü (*Trifolium pratense* L.)'nün tozlaşmasında en etkili polinatörler olarak bilinir. Bu itibarla, çayır üçgölünde bulunan  $\beta$ -myrcene (Vlaisavljević et al., 2014; Kazlauskaitė et al., 2023)'nin bombus arılarının tozlaşmasında etkili olduğu söylenebilir. Ayrıca, Vlaisavljević et al. (2014) çayır üçgölünde monoterpenler, seskiterpenler ve diterpenleri tanımlayarak, bitkinin farklı büyüme devrelerinde (30 cm, 50 cm ve çiçeklenme-kömeç oluşum) farklı sekonder metabolitlerin varlığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, bitkiler 30 cm'de iken, p-cymene (%3.59), limonen (%3.86),  $\beta$ -ionone (%9.46); 50 cm'de iken, fitol (%14.54) ve 2-pentanon (%6.66) ve kömeç devresinde ise sadece dihidrokarvon (%6.47) tespit etmişlerdir.

Gazalboynuzu (*Lotus corniculatus* L.) çiçeğinin sarı rengi, yönü, boyutu, taç yaprağı morfolojisi, sükroza hakim nektar bileşimi ve çiçeğin kokusu ile birlikte kuşların tozlaşmaya geçişine katkıda bulunan bir faktör olarak bildirilmiştir (Cronk & Ojeda, 2008).

*Çiçeklerdeki nektar ve polenin yapısı-kimyasal özellikleri tozlaşmada etkili bir faktördür.* Nektarların çoğu, tozlayıcılar için önemli bir besin kaynağı olan şeker çözeltilerinden oluşur. Nektarın tadı genel olarak çok tatlı olup, şeker içeriği % 15-75 arasında değişir (Harborne, 2001). Bunun yanı sıra, bazı bitkilerin nektarı, çiçek ziyaretçileri için caydırıcı ve hatta zehirli (Adler, 2000; Stevenson et al., 2017), bazıları için de çekici olabilir. Nektarın bu özelliği yapısındaki sekonder bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Bitki sekonder metabolitleri sadece yapraklarda bulunmamakta olup, aynı zamanda nektar gibi çiçek salgılarında da yaygındır (Adler, 2000). Yapılan bir araştırmada, genel olarak çiçek nektarlarında % 36 oranında fenolik bileşiklerin, % 8 oranında da alkaloidlerin yer aldığı bildirilmektedir (Baker, 1977). Çeşitli bitki türlerinin nektarlarının analizi, özellikle alkaloidlerin mevcut olabileceğini doğrulamıştır (Harborne, 2001). Bununla birlikte son çalışmalar, nektardaki konsantrasyonlarının diğer bitki kısımlarından daha düşük olduğunu göstermektedir (Cook et al., 2013). Nektardaki bu sekonder bileşikler bitki-tozlayıcı etkileşimlerine aracılık edebilmektedir (Baker, 1977). Couvillon et al. (2015), nektarın sekonder metabolitlerinin, tozlayıcılar için cezbedici olabileceğini ve tozlaşma davranışlarını artırabileceğini bildirmektedirler. Nitekim, nektardaki fenollerin istenmeyen ziyaretçileri ilginç bir biçimde caydırabildiği (Verónica et al., 2014; Nicolson et al., 2015); aynı zamanda da, etkili tozlayıcıları çekebildikleri ve bitkiye tozlayıcı bağlılığını güçlendirebildikleri belirlenmiştir (Zhang et al., 2018).

Nektardan daha erişilebilir durumda olan polen, birçok çiçek ziyaretçisi (böcekler ve arılar) tarafından toplanır. Polen genel olarak % 16-30 protein, % 1-7 nişasta, % 0-15 serbest şeker ve % 3-10 yağ içermekte; eser miktarda vitamin ve inorganik tuzlar ile değişen miktarlarda da sekonder bileşikler bulunmaktadır. Polene rengini veren genel olarak karotenoid ve flavonoidlerdir (Harborne, 2001). Farklı bitki türlerine ait polenlerin böcekler tarafından algılanabilen karakteristik kokularına neden olan bileşikler, yine kimyasal açıdan çiçeğin koku ilkelerine benzediği bildirilmekte; polendeki bu bileşiklerin farklılığı, arı gibi tozlayıcıların belirli bir bitki türünün çiçekleri ile poleni arasında ayırım yapmasını sağlamaktadır (Harborne, 2001). Flavonoid alt sınıfında yer alan ve organik bir bileşik olan quercetin (Riddick, 2021), polenlerde bulunan en bol flavonollerden biridir (Özcan et al., 2019; Yang et al., 2020). Çiçek taç yapraklarına rengi veren bu bileşik, tozlayıcıları çiçeklere ve polenlere çeker. Baklagil yem bitkileri içerisinde *Medicago sativa* (Abouzeid et al., 2023; Mittal et al., 2023), *Onobrychis* sp. (Hashemzaei et al., 2017), *Vicia* sp. (Saleem et al., 2014; Vioque et al., 2020; Salehi et al., 2021; Ogoale et al., 2023), *Trifolium pratense* (Tava et al., 2015; Çölgeçen et al., 2020) *Trifolium repens* (Ahmad et al., 2020), *Trifolium subterraneum* (Molinu et al., 2023), *Lotus corniculatus* (Fumić et al., 2019; Yerlikaya et al., 2019), *Pisum sativum* (Neugart et al., 2015) türlerinde, quercetin gibi fenolik bileşiklerin varlığına işaret edilmiştir. Kazlauskaite et al. (2023), çayır üçgülü (*Trifolium pratense* L.) çiçek ekstraktında, yüksek miktarda toplam fenolik bileşikler ( $74.00 \pm 0.15$  mg GA/g dw) ve toplam flavonoidler ( $19.50 \pm 0.04$  mg RU/g dw) bulunduğunu rapor etmişlerdir. Yine çayır üçgülü bitkisi çiçeklerinde Tundis et al. (2015), luteolin (16.7 mg/g), kaempferol (0.8 mg/g) ve mirisetin (0.5 mg/g) flavonoidlerinin tanımlanmasını gerçekleştirmişlerdir. Aynı bitkide yapılan diğer bazı çalışmalarda da apigenin, daidzein, genistein (Vlaisavljević et al., 2017), formononetin ve biyokanin (Quiroz et al., 2017) gibi izoflavonlar belirlenmiştir. Dolayısıyla polendeki sekonder bileşikler ve bunların bileşenleri, tozlayıcıların bitkileri ziyaret etmesinde etkili olmakta ve tozlaşmanın gerçekleşmesinde önemli rol oynamaktadır.

*Öte yandan bitki sekonder metabolitlerinin tozlaşmada dolaylı yünden de olumlu etkileri söz konusudur.* Nektar, antimikrobiyal işlevler de sağlayabilen çeşitli özel sekonder metabolitler de içerir (Schmitt et al., 2021). Çiçek nektarı ve polende bulunan sekonder metabolitler, antimikrobiyal etkilerine bağlı olarak (Wallace, 2004), tozlayıcıları parazitlere ve patojenlere karşı koruyabilir. Bu anlamda,

sekonder metabolitler arıların iç bağırsak parazitlerine karşı aktif olarak etkili olabilmekte ve yiyecek arayan arılarda patojen enfeksiyon yükünü azaltabilirler (Richardson et al., 2015; Koch & Stevenson, 2017; Koch et al., 2019). Bu durum, arıların tozlaşmada daha etkin hale gelmesini sağlayabilir ve tozlaşma artabilir. Bununla birlikte, tozlayıcıların çoğu için sekonder metabolitlerin sağlık yararları bilinmemektedir (Nicolson, 2022). Sekonder bileşiklerin nektarda antimikrobiyal aktivite gösterip göstermediğini dair daha çok çalışmanın yapılması gerekliliği bulunmaktadır.

Sekonder metabolitlerin bir diğer dolaylı etkilerinden biri de; çiçek nektarında bulunan bu bileşikler, nektarı kolonize eden mikroorganizmalar da dâhil olmak üzere tozlayıcı olmayanlar tarafından yapılan hırsızlığı azaltarak bitki-tozlayıcı ilişkisinde etkinliği arttırmasıdır. Bununla birlikte, az sayıda çalışma bu hipotezi test etmiştir (Vannette & Fukami, 2016).

*Sekonder metabolitlerin arılar üzerindeki etkileri, metabolitlerin bileşenlerine, doza ve mevsime* (Singaravelan et al., 2006; Stevenson et al., 2017) *bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir.* Örneğin, kafeik ve genistik asitler gibi fenolik maddelerin düşük konsantrasyonları bal arıları için çekici özellik gösterirken, yüksek konsantrasyonları tersi bir etkileşim ortaya çıkardığı rapor edilmiştir (Hagler & Buchmann, 1993). Benzer şekilde, yaz başlarında düşük konsantrasyonlardaki amigdalin bileşikleri salgısı arılar için tercih sebebi iken, daha sonraki dönemlerde cezbedici özellik göstermediği bildirilmiştir (London-Shafir et al., 2003). Serbest uçan bal arılarının çiçek nektarında doğal olarak oluşan dört farklı sekonder bileşik (nicotine, anabasine, caffeine, ve amygdalin) konsantrasyonuna tepkisini ortaya çıkarmayı amaçlayan bir araştırmanın sonuçlarına göre, anabasin dışında doğal olarak oluşan sekonder bileşik konsantrasyonlarının caydırıcı bir etkisi olmadığı, düşük nikotin ve kafein konsantrasyonları önemli bir beslenme tercihi olduğu belirlenmiştir (Singaravelan et al., 2005).

Baklagil yem bitkilerinden acı bakla türleri (*Lupinus* sp.), özellikle tohumlarda çok yüksek konsantrasyonlarda (ağırlıkça % 3) bulunan spartein ve lupanin dahil olmak üzere birkaç kinolizidin (quinolizidine) alkaloidi üretirler (Hatzold et al., 1983). Yapılan araştırma sonuçları, toksik ve böcekler için itici olan bu alkaloidlerin birincil işlevlerinin bitkileri böcek saldırısından korumak olduğunu göstermiştir (Kordan et al., 2012). Lupanin ve onun bazı türevlerinin polende 2 mg/g'ı aşan konsantrasyonlarının acı baklalar için tozlaşan *Bombus terrestris* arı türünde ölüm oranını arttırmasa da, arı popülasyonunu etkilemiştir (Arnold et al., 2014).

*Bitki sekonder metabolitleri, tozlaşan hayvanları çekmek için sinyal bileşikleri olarak işlev görür* (Wink, 2020). Bu anlamda baklagil yem bitkisi türlerinin nektarındaki bitki sekonder metabolitleri, örneğin; *Lupinus angustifolius*'da yer alan izoflavonlar (licoisoflavone A) caydırıcı (Lane et al., 1987), lüpen türlerindeki (*Lupinus* sp.) alkaloidler (pyrrolizidines, quinolizidines) toksik (Wink, 2019), *Trifolium repens*'te bulunan siyanojenik glikozitler (linamarin) cezbedici (Zagrobelyny & Møller, 2011) özellikleri ile tozlayıcılar üzerindeki etkileri söz konusudur.

## SONUÇ

Renk ve çiçek kokusu ile birlikte çiçek yapısını oluşturan nektar ve polenin kimyasal bileşimi çiçek ziyaretçileri için cazibe özellikleri arasındadır. Bu özellik, nektar ve polendeki pigmentlerin, kimyasal ve organik bileşiklerin ana kaynağı olan ikincil metabolitlerin üretiminin sonucudur. Sekonder metabolitler tozlayıcıları çekmenin yanı sıra, bu metabolitler bitkilerin doğal düşmanlarını (nektar hırsızları, mikroorganizmalar) veya patojen tozlayıcıları uzaklaştırabilir; bu durum, tozlaşmayı arttırabilir ve dolaylı olarak nihayetinde meyve ve tohumların üretimini etkileyebilir.

Sekonder metabolitler, bir hücrenin veya organizmanın yaşaması için gerekli olmayan, ancak onların çevresiyle etkileşiminde rol oynayan bileşiklerdir. Bu yönüyle sekonder metabolitler, yaşamsal bir döngü içerisinde sürdürülebilir ekosistemin önemli bir parçası olan tozlaşmanın, en önemli bileşenleridir.

## KAYNAKLAR

- Abdallah, R.M., H.M. Hammada, M.M. Radwan, N.S. El-Gazzar, A.S. Wanas, M.A. ElSohly, M.A. El-Demellawy, N.M. Abdel-Rahman & S.M. Sallam, 2021. Phytochemical and pharmacological appraisal of the aerial parts of *Lotus corniculatus* L. growing in Egypt. *Natural Product Research*, 35 (24): 5914-5917.
- Abdel-alim, M.E., M.S. Serag, H.R. Moussa, M.A. Elgendy, M.T. Mohesien & N.S. Salim, 2023. Phytochemical screening and antioxidant potential of *Lotus corniculatus* and *Amaranthus viridis*. *Egyptian Journal of Botany*, 63 (2): 665-681.
- Abdel-lateif, K., D. Bogusz & V. Hocher, 2012. The role of flavonoids in the establishment of plant roots endosymbioses with arbuscular mycorrhiza fungi, rhizobia and Frankia bacteria. *Plant Signaling & Behavior*, 7: 636-641.
- Abouzeid, S., U. Beutling, E. Elekhaway & D. Selmar, 2023. Antibacterial and antibiofilm effects of allelopathic compounds identified in *Medicago sativa* L. seedling exudate against *Escherichia coli*. *Molecules*, 28: 2645.
- Adler, L.S., 2000. The ecological significance of toxic nectar. *Oikos*, 91 (3): 409-420.
- Ahmad, S., A. Zeb, M. Ayaz, & M. Murkovic, 2020. Characterization of phenolic compounds using UPLC–HRMS and HPLC–DAD and anti-cholinesterase and anti-oxidant activities of *Trifolium repens* L. leaves. *European Food Research and Technology*, 246: 485-496.
- Aniszewski, T., 2015. *Alkaloids: Chemistry, Biology, Ecology, and Applications*. 2nd Ed., Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 496pp.
- Arnold, S.E.J., M.E.P. Idrovo, L.J.L. Arias, S.R. Belmain & P.C. Stevenson, 2014. Herbivore defence compounds occur in pollen and reduce bumblebee colony fitness. *Journal of Chemical Ecology*, 40: 878-881.
- Ayadi, M., M.L. Bennani, A. Aarab, J. Brigui & M. Benicha, 2021. "Content of polyphenolic compounds in *Melilotus officinalis* ecotypes from Morocco, 559-563". In: *Efficiency and Resilience of Forage Resources and Small Ruminant Production to Cope with Global Challenges in Mediterranean Areas*. (Eds. A. López-Francos, M. Jouven, C. Porqueddu, H. Ben Salem, A. Keli, A. Araba, & M. Chentouf), Zaragoza, CIHEAM, 716 pp.
- Baali, N., A. Mezrag, M. Bouheroum, F. Benayache, S. Benayache & A. Souad, 2020. Anti-inflammatory and antioxidant effects of *Lotus corniculatus* on paracetamol-induced hepatitis in rats. *Anti-Inflammatory & Anti-Allergy Agents in Medicinal Chemistry*, 19: 128-139.
- Bajkacz, S., I. Baranowska, B. Buszewski, B. Kowalski & M. Ligor, 2018. Determination of flavonoids and phenolic acids in plant materials using SLE-SPE-UHPLC-MS/MS method. *Food Analytical Methods*, 11: 3563-3575.
- Baker, H.G., 1977. Non-sugar chemical constituents of nectar. *Apidologie*, 8: 349-356.
- Bakır, Ö., 2020. Sekonder metabolitler ve rolleri. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 2 (4): 39-45.
- Bandana, C., P. Khanin, D. Priyanka, B.A. Ranjan, K. Hemen & B. Samindra, 2022. Nutritional evaluation of few grass pea (*Lathyrus sativus* L.) genotypes of Assam. *Indian Journal of Agricultural Biochemistry*, 35 (2): 155-158.
- Barberis, M., D. Calabrese, M. Galloni, & M. Nepi, 2023. Secondary metabolites in nectar-mediated plant-pollinator relationships. *Plants*, 12: 550.
- Barlow, S.E., G.A. Wright, C. Ma, M. Barberis, I.W. Farrell, E.C. Marr, A. Brankin, B.M. Pavlik & P.C. Stevenson, 2017. Distasteful nectar deters floral robbery. *Current Biology*, 27 (16): 2552-2558.e3.
- Benchadi, W., H. Haba, C. Lavaud, D. Harakat & M. Benkhaled, 2013. Secondary metabolites of *Astragalus cruciatus* Link. and their chemotaxonomic significance. *Records of Natural Products*, 7 (2): 105-113.
- Bhattacharjee, S., A. Waqar, K. Barua, A. Das, S. Bhowmik & S.R. Debi, 2018. Phytochemical and pharmacological evaluation of methanolic extract of *Lathyrus sativus* L. seeds. *Clinical Phytoscience*, 4: 20a.
- Boukid, F. & A. Pasqualone, 2022. Lupine (*Lupinus* spp.) proteins: characteristics, safety and food applications. *European Food Research and Technology*, 248: 345-356.
- Boussaha, S., M. Bramucci, K. Rebbas, L. Quassinti, R. Mekkiou & F. Maggi, 2023. Chemical composition and anticancer activity of the essential oil from *Vicia ochroleuca* Ten., quite rare plant in Kabylia (Algeria). *Natural Product Research*, DOI: 10.1080/14786419.2023.2176492.
- Bozek, M., B. Denisow, M. Strzałkowska-Abramek, E. Chrzanowska & K. Winiarczyk, 2023. Non-forest woody vegetation: A critical resource for pollinators in agricultural landscapes-A review. *Sustainability*, 15: 8751.

- Böttger, A., U. Vothknecht, C. Bolle & A. Wolf, 2018. "Plant secondary metabolites and their general function in plants, 3-17". In: Lessons on Caffeine, Cannabis & Co. (Eds. A. Böttger, U. Vothknecht, C. Bolle & A. Wolf), Learning Materials in Biosciences, Springer, Cham, 217pp.
- Brun, G., L. Braem, S. Thoiron, K. Gevaert, S. Goormachtig & P. Delavault, 2018. Seed germination in parasitic plants: What insights can we expect from strigolactone research? *Journal of Experimental Botany*, 69 (9): 2265-2280.
- Butkutė, B., A. Padarauskas, J. Cesevičienė, A. Pavilionis, L. Taujenis & N. Lemežienė, 2017. Perennial legumes as a source of ingredients for healthy food: proximate, mineral and phytoestrogen composition and antibacterial activity. *Journal of Food Science and Technology*, 54 (9): 2661-2669.
- Byers, K.J.R.P., H.D. Bradshaw & J.A. Riffell, 2013. Three floral volatiles contribute to differential pollinator attraction in monkeyflowers (*Mimulus*). *The Journal of Experimental Biology*, jeb.092213.
- Chiocchio, I., M. Mandrone, P. Tomasi, L. Marincich & F. Poli, 2021. Plant secondary metabolites: an opportunity for circular economy. *Molecules*, 26: 495.
- Chomel, M., M. Guittonny-Larchevêque, C. Fernandez, C. Gallet, A. DesRochers, D. Paré, B.G. Jackson & V. Baldy, 2016. Plant secondary metabolites: a key driver of litter decomposition and soil nutrient cycling. *Journal of Ecology*, 104 (6): 1527-1541.
- Clemensen, A.K., F.D. Provenza, S.T. Lee, D.R. Gardner, G.E. Rottinghaus & J.J. Villalba, 2017. Plant secondary metabolites in alfalfa, birdsfoot trefoil, reed canarygrass, and tall fescue unaffected by two different nitrogen sources. *Crop Science*, 57 (2): 964-970.
- Cook, D., J.S. Manson, D.R. Gardner, K.D. Welch & R.E. Irwin, 2013. Norditerpene alkaloid concentrations in tissues and floral rewards of larkspurs and impacts on pollinators. *Biochemical Systematics and Ecology*, 48: 123-131.
- Cortés-Avenidaño, P., M. Tarvainen, J.P. Suomela, P. Glorio-Paulet, B. Yang & R. Repo-Carrasco-Valencia, 2020. Profile and content of residual alkaloids in ten ecotypes of *Lupinus mutabilis* sweet after aqueous debittering process. *Plant Foods for Human Nutrition*, 75: 184-191.
- Couvillon, M.J., H. Al Toufalia, T.M. Butterfield, F. Schrell, F.L.W. Ratnieks & R. Schürch, 2015. Caffeinated forage tricks honeybees into increasing foraging and recruitment behaviours. *Current Biology*, 25 (21): 2815-2818.
- Cronk, Q. & I. Ojeda, 2008. Bird-pollinated flowers in an evolutionary and molecular context. *Journal of Experimental Botany*, 59: 715-727.
- Çölgeçen, H., U. Koca & H.N. Büyükkartal, 2020. "Use of red clover (*Trifolium pratense* L.) seeds in human therapeutics, 421-427". In: Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention. (Eds. V.R. Preedy & R.R. Watson), Academic Press, Elsevier.
- Esmaeili, A.K., R.M. Taha, S. Mohajer & B. Banisalam, 2015. antioxidant activity and total phenolic and flavonoid content of various solvent extracts from in vivo and in vitro grown *Trifolium pratense* L. (Red clover). *BioMed Research International*, 643285.
- Faegri, K. & L. Van Der Pijl, 2013. Principles of Pollination Ecology; Pergamon Press: Oxford, UK.
- Faehrich, B., C. Franz, P. Nemaz & H.P. Kaul, 2021. Medicinal plants and their secondary metabolites-State of the art and trends in breeding, analytics and use in feed supplementation-with special focus on German chamomile. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 94: 61-74.
- Farré-Armengol, G., I. Filella, J. Llusà & J. Peñuelas, 2017.  $\beta$ Ocimene, a key floral and foliar volatile involved in multiple interactions between plants and other organisms. *Molecules*, 22: 1148.
- Farré-Armengol, G., M. Fernández-Martínez, I. Filella, R.R. Junker & J. Peñuelas, 2020. Deciphering the biotic and climatic factors that influence floral scents: a systematic review of floral volatile emissions. *Frontiers in Plant Science*, 11: 1154.
- Fazly Bazzaz, B.S., G. Haririzadeh, S.A. Imami & M.H. Rashed, 1997. Survey of Iranian plants for alkaloids, flavonoids, saponins, and tannins [Khorasan Province]. *International Journal of Pharmacognosy*, 35 (1): 17-30.
- Ferchichi, N., W. Toukabri, U. Vrhovsek, I. Nouairi, A. Angeli, D. Masuero, R. Mhamdi & D. Trabelsi, 2021. Proximate composition, lipid and phenolic profiles, and antioxidant activity of different ecotypes of *Lupinus albus*, *Lupinus luteus* and *Lupinus angustifolius*. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15: 1241-1257.
- Fumić, B., M. Jug & M. Zovko Končić, 2019. Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic antioxidants from *Lotus corniculatus*. *Croatica Chemica Acta*, 92 (3): 369-377.

- Gamal-Eldeen, A.M., S.A. Kawashty, L.F. Ibrahim, M.M. Shabana & S.I. El-Negoumy, 2004. Evaluation of antioxidant, anti-inflammatory, and antinociceptive properties of aerial parts of *Vicia sativa* and its flavonoids. *Journal of Natural Remedies*, 4 (1): 81-96.
- Guerrieri, A., L. Dong & H.J. Bouwmeester, 2019. Role and exploitation of underground chemical signaling in plants. *Pest Management Science*, 75: 2455-2463.
- Gupta, Y.P., 1987. Anti-nutritional and toxic factors in food legumes: a review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 37: 201-228.
- Güzel, Y. & G. Özyazıcı, 2021. Adoption of promising fenugreek (*Trigonella foenum-graceum* L.) genotypes for yield and quality characteristics in the semiarid climate of Turkey. *Atmosphere*, 12: 1199.
- Hagler, J. & L.S. Buchmann, 1993. Honeybee (Hymenoptera: Apidae) foraging responses to phenolic-rich nectars. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 66: 223-230.
- Hama, J.R., D.B.G. Jorgensen, E. Diamantopoulos, T.D. Bucheli, H.C.B. Hansen & B.W. Strobel, 2022. Indole and quinolizidine alkaloids from blue lupin leach to agricultural drainage water. *Science of The Total Environment*, 834: 155283.
- Harborne, J.B., 1989. "Methods in plant biochemistry: 1- General procedures and measurement of total phenolics, 1-28". In: *Plant Phenolics*. (Ed. J.B. Harborne), Academic Press Limited, Cambridge, MA, USA.
- Harborne, J.B., 2001. Secondary Metabolites: Attracting Pollinators. *Encyclopedia of Life Sciences*, John Wiley & Sons, Ltd, 5pp.
- Hashemzadeh, M., A. Delarami Far, A. Yari, R.E. Heravi, K. Tabrizian, S.M. Taghdisi, S.E. Sadegh, K. Tsarouhas, D. Kouretas, G. Tzanakakis, D. Nikitovic, N.Y. Anisimov, D.A. Spandidos, A.M. Tsatsakis & R. Rezaee, 2017. Anticancer and apoptosis-inducing effects of quercetin in vitro and in vivo. *Oncology Reports*, 38 (2): 819-828.
- Hatzold, T., I. Elmadfa, R. Gross, M. Wink, T. Hartmann & L. Witte, 1983. Quinolizidine alkaloids in seeds of *Lupinus mutabilis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 31 (5): 934-938.
- He, Q., Y. Shen, M. Wang, M. Huang, R. Yang, S. Zhu, L. Wang, Y. Xu & R. Wu, 2011. Natural variation in petal color in *Lycoris longituba* revealed by anthocyanin components. *PLoS One*, 6: e22098.
- Horvat, D., M. Viljevac Vuletic, L. Andric, R. Balicevic, M. Kovacevic Babic & M. Tucak, 2022. Characterization of forage quality, phenolic profiles, and antioxidant activity in alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Plants*, 11: 2735.
- Iqbal, Y., E.N. Ponnampalam, H.A.R. Suleria, J.J. Cottrell & F.R. Dunshea, 2021. LC-ESI/QTOF-MS profiling of chicory and lucerne polyphenols and their antioxidant activities. *Antioxidants*, 10: 932.
- Isah, T., 2019. Stress and defense responses in plant secondary metabolites production. *Biological Research*, 52: 39.
- Jamieson, M.A., L.A. Burkle, J.S. Manson, J.B. Runyon, A.M. Trowbridge & J. Zientek, 2017. Global change effects on plant–insect interactions: the role of phytochemistry. *Current Opinion in Insect Science*, 23: 70-80.
- Jia, K., L. Baz & S. Al-babili, 2018. From carotenoids to strigolactones. *Journal of Experimental Botany*, 69: 2189-2204.
- Joshi, A.S., P. Nagda, S. Bugade & S.S. Barve, 2022. Investigation of anti-inflammatory and immunomodulatory effects of methanolic extracts of fenugreek leaves and seeds to justify its use in topical creams for preventing inflammation and joint-pain. *International Journal of Agro Nutrifood Practices*, 2 (3): 9-15.
- Kazlauskaitė, J.A., I. Matulyte, M. Marksa, R. Lelesius, A. Pavilonis & J. Bernatoniene, 2023. Application of antiviral, antioxidant and antibacterial *Glycyrrhiza glabra* L., *Trifolium pratense* L. extracts and *Myristica fragrans* Houtt. essential oil in microcapsules. *Pharmaceutics*, 15 (2): 464.
- Kekillioğlu, A. & Ö.E. Bostan, 2023. Polinatör Hymenopterler (Arthropoda: Insecta). *Uluslararası İleri Doğa Bilimleri ve Mühendislik Araştırmaları Dergisi*, 7 (6): 402-409.
- Kessler, D., S. Bhattacharya, C. Diezel, E. Rothe, K. Gase, M. Schöttner & I.T. Baldwin, 2012. Unpredictability of nectar nicotine promotes outcrossing by hummingbirds in *Nicotiana attenuata*. *Plant Journal*, 71 (4): 529-538.
- Koch, H. & P.C. Stevenson, 2017. Do linden trees kill bees? Reviewing the causes of bee deaths on silver linden (*Tilia tomentosa*). *Biology Letters*, 13: 20170484.
- Koch, H., J. Woodward, M.K. Langat, M.J.F. Brown & P.C. Stevenson, 2019. Flagellum removal by a nectar metabolite inhibits infectivity of a bumblebee parasite. *Current Biology*, 29 (20): 3494-3500.



- Kordan, B., K. Dancewicz, A. Wroblewska & B. Gabrys, 2012. Intraspecific variation in alkaloid profile of four lupine species with implications for the pea aphid probing behaviour. *Phytochemistry Letters*, 5 (1): 71-77.
- Ku, Y.S., C.A. Contador, M.S. Ng, J. Yu, G. Chung & H.M. Lam, 2020. The effects of domestication on secondary metabolite composition in legumes. *Frontiers in Genetics*, 11: 581357.
- Lampart-Szczapa, E., J. Korczak, M. Nogala-Kalucka & R. Zawirska-Wojtasiak, 2003. Antioxidant properties of lupin seed products. *Food Chemistry*, 83: 279-285.
- Lane, G.A., O.R.W. Sutherland & R.A. Skipp, 1987. Isoflavonoids as insect feeding deterrents and antifungal components from root of *Lupinus angustifolius*. *Journal of Chemical Ecology*, 13: 771-783.
- Lee, K.J., J.R. Lee, H.J. Kim, S. Raveendar, G.A. Lee, Y.A. Jeon, E. Park, K.H. Ma, S.K. Lee & J.W. Chung, 2017. Comparison of flavonoid contents and antioxidant activities of *Vicia* species. *Plant Genetic Resources*, 15 (2): 119-126.
- Liu, D.L. & J.V. Lovett, 1993. Biologically active secondary metabolites of barley. II. Phytotoxicity of barley allelochemicals. *Journal of Chemical Ecology*, 19: 2231-2244.
- Liu, Q., J. Li, M. Gu, W. Kong, Z. Lin, J. Mao, M. Zhang, L. Jiang, C. Liu, Y. Wang & J. Liu, 2023. High-throughput phytochemical unscrambling of flowers originating from *Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bge. var. *mongholicus* (Bge.) P. K. Hsiao and *Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bug. by applying the integrative plant metabolomics method using UHPLC-Q-TOF-MS/MS. *Molecules*, 28: 6115.
- London-Shafir, I., S. Shafir & D. Eisikowitch, 2003. Amygdalin in almond nectar and pollen-facts and possible roles. *Plant Systematics and Evolution*, 238: 87-95.
- Luo, K., M.Z.Z. Jahufer, F. Wu, H. Di, D. Zhang, X. Meng, J. Zhang & Y. Wang, 2016. Genotypic variation in a breeding population of yellow sweet clover (*Melilotus officinalis*). *Frontiers in Plant Science*, 7: 972.
- Mardani-Korrani, H., M. Nakayasu, S. Yamazaki, Y. Aoki, R. Kaida, T. Motobayashi, M. Kobayashi, N. Ohkama-Ohtsu, Y. Oikawa, A. Sugiyama & Y. Fujii, 2021. L-canavanine, a root exudate from hairy vetch (*Vicia villosa*) drastically affecting the soil microbial community and metabolite pathways. *Frontiers in Microbiology*, 12: 701796.
- Mavromatis, A., I. Naniou-Obeidat, A. Polidoros, Z. Parissi, E. Tani, M. Irakli, K.A. Aliferis, I. Zafeiriou, P.V. Mylona, E. Sarri, E.A. Papadopoulou, R. Tagiakas, L. Kougiteas, S. Kostoula & E.M. Abraham, 2023. Characterization of lupin cultivars based on phenotypical, molecular and metabolomic analyses. *Agronomy*, 13: 370.
- Medina, C.M.M., 2022. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi inoculation and p-fertilization on terpene emitted from red clover (*Trifolium pratense* L.) leaf. Doctoral Dissertation, Universidad De La Frontera, Facultad de Ingeniería y Ciencias Doctorado en Ciencias de Recursos Naturales, 108 pp.
- Meena, R., 2020. Secondary metabolites in organic chemistry. *International Journal of Multidisciplinary Research in Science, Engineering and Technology*, 3 (1): 78-83.
- Megías, C., I. Cortés-Giraldo, J. Girón-Calle, M. Alias & J. Vioque, 2018. Characterization of *Vicia* (Fabaceae) seed water extracts with potential immunomodulatory and cell antiproliferative activities. *Journal of Food Biochemistry*, 42: e12578.
- Mittal, M., V. Pandey, B. Rathi, H.C. Verma, B.K. Singh, R. Chauhan & S. Kumar, 2023. The nutraceutical nexus: unveiling the complete nutrient solution in one place. *European Chemical Bulletin*, 12 (Special Issue 5): 6788-6796.
- Modzelewska, A., S. Sur, S.K. Kumar & S.R. Khan, 2005. Sesquiterpenes: natural products that decrease cancer growth. *Current Medicinal Chemistry-Anti-Cancer Agents*, 5 (5): 477-499.
- Molinu, M.G., L. Sulas, G. Campesi, G.A. Re, F. Sanna & G. Piluzza, 2023. Subterranean clover and sulla as valuable and complementary sources of bioactive compounds for rainfed mediterranean farming systems. *Plants*, 12: 417.
- Mustard, J.A., 2020. Neuroactive nectar: Compounds in nectar that interact with neurons. *Arthropod Plant Interactions*, 14: 151-159.
- Naika, M.B.N., N. Sathyanarayanan, R.S. Sajeevan, T. Bhattacharyya, P. Ghosh, M.S. Iyer, M. Jarjapu, A.G. Joshi, K. Harini, K.M. Shafi, N. Kalmankar, S.D. Karpe, B. Mam, S.N. Pasha & R. Sowdhamini, 2022. Exploring the medicinally important secondary metabolites landscape through the lens of transcriptome data in fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.). *Scientific Reports*, 12: 13534.

- Neugart, S., S. Rohn & M. Schreiner, 2015. Identification of complex, naturally occurring flavonoid glycosides in *Vicia faba* and *Pisum sativum* leaves by HPLC-DAD-ESI-MSn and the genotypic effect on their flavonoid profile. *Food Research International*, 76: 114-121.
- Nicolson, S.W., 2011. Bee food: The chemistry and nutritional value of nectar, pollen and mixtures of the two. *Afr. Zool.*, 46: 197-204.
- Nicolson, S.W., 2022. Sweet solutions: nectar chemistry and quality. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 377 (1853): 20210163.
- Nicolson, S.W., S. Lerch-Henning, M. Welsford & S.D. Johnson, 2015. Nectar palatability can selectively filter bird and insect visitors to coral tree flowers. *Evolutionary Ecology*, 29: 405-417.
- Ogbole, O.O., O.D. Akin-Ajani, T.O. Ajala, Q.A. Ogunniyi, J. Fettke & O.A. Odeku, 2023. Nutritional and pharmacological potentials of orphan legumes: Subfamily faboideae. *Heliyon*, 9: e15493.
- Özcan, M.M., F. Aljuhaimi, E.E. Babiker, N. Uslu, D.A. Ceylan, K. Ghafoor, M.M. Özcan, N. Dursun, I.M. Ahmed, F.G. Jamiu & O.N. Alsawmahi, 2019. Determination of antioxidant activity, phenolic compound, mineral contents and fatty acid compositions of bee pollen grains collected from different locations. *Journal of Apicultural Science*, 63: 69-79.
- Özyazıcı, G., 2020. Responses of sulfur and phosphorus doses on the yield and quality of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Applied Ecology and Environmental Research*, 18 (5): 7041-7055.
- Özyazıcı, M.A., 2022. "Legume forage crops with medicinal value and their secondary metabolite contents: *Medicago* sp., *Onobrychis* sp., *Melilotus* sp., and *Lupinus* sp., 33-70". In: *New Development on Medicinal and Aromatic Plants-II*. (Ed. G. Özyazıcı), Iksad Publishing House, Ankara, Türkiye.
- Palmer-Young, E.C., I.W. Farrell, L.S. Adler, N.J. Milano, P.A. Egan, R.R. Junker, R.E. Irwin & P.C. Stevenson, 2019. Chemistry of floral rewards: Intra- and interspecific variability of nectar and pollen secondary metabolites across taxa. *Ecological Monographs*, 89: 1-20.
- Pang, Z., J. Chen, T. Wang, C. Gao, Z. Li, L. Guo, J. Xu & Y. Cheng, 2021. Linking plant secondary metabolites and plant microbiomes: a review. *Frontiers in Plant Science*, 12: 621276.
- Petrović, M.P., M.S. Stanković, B.S. Anđelković, S.Z. Babić, V.G. Zornić, S.Lj. Vasiljević & Z.P. Dajić-Stevanović, 2016. Quality parameters and antioxidant activity of three clover species in relation to the livestock diet. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 44 (1): 201-208.
- Piasecka, A., N. Jedrzejczak-Rey & P. Bednarek, 2015. Secondary metabolites in plant innate immunity: conserved function of divergent chemicals. *New Phytologist*, 206: 948-964.
- Platikanov, S., S. Nikolov, D. Pavlova, L. Evstatieva & S. Popov, 2005. Volatiles from four *Astragalus* species: phenological changes and their chemotaxonomical application. *Zeitschrift für Naturforsch C*, 60 (7-8): 591-599.
- Quijada, J., C. Fryganas, H.M. Ropiak, A. Ramsay, I. Mueller-Harvey & H. Hoste, 2015. Anthelmintic activities against *Haemonchus contortus* or *Trichostrongylus colubriformis* from small ruminants are influenced by structural features of condensed tannins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63 (28): 6346-6354.
- Quiroz, A., L. Mendez, A. Mutis, E. Hormazabal & F. Ortega, 2017. Antifeedant activity of red clover root isoflavonoids on *Hylastinus obscurus*. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 17 (1): 231-239.
- Raeeszadeh, M., J. Beheshtipour, R. Jamali & A. Akbari, 2022. The antioxidant properties of alfalfa (*Medicago sativa* L.) and its biochemical, antioxidant, anti-inflammatory, and pathological effects on nicotine-induced oxidative stress in the Rat Liver. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2691577.
- Rafińska, K., P. Pomastowski, O. Wrona, R. Górecki & B. Buszewski, 2017. *Medicago sativa* as a source of secondary metabolites for agriculture and pharmaceutical industry. *Phytochemistry Letters*, 20: 520-539.
- Richardson, L.L., L.S. Adler, A.S. Leonard, J. Andicoechea, K.H. Regan, W.E. Anthony, J.S. Manson & R.E. Irwin, 2015. Secondary metabolites in floral nectar reduce parasite infections in bumblebees. *Proceedings Royal Society B*, 282: 20142471.
- Riddick, E.W., 2021. Potential of quercetin to reduce herbivory without disrupting natural enemies and pollinators. *Agriculture*, 11: 476.
- Robbins, R.J., 2003. Phenolic acids in foods: An overview of analytical methodology. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 2866-2887.

- Ruiz-López, M.A., L. Barrientos-Ramírez, P.M. García-López, E.H. Valdés-Miramontes, J.F. Zamora-Natera, R. Rodríguez-Macias, E. Salcedo-Pérez, J. Bañuelos-Pineda & J.J. Vargas-Radillo, 2019. Nutritional and bioactive compounds in Mexican lupin beans species: a mini-review. *Nutrients*, 11: 1785.
- Saleem, M., M. Karim, M.I. Qadir, B. Ahmed, M. Rafiq & B. Ahmad, 2014. In vitro antibacterial activity and phytochemical analysis of hexane extract of *Vicia sativa*. *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 9 (2): 189-193.
- Salehi, B., I.M. Abu-Reidah, F. Sharopov, N. Karazhan, J. Sharifi-Rad, M. Akram, M. Daniyal, F.S. Khan, W. Abbaass & R. Zainab, 2021. *Vicia* plants-a comprehensive review on chemical composition and phytopharmacology. *Phytotherapy Research*, 35 (2): 790-809.
- Schmitt, A., R. Roy & C.J. Carter, 2021. Nectar antimicrobial compounds and their potential effects on pollinators. *Current Opinion in Insect Science*, 44: 55-63.
- Seigler, D.S., 1998. *Plant Secondary Metabolism*. Springer New York, NY, 759pp.
- Singaravelan, N., M. Inbar, G. Ne'eman, M. Distl, M. Wink & I. Izhaki, 2006. The effects of nectar-nicotine on colony fitness of caged honeybees. *Journal of Chemical Ecology*, 32: 49-59.
- Singaravelan, N., G. Nee'man, M. Inbar & I. Izhaki, 2005. Feeding responses of free-flying honeybees to secondary compounds mimicking floral nectars. *Journal of Chemical Ecology*, 31 (12): 2791-2804.
- Slavković, F. & A. Bendahmane, 2023. Floral phytochemistry: impact of volatile organic compounds and nectar secondary metabolites on pollinator behavior and health. *Chemistry & Biodiversity*, 20: e202201139.
- Sowa, P., M. Tarapatsky, C. Puchalski, W. Jarecki & M. Dżugan, 2019. A novel honey-based product enriched with coumarin from *Melilotus* flowers. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13: 1748-1754.
- Stambolov, I., A. Shkondrov & I. Krasteva, 2023. *Astragalus glycyphyllos* L.: phytochemical constituents, pharmacology, and biotechnology. *Pharmacia*, 70 (3): 635-641.
- Stevenson, P.C., S.W. Nicolson & G.A. Wright, 2017. Plant secondary metabolites in nectar: impacts on pollinators and ecological functions. *Functional Ecology*, 31 (1): 65-75.
- Tava, A., L. Pecio, A. Stochmal & L. Pecetti, 2015. Clovamide and flavonoids from leaves of *Trifolium pratense* and *T. pratense* subsp. *nivale* grown in Italy. *Natural Product Communications*, 10: 933-936.
- Tiring, G., S. Satar & O. Özkaya, 2021. Sekonder metabolitler. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35 (1): 203-215.
- Tiwari, R. & C.S. Rana, 2015. Plant secondary metabolites: a review. *International Journal of Engineering Research and General Science*, 3 (5): 661-670.
- Trigo, J.R., 2011. Effects of pyrrolizidine alkaloids through different trophic levels. *Phytochemistry Reviews*, 10: 83-98.
- Tundis, R., M. Marrelli, F. Conforti, M.C. Tenuta, M. Bonesi, F. Menichini & M.R. Loizzo, 2015. *Trifolium pratense* and *T. repens* (Leguminosae): Edible Flower Extracts as Functional Ingredients. *Foods*, 4: 338-348.
- Tuominen, A., E. Toivonen, P. Mutikainen & J.P. Salminen, 2013. Defensive strategies in *Geranium sylvaticum*. Part 1: Organ-specific distribution of water-soluble tannins, flavonoids and phenolic acids. *Phytochemistry*, 95: 394-407.
- Ullrich, C.I., R. Aloni, M.E.M. Saeed, W. Ullrich & T. Efferth, 2019. Comparison between tumors in plants and human beings: mechanisms of tumor development and therapy with secondary plant metabolites. *Phytomedicine*, 64: 153081.
- Vannette, R.L. & T. Fukami, 2016. Nectar microbes can reduce secondary metabolites in nectar and alter effects on nectar consumption by pollinators. *Ecology*, 97 (6): 1410-1419.
- Verónica, C.S., F.M. de los Ángeles, R.G. Claudio & S.M. Fernanda, 2014. Analysis of phenolic compounds in onion nectar by miniaturized off-line solid phase extraction-capillary zone electrophoresis. *Analytical Methods*, 6: 4878-4884.
- Vioque, J., J. Giron-Calle, V. Torres-Salas, Y. Elamine & M. Alaiz, 2020. Characterization of *Vicia ervilia* (bitter vetch) seed proteins, free amino acids, and polyphenols. *Journal of Food Biochemistry*, 44 (7): e13271.
- Vlaisavljević, S., B. Kaurinović, M. Popović, M. Djurendić-Brenesel, B. Vasiljević, D. Cvetković & S. Vasiljević, 2014. *Trifolium pratense* L. as a potential natural antioxidant. *Molecules*, 19 (1): 713-725.
- Vlaisavljević, S., B. Kaurinović, M. Popović, & S. Vasiljević, 2017. Profile of phenolic compounds in *Trifolium pratense* L. extracts at different growth stages and their biological activities. *International Journal of Food Properties*, 20 (12): 3090-3101.

- Wallace, R.J., 2004. Antimicrobial properties of plant secondary metabolites. *Proceedings of the Nutrition Society*, 63: 621-629.
- Wink, M., 2013. Evolution of secondary metabolites in legumes (Fabaceae). *South African Journal of Botany*, 89: 164-175.
- Wink, M., 2018. Plant secondary metabolites modulate insect behavior-steps toward addiction?. *Frontiers in Physiology*, 9: 364.
- Wink, M., 2019. Quinolizidine and pyrrolizidine alkaloid chemical ecology – a mini-review on their similarities and differences. *Journal of Chemical Ecology*, 45: 109-115.
- Wink, M., 2020. “Evolution of the angiosperms and co-evolution of secondary metabolites, especially of alkaloids, 151-174”. In: *Co-Evolution of Secondary Metabolites*. (Eds. J.M. Mérillon & K.G. Ramawat), Reference Series in Phytochemistry, Springer, Cham.
- Wu, F., Z. Duan, P. Xu, Q. Yan, M. Meng, M. Cao, C.S. Jones, X. Zong, P. Zhou, Y. Wang, K. Luo, S. Wang, Z. Yan, P. Wang, H. Di, Z. Ouyang, Y. Wang & J. Zhang, 2021. Genome and systems biology of *Melilotus albus* provides insights into coumarins biosynthesis. *Plant Biotechnology Journal*, 20 (3): 592.
- Yang, L., K.S. Wen, X. Ruan, Y.X. Zhao, F. Wei & Q. Wang, 2018. Response of plant secondary metabolites to environmental factors. *Molecules*, 23: 762.
- Yang, Y., M. Liu, K. Wang, Y. Yang, N. Su, W. Huang & Y. Wu, 2020. Chemical and cytological evaluation of honeybee pollen antioxidant ability. *Journal of Food Science*, 85: 824-833.
- Yerlikaya, S., M.C. Baloglu, A. Diuzheva, J. Jekő, Z. Cziáky & G. Zengin, 2019. Investigation of chemical profile, biological properties of *Lotus corniculatus* L. extracts and their apoptotic-autophagic effects on breast cancer cells. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 174: 286-299.
- Zagrobelny, M. & B.L. Møller, 2011. Cyanogenic glucosides in the biological warfare between plants and insects: the burnet moth-birdsfoot trefoil model system. *Phytochemistry*, 72: 1585-1592.
- Zhang, J., Z. Wang, P. Wen, Y. Qu, K. Tan & J.C. Nieh, 2018. The reluctant visitor: A terpenoid in toxic nectar can reduce olfactory learning and memory in Asian honey bees. *The Journal of Experimental Biology*, 221: jeb.168344.