





ISSN: 2147–8384  
e-ISSN: 2564–6826

# ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi

(COMU Journal of Agriculture Faculty)

Cilt (Volume): 9 Sayı (Issue): 1 Yıl/Year: 2021

Yazışma Adresi (*Corresponding Address*)

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi Yayın Koordinatörlüğü,  
Terzioğlu Kampüsü, 17100, Çanakkale/Türkiye

Tel: +90 286 218 00 18

Faks: +90 286 21805 45

E-mail: ziraatdergi@comu.edu.tr

ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi Hakemli bir dergi olup yılda iki sefer yayınlanır.  
Dergi içerisindeki makaleler, çizelgeler, şekiller ve resimler izinsiz olarak kullanılamaz.  
Diğer makale, bildiri ve kitaplar için alıntı yapılacağı zaman referans verilerek yapılmalıdır.

COMÜ Journal of Agriculture Faculty is a peer reviewed journal and published twice in a year.  
The articles, tables and figures of this journal are not allow to be used anywhere without permission.  
Only should be given as reference in other research papers, articles, books, poster and oral presentations.  
All rights to articles published in this journal are reserved by the COMU, Faculty of Agriculture, Canakkale.



**ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi**  
(COMU Journal of Agriculture Faculty)

**İmtiyaz Sahibi (Publisher)**  
Prof. Dr. Murat YILDIRIM, Dekan/Dean

**Editörler Kurulu Başkanı (Editor-in-Chief)**  
Prof. Dr. Altıngül ÖZASLAN PARLAK

**Yardımcı Editörler (Assistant Editor-in-Chief)**  
Prof.Dr. Mehmet PARLAK  
Prof. Dr. Gökhan ÇAMOĞLU  
Doç. Dr. Fatih KAHRIMAN  
Doç. Dr. Cemil TÖLÜ  
Doç.Dr Anıl ÇAY  
Dr. Öğr. Üyesi Baboo Ali  
Dr. Öğr.Üyesi Bengü EVEREST

**Danışma Kurulu (Advisory Board)**  
Prof. Dr. Aydın AKIN, Bahçe Bitkileri  
Prof. Dr. Çiğdem ULUBAŞ SERÇE, Bitki Koruma  
Prof. Dr. Muhammad AFZAL, Bitki Koruma  
Prof. Dr. Neelima TALWAR, Bitki Koruma  
Prof. Dr. Nevin DEMİRBAŞ, Tarım Ekonomisi  
Doç. Dr. Athanasios KAMPAS, Tarım Ekonomisi  
Prof. Dr. Erdem AYKAS, Tarım Makinaları  
Prof. Dr. Plamen Ivanov Daskalov, Tarım Makinaları  
Prof. Dr. Mustafa YILDIZ, Tarımsal Biyoteknoloji  
Doç. Dr. Shahjahan Shabbir AHMED RANA, Tarımsal Biyoteknoloji  
Prof. Dr. İsmail Hakkı TÜZEL, Tarımsal Yapılar ve Sulama  
Doç. Dr. Shafiqur RAHMAN, Tarımsal Yapılar ve Sulama  
Prof. Dr. Ali KOÇ, Tarla Bitkileri  
Dr. Anna Wondolowska-Grabowska, Tarla Bitkileri  
Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme  
Prof. Dr. Rüdiger ANLAUF, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme  
Prof. Dr. Orhan KARACA, Zootečni  
Prof. Dr. Muhamed BRKA, Zootečni

**Yabancı Dil Danışmanı (Foreign Language Advisor)** **Mizanpaj (Typesetting)**  
Dr. Öğr. Üyesi Baboo ALI Arş.Gör.Eylem DURMUŞ

**Yazışma Adresi (Corresponding Address)**  
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi Yayın Koordinatörlüğü, Terzioğlu  
Kampüsü, 17100, Çanakkale/Türkiye.  
Tel: +90 286 218 00 18, Faks: +90 286 21805 45,  
E-mail: ziraatdergi@comu.edu.tr

## Tarandığı Dizinler

**DergiPark**  
AKADEMİK

**ROOTINDEXING**  
JOURNAL ABSTRACTING AND INDEXING SERVICE

**CABI**

**COSMOS**  
IMPACT FACTOR

**INDEX COPERNICUS**  
INTERNATIONAL

**SIS**  
Scientific Indexing Services

**DRJI** Directory of  
Research  
Journals Indexing

**CiteFactor**  
Academic Scientific Journals

**Academic  
Resource  
Index**  
ResearchBib

**ESJI** Eurasian  
Scientific  
Journal  
Index  
[www.ESJIndex.org](http://www.ESJIndex.org)



## ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi 2021, 9(1):1–201

### İçindekiler/Contents

- Antennal Sensillum Distribution of Some Butterflies (Rhopalocera: Lepidoptera) Using Scanning Electron Microscopy (SEM).....1  
**Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) Tekniği Kullanılarak Bazı Kelebekler (Lepidoptera: Rhopalocera)’in Antennal Sensillum Dağılımının İncelenmesi**  
*Surabhi Talwar*
- Buğdayda Başak Yanıklığına Karşı Farklı Çiçeklenme Dönemlerinde Uygulanan Tebuconazole’un Etkinliği.....13  
**Effectiveness of Tebuconazole Applied in Different Anthesis Stages Against Head Blight in Wheat**  
*Gülsüm Palacioğlu, Figen Mert*
- Determination of Biological Properties of *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae).....21  
***Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae)’nın Biyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi**  
*Ceren Saran, Hanife Genç*
- Tüketicilerin Çirkin (Mükemmel Olmayan) Meyve ve Sebze Tüketimine Yönelik Tutum ve Davranışlarının Belirlenmesi: Bornova İlçesi Örneği.....31  
**Determining the Attitudes and Behaviors of Consumers Towards Ugly (Imperfect) Fruit and Vegetable Consumption: The Case From Bornova District**  
*Beyza Tunç, Emre Akın, Nevin Demirbaş*
- Kiraz (*Prunus avium* L.) Budama Artık Katsayısının ve Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi.....41  
**Determination of Cherry Pruning Residual Coefficient and Energy Potential**  
*Mehmet Ali Mandacı, Gıyasettin Çiçek*
- Çim Peleti Üretiminde Kalıp Delik Çapı ve Nem İçeriğinin Üretim Parametreleri ve Pelet Fiziksel Özelliklerine Etkisi.....47  
**The Effects of Die Hole Diameter and Pelletizing Moisture on Production Parameters and Physical Properties of Grass Pellets**  
*Hasan Yılmaz, Mehmet Topakcı, Murad Çanakcı, Davut Karayel*



- Çanakkale Çimenlik Kalesi'nin Tarihi Kentsel Peyzaj Elemanı Olarak İrdelenmesi.....57  
**Examination of Çanakkale Çimenlik Castle as a Historical City Landscape Element**  
*Füsun Erduran Nemutlu*
- Ankara İmrahor Vadisi ve İncesu Deresinin Biyofilik Tasarım Yaklaşımı İçinde Değerlendirilmesi.....71  
**Evaluation of Ankara Imrahor Valley and Incesu Stream Within Biophilic Design Approach**  
*İzel Gökten, Abdullah Kelkit*
- Anadolu'ya Ait Yerel Mısır Popülasyonlarının Protein Bant Dizileri Yardımıyla Karakterizasyonu.....79  
**Characterization of Anatolian Maize Landraces by Protein Band Sequences**  
*Şule Akbulut, Fatih Kahrıman, Cem Ömer Egesel*
- Lavandin (*Lavandula x intermedia*) Uçucu Yağının Mısır (*Zea mays* L.)'in Çimlenme ve Fide Gelişimine Etkileri.....89  
**Effects of Lavandin (*Lavandula x intermedia*) Essential Oil on the Germination and Seedling Development of Corn (*Zea mays* L.)**  
*Uğur Binbir, Cafer Türkmen, Yakup Çıkkılı, Yalçın Coşkun, İsmail Taş*
- Palandöken Dağı Korunan Bir Alpin Meranın Bitki Örtüsü, Yaygın Geniş Yapraklı Türlerin Yersel Dağılımı ve Bitki Türleri İle Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler.....97  
**Vegetation of an Enclosed Alpine Rangeland of Palandoken Mountain, Spatial Distribution of Common Forb Species, and Relations Among the Plant Species and Soil Characteristics**  
*Şule Erkovan, Ali Koç*
- Kısıtlı Sulama ve Kükürt Dozu Uygulamalarının Soya Fasulyesinde Bitki Gelişimi ve Klorofil (SPAD) İçeriğine Etkisi.....105  
**The Effects of Deficit Irrigation and Sulphur Fertilization on Soybean Growth and Chlorophyll (SPAD) Content**  
*Ali Yiğit, Osman Ereku, Nermin Yaraşır*
- Nitelikli Mısır Popülasyonlarında Önemli Tane Kalite Özellikleri İçin Gen Etkisi, Heterosis ve Korelasyon Analizleri.....119  
**Gene Action, Heterosis and Correlation Studies in Different Specialty Maize Populations for Important Kernel Quality Traits**  
*Halil Uysal, Fatih Kahrıman*
- Eğimli ve Kurak Koşullarda Bir Arazi Toplulaştırma Sahasının Çölleşme Potansiyelinin Fraktal Analizle Araştırılması.....131  
**Investigation of Desertification Potential of a Land Consolidation Site Under Sloped and Arid Conditions by Fractal Analysis**  
*Murat Altınsu, İrfan Oğuz, Rasim Koçyiğit*

Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Değişimlerinin Farklı Zamanlı Landsat Uydu Görüntüleri ile Belirlenmesi: Çarşamba Delta Ovası Örneği.....	141
<b>Determination of Land Use/ Land Cover Changes with Multi-temporal Landsat Satellite Images: A Case Study of Çarşamba Delta Plain</b>	
<i>İnci Demirağ Turan, Orhan Dengiz, Nursaç Serda Kaya</i>	
Effects of Different Soil Conditioners on Water Use Efficiency and Tomato Plant Growth in Loam and Clay Loam Soils.....	153
<b>Farklı Toprak Düzenleyicilerin Tın ve Killi Tın Topraklarda Su Kullanım Randımanına ve Domates Bitkisinin Büyümesine Etkileri</b>	
<i>Nurten İşler, Yasemin Kavdır</i>	
Suluca (Lapseki-Çanakkale) Katenasında Toprak Özellikleri ve Taksonomik Değişim.....	163
<b>Taxonomic Changes and Soil Properties in Suluca-Kocaveli Soil Catena (Lapseki-Çanakkale)</b>	
<i>Gamze Sivrikaya, Hüseyin Ekinci</i>	
Variations in Erosion Risk in Western Anatolia (Turkey): Modified Fournier Approach.....	179
<b>Batı Anadolu'da Erozyon Riskindeki Değişimler: Modifiye Fournier Yaklaşımı</b>	
<i>Ercan Yeşilirmak, Levent Atatanır</i>	
Sentinel 2 Uydu Görüntülerinden Bazı Bitki Türlerinin Makine Öğrenmesi ile Belirlenmesi.....	189
<b>Determination of Some Plant Species from Sentinel 2 Satellite Images by Machine Learning</b>	
<i>Emre Tunca, Eyüp Selim Köksal</i>	
Düzeltilme .....	201
<b>Erratum</b>	



Araştırma Makalesi/Research Article

## Antennal Sensillum Distribution of Some Butterflies (Rhopalocera: Lepidoptera) Using Scanning Electron Microscopy (SEM)

Surabhi Talwar\* 

Department of Zoology and Environmental Sciences, Punjabi University, Patiala-147002, India  
\*Corresponding author: surabhitalwar91@gmail.com

Geliş Tarihi: 07.02.2021

Kabul Tarihi: 08.06.2021

### Abstract

Antennae of five male butterflies namely *Danaus chrysippus* (Linnaeus) (Danaiidae), *Pontia daplidice moorie* (Rober) (Pieridae), *Junonia lemonias* (Linnaeus) (Nymphalidae), *Chilades pandava* Horsfield (Lycaenidae) and *Papilio demoleus demoleus* Linnaeus (Papilionidae) have been studied under scanning electron microscope for observing the type and number of sensilla dispersed on their component segments i.e. scape, pedicel and flagellum. The antenna of *P. demoleus demoleus* shows the presence of seven sensilla i.e., Böhm, Trichodea, Squamiformia, Chaetica, Basiconica, auricillica and Clavate. On the other hand, *P. daplidice moorie* and *J. lemonias* show the presence of only five first mentioned sensilla. However, *C. pandava* possesses four sensilla whereas *D. chrysippus* carries six sensilla, all from the seven sensilla category indicated above. Structure and location of all the sensilla on the antennal surface has been studied and illustrated in detail.

**Keywords:** Böhm, Trichodea, Squamiformia, Chaetica, Basiconica, Auricillica, Clavate

### Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Tekniği Kullanılarak Bazı Kelebekler (Lepidoptera: Rhopalocera)'in Antennal Sensillum Dağılımının İncelenmesi

#### Öz

Beş erkek kelebeğin; *Danaus chrysippus* (Linnaeus) (Danaiidae), *Pontia daplidice moorie* (Rober) (Pieridae), *Junonia lemonias* (Linnaeus) (Nymphalidae), *Chilades pandava* Horsfield (Lycaenidae) ve *Papilio demoleus demoleus* Linnaeus (Papilionidae) antenleri bileşen bölümleri (Scape, Pedicel ve Flagellum)'ne dağılmış sensilla tipini ve sayısını gözlemlemek için taramalı elektron mikroskobu altında incelenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, *Papilio demoleus demoleus* Linnaeus anteninde böhm, trichodea, squamiformia, chaetica, basiconica, auricillica ve clavate olmak üzere yedi farklı sensilla bulunmuştur. Öte yandan, *Pontia daplidice moorie* (Rober) ve *Junonia lemonias* (Linnaeus) antenleri üzerinde yukarıda bahsedilen ilk beş sensilla (böhm, trichodea, squamiformia, chaetica ve basiconica)'nın bulunduğu tespit edilmiştir. Ancak yukarıda belirtilen tüm yedi sensilla kategorisinden *Chilades pandava* (Horsfield)'nın dört sensilla oysa *Danaus chrysippus* (Linnaeus)'un altı sensilla taşıdıkları ortaya konulmuştur. Anten üzerindeki tüm sensillerin yapısı ve konumu ayrıntılı bir biçimde incelenerek bu çalışmada gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Böhm, Trichodea, Squamiformia, Chaetica, Basiconica, Auricillica, Clavate

#### Introduction

The antenna of insects are organs of olfaction. They are beset with different sensilla which help them in primary functions of life, that is, food and reproduction (Zacharuk, 1980; Skiri et al., 2005). These sensilla show morphological and ultrastructural differences with different functions, which act as communication channels to respond to stimuli time to time. (Gao et al., 2007). Antennal sensilla are extremely sensitive to odours thus offering a great advantage to an insect to perceive and respond to the environmental cues. (Derby and Steullet., 2001). These sensilla are highly sensitive to cater to basic needs of insects i.e., food and mate by perceiving and responding (Schneider, 1964; Onagbola et al., 2008). The occurrence of such diverse types of sensilla is complementary to their diverse habitats and behaviour. (Faucheux et al., 2006). Numerous studies have been done on the antennal sensilla of order Lepidoptera using electron microscopy techniques (Victor et al., 1999; 2003; 2008; Faucheux, 1990a; Faucheux et al., 2006; Frank et al., 2010; Nasra, 2008), but little research has involved butterflies. Therefore, the present study uses scanning electron microscopy (SEM) to



characterize the antennal sensilla of male butterflies and providing a particular morphological basis for future behavioural and electrophysiological studies.

### Materials and Methods

Twenty specimens of each of the five species of butterflies included in these investigations were collected from different places in Chandigarh, particularly Botanical Garden, Terraced Garden, Sukhna Lake etc. The names of the five species along with their respective families are mentioned in the given observations.

Identification of the given species was confirmed by referring to a book on Butterflies of North-West India (Pajni et al., 2006). The collected butterflies were transferred to a killing bottle containing a plug soaked in ethyl acetate. The freshly killed butterflies were then stretched on a stretching board and allowed to dry before shifting to insect boxes. The boxes were provided with powdered naphthalene balls to protect them from attack of insects.

Antennae of five male butterflies of each species were carefully removed from either basis. These were dehydrated by keeping them in 70%, 90% and 100% ethanol for 15 minutes each. The antennae were totally dried and specimens were mounted on SEM stubs equipped with double-sided adhesive tape. The specimens were then sputter-coated with gold and photographed with a Jeol JSM 6100 SEM. Different parts of each antenna were photographed according to the presence of sensilla on each of them.

### Results



Figure 1: *Pontia daplidice moorie* (Rober) The Bath White

#### Scape

**Böhm:** Short and medium spine-like structures. Present in clusters. Inserted in the middle of scape. See Figure 1.1.

**Trichodea:** Long and medium erect structures. Less in number. Present on the dorsal surface of scape. See Figure 1.1.

#### Pedicel

Covered with scales. See Figure 1.2.

#### Flagellum

**Trichodea:** Long, spine-like structures bearing a sharp tip and curved along longitudinal axis. Abundant. Present laterally and in the middle of flagellar segments. See Figure 1.3.

**Chaetica:** Straight, blunt tip, grooved surface, longer and wider at the base and arise from a round socket. Evenly distributed. Mostly present on the lateral side and the central area of flagellomere. See Figure 1.5.

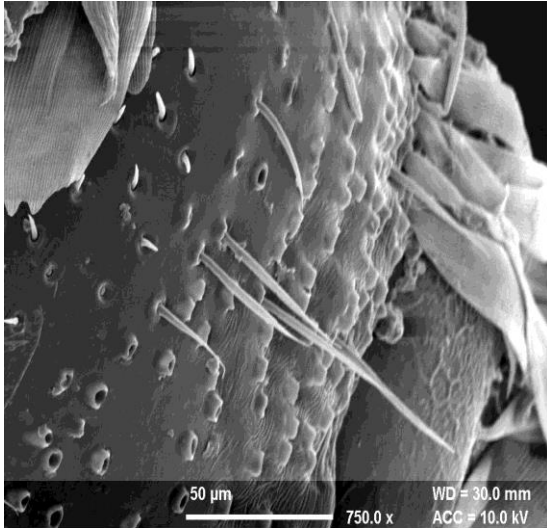


Figure 1.1 Böhm and Trichodea sensilla

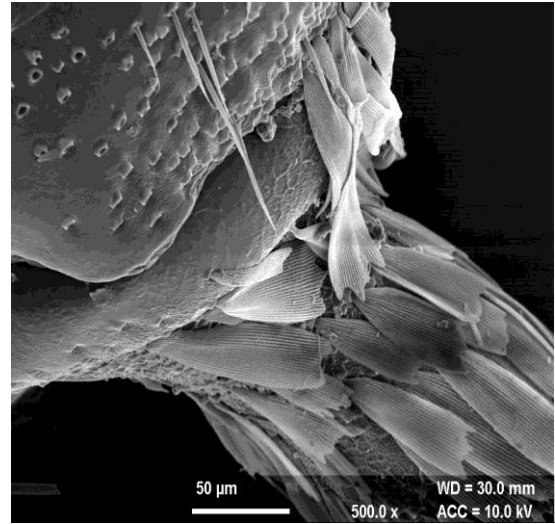


Figure 1.2: Pedicel covered with scales

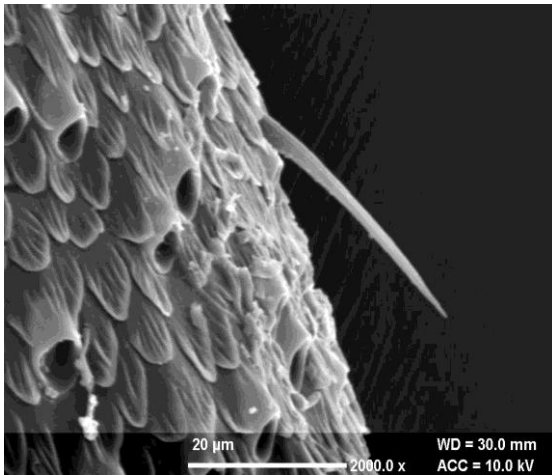


Figure 1.3 Sensillum trichodeum

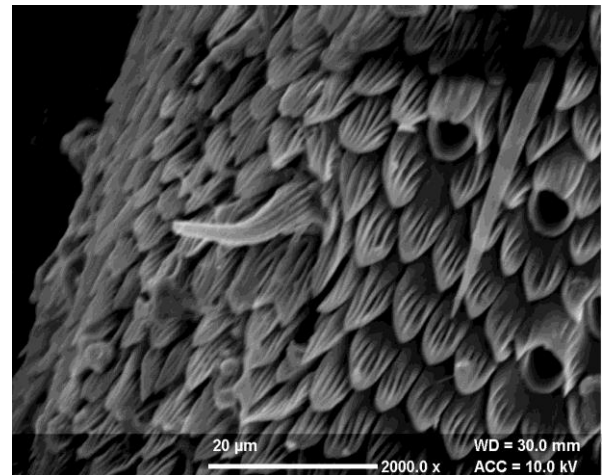


Figure 1.4 Sensillum squamiformium and basiconicum

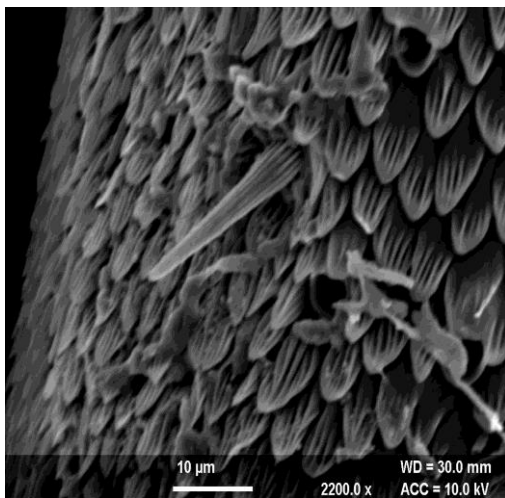


Figure 1.5: Sensillum chaeticum

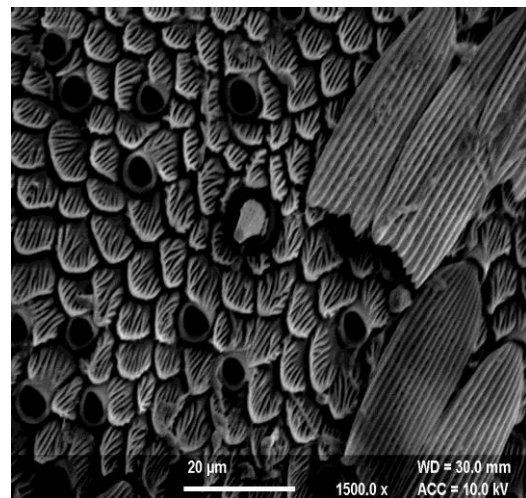


Figure 1.6: Sensillum basiconicum

**Basiconica:** Curved proximally, digitiform, corrugated surface texture and wider at the base. Rarely distributed on each flagellar segment. Mostly present on the terminal segment of flagellum (Figure 1.6)

**Squamiformia:** Scale-like, bearing longitudinal warts and elongated with a tapering end. All antennal segments bear one sensilla except the terminal segment. Found along the base or centre of flagellum (Figure 1.4)



Figure 2: *Danaus chrysippus* (Linnaeus) The Plain Tiger

#### Scape

**Böhm:** Short (Round base and curved towards the shaft with a blunt tip) and long (Spindle-shaped). Present in clusters. Inserted in the middle of scape. See Figure 2.1.

#### Pedicel

**Trichodea:** Hair-like, elongated, curved along longitudinal axis, and tapering apically. Scattered and intermingled among scales. Widely spread over the pedicel.

**Böhm:** Spine-like structures. Short in size. Inserted to the base of pedicel. See Figure 2.2.

#### Flagellum

**Trichodea:** Long, hair-like, curved along longitudinal axis, pointed towards the shaft and tapering apically. Less in number. Found mostly among squamiformia on the lateral edges of flagellar segment. See Figure 2.2.

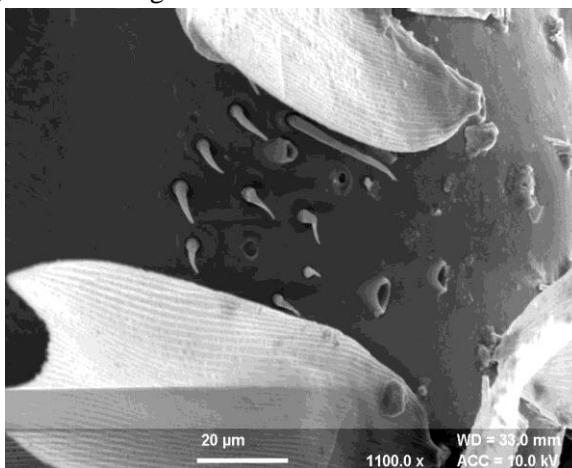


Figure 2.1 Böhm sensilla

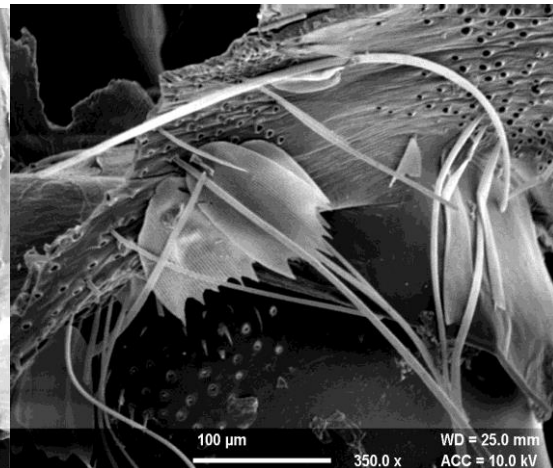


Figure 2.2 Böhm and trichodea sensilla

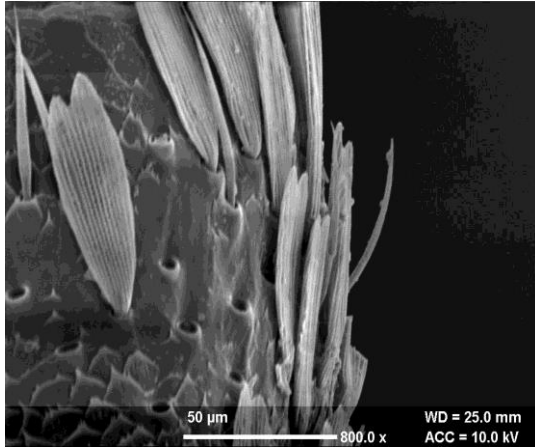


Figure 2.3 Sensilla squamiformia and trichodea

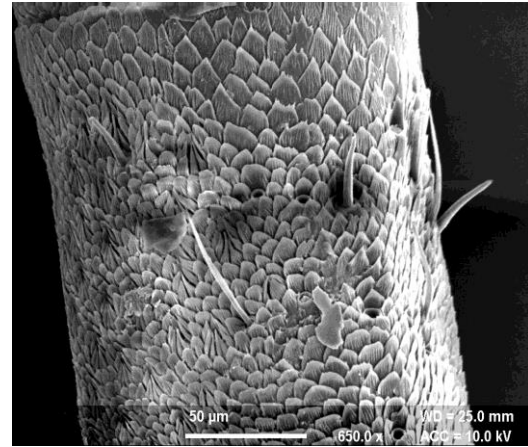


Figure 2.4 Sensilla chaetica and coeloconica

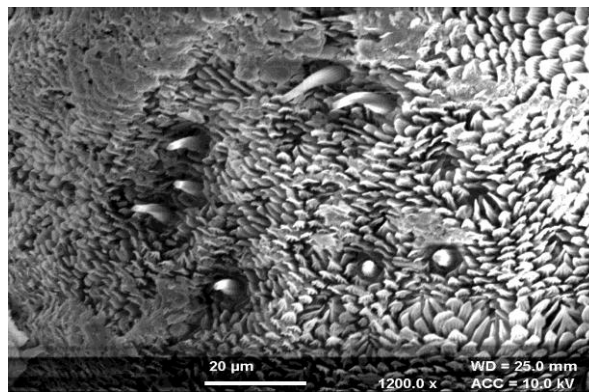


Figure 2.5 Sensilla basiconica and coeloconica

**Squamiformia:** Elongated, placed into socket and bear longitudinal ridges. 3-4 sensilla per flagellomere. Found over the lateral sides and in central area of the flagellar segment. See Figure 2.3.

**Chaetica:** Medium, slightly curved towards the tip along with corrugated surface texture. 2-3 sensilla per flagellomere. Present on the lateral edges and central area of flagellar segment. See Figure 2.4.

**Coeloconica:** Peg in pit i.e. a cuticular depression surrounded by 10-12 cuticular spines forming a circle around the peg. Numerous. Spread widely over the base, centre and anterior surface (terminal segment) of the flagellomere. See Figure 2.4, 2.5.

**Basiconica:** Curved proximally, digitiform, round at the tip and wide at the base. 3-5 sensilla along with coeloconica distributed at the anterior surface of the terminal segment. See Figure 2.5.



Figure 3: *Junonia lemonias* (Linnaeus) The Lemon Pansy

### Scape

**Böhm:** Short, medium and long spine-like structures curved apically. Present in groups, placed at basal portion of scape. See Figure 3.1.

### Pedicel

**Böhm:** Long, erect, spine-like structure. Inserted at the base of pedicel. Found at the lateral edges of pedicel. See Figure 3.2.

### Flagellum

**Trichodea:** Long, arc-like, pointed apically. Few in number. Present on the lateral edges of flagellum. See Figure 3.3.

**Chaetica:** Straight, curved distally with a blunt tip, grooved surface, broad base and sharp distal end. Numerous. Distributed along the lateral edges and central area of the flagellar segment. See Figure 3.4.

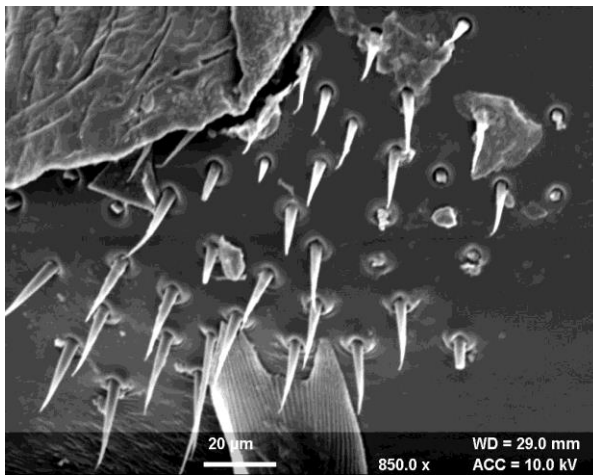


Figure 3.1 Böhm sensilla (Scape)

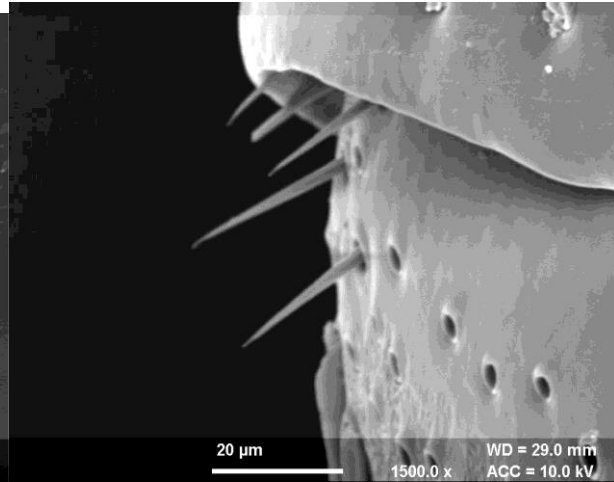


Figure 3.2 Böhm sensilla (Pedicel)

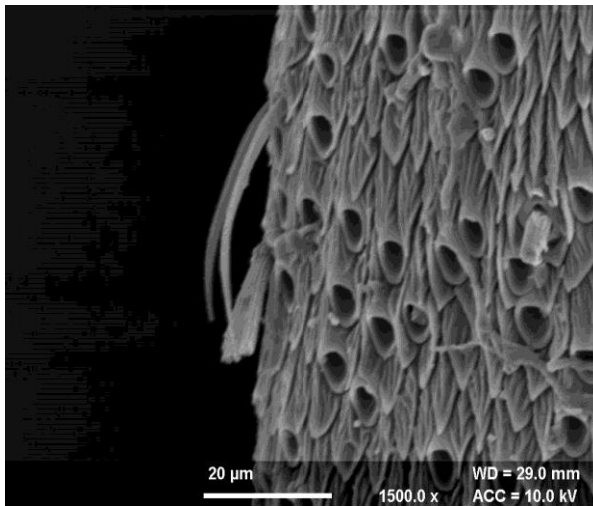


Figure 3.3 Sensilla trichodea

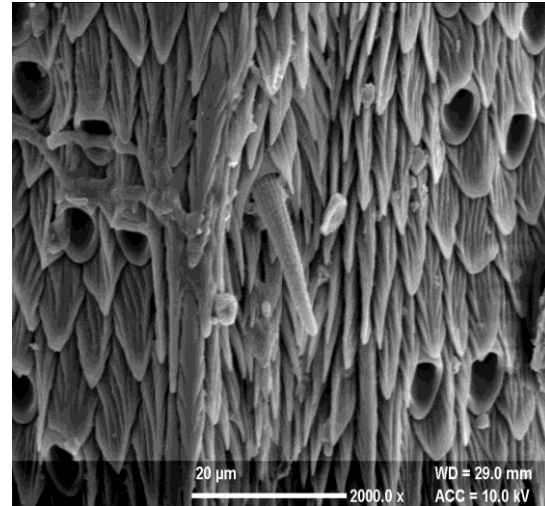


Figure 3.4 Sensilla chaeticum

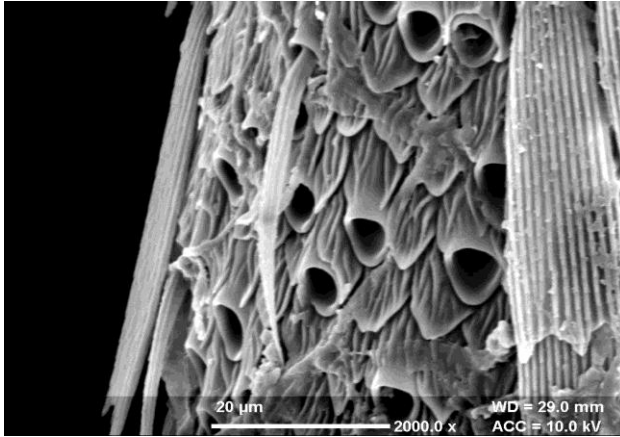


Figure 3.5 Sensillum squamiformium

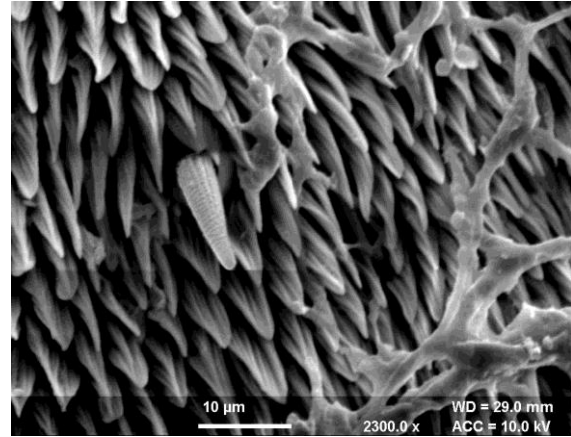


Figure 3.6 Sensillum basiconicum

**Squamiformia:** Scale-like, long with tapering towards end, 1-2 per flagellomere. Distributed over the lateral edges, central area and terminal segment of flagellomere. . See Figure 3.5.

**Basiconica:** Small, conical in shape, finger-like, corrugated surface texture and wider at the base. Less in number as compared to Chaetica. Found in the centre of the flagellar segment. See Figure 3.6.



Figure 4: *Chilades pandava* (Horsfield) The Cycad Blue

#### **Scape**

**Trichodea:** Arc-like, little curved towards the antennal shaft and parallel to the antennal surface. Numerous. Present on the lateral sides of scape. See Figure 4.1.

#### **Pedicel**

**Böhm:** Spine-like structures. Present in groups around the base of pedicel. See Figure 4.2.

#### **Flagellum**

**Trichodea:** Curved along longitudinal axis bearing a blunt tip and some are hair-like, thick at base but taper towards apex. Numerous in number. Distributed on the lateral edges of the antennal surface and among the Chaetica, especially on the terminal segment. See Figure 4.4.

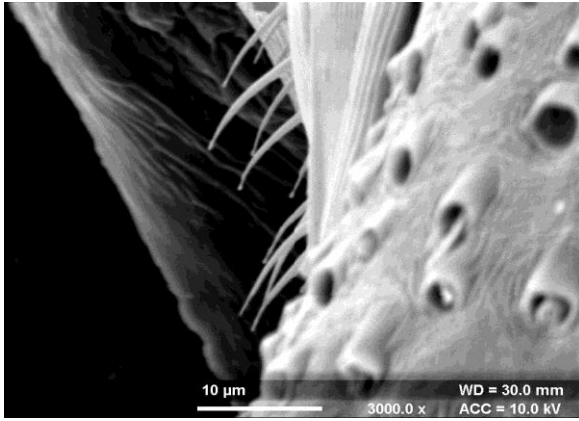


Figure 4.1 Sensilla trichodea

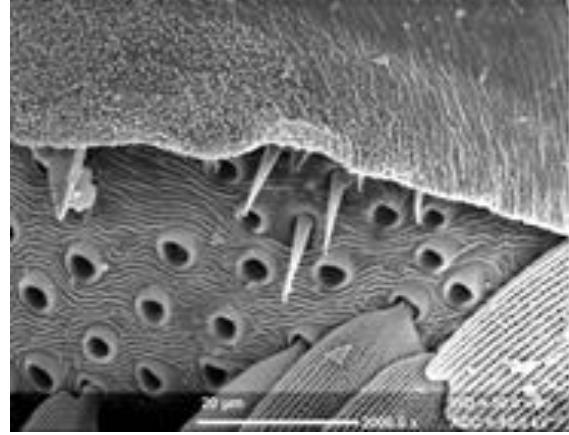


Figure 4.2 Böhm sensilla

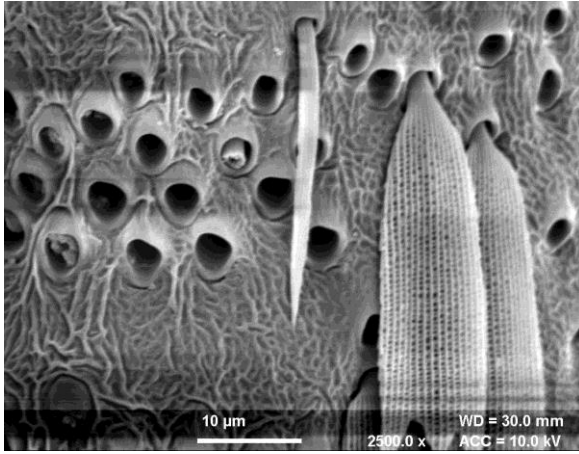


Figure 4.3 Sensillum squamiformium

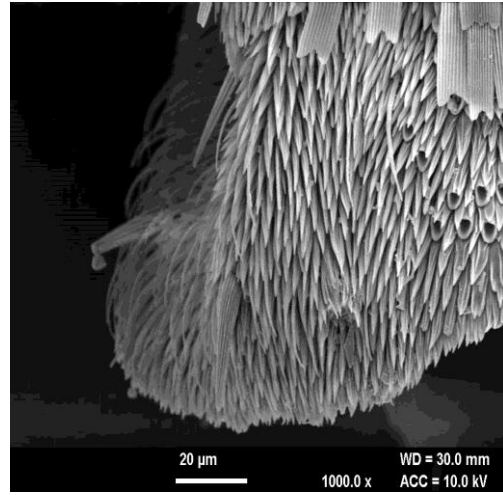


Figure 4.4 Sensilla chaetica and trichodea

**Chaetica:** Straight, without sharp edge and a corrugated facet, slightly curved, long and broader towards base. Evenly distributed (1-3 per flagellomere) at the centre of flagellomere and among the Trichodea along the flagellum. Present at the lateral edges of flagellar segment and spread widely among Trichodea on the terminal segment. See Figure 4.4.

**Squamiformia:** Scale-like, elongated, slenderer than the real scales, placed into socket and bear longitudinal warts. 1-2 per flagellomere. Found along the base and central area of flagellum among the scales. See Figure 4.3.



Figure 5: *Papilio demoleus demoleus* (Linnaeus) The Lime Butterfly

### Scape

**Böhm:** Long and medium, needle-like, curved and pointed apically. Present in groups. Placed to the base of scape and present on its lateral edges. See Figure 5.1.

### Pedicel

Covered with scales.

### Flagellum

**Trichodea:** Arc-like with a blunt tip and parallel to the antennal surface. Abundant. Distributed in parallel bands over the flagellar segments. See Figure 5.6.

**Squamiformia:** Appears elongated and more cylindrical than the real scales and bears longitudinal warts. Located at the base of flagellum among the scales. See Figure 5.2.

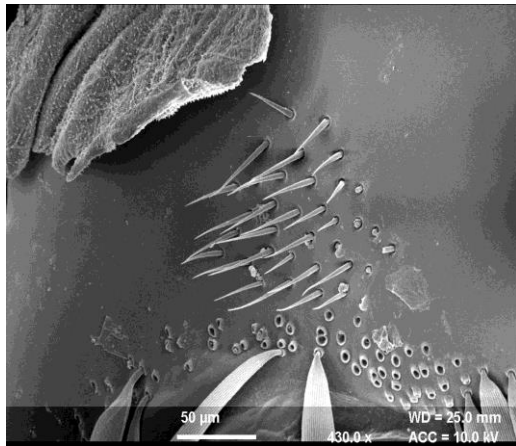


Figure 5.1 Böhm sensilla

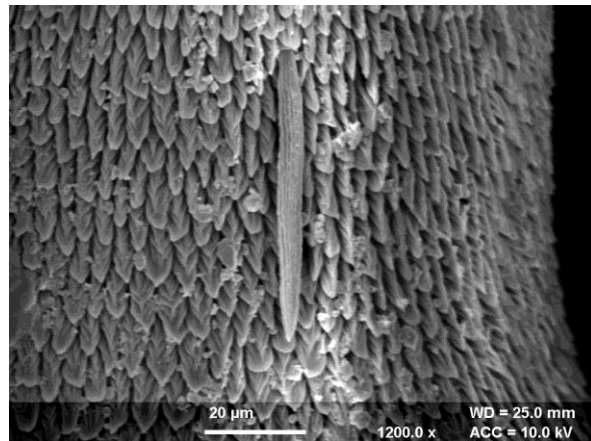


Figure 5.2 Sensillum squamiformium



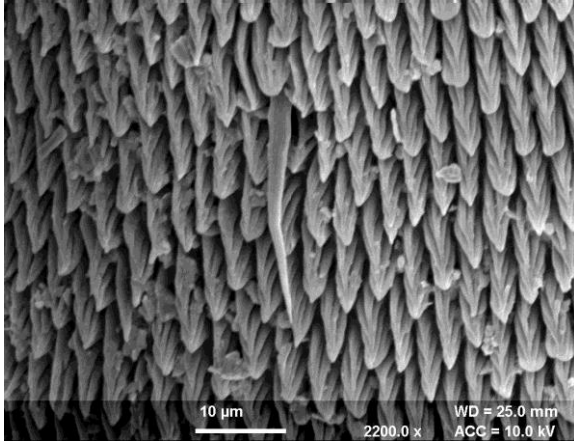


Figure 5.3 squamiformium and auricillicium

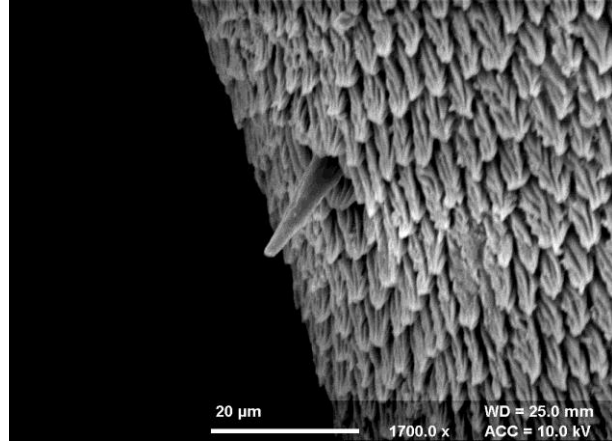


Figure 5.4 Sensillum chaeticum

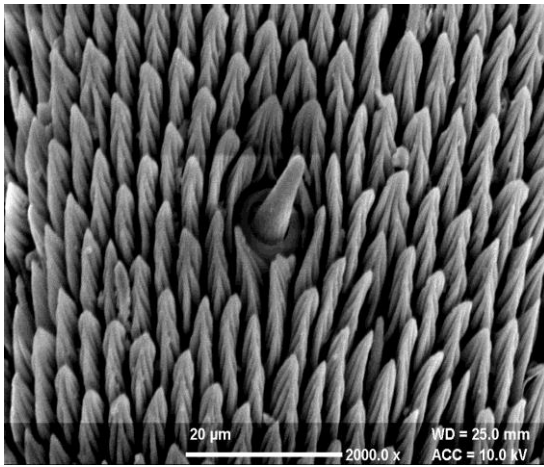


Figure 5.5 Sensillum basicanicum

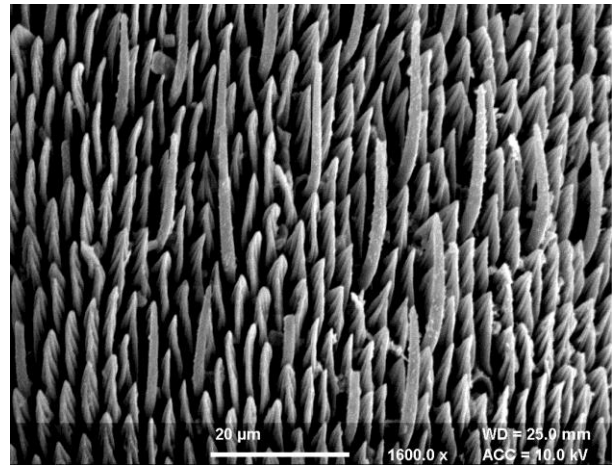


Figure 5.6 Sensilla trichodea

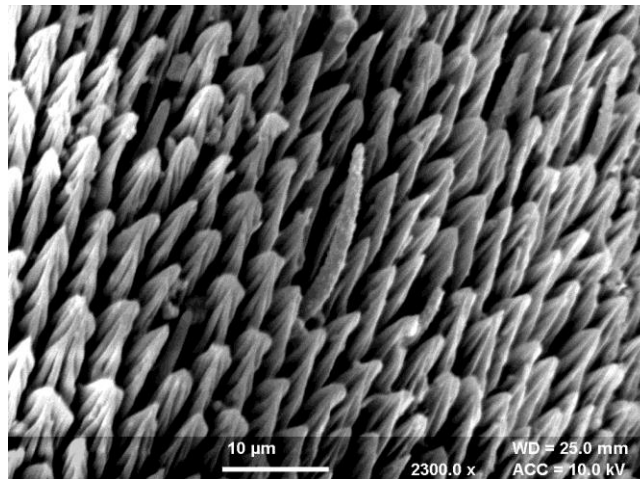


Figure 5.7 Sensilla clavate

**Chaetica:** Straight, medium, grooved surface, with broad base and sharp distal end. One sensillum each present per flagellomere. Found on the lateral edges and anterior surface of the terminal segment of the flagellomere. See Figure 5.4.

**Clavate:** Club-like. 2-3 per flagellomere. Distributed among Trichodea. See Figure 5.7.



**Basiconica:** Short, blunt conical shape, corrugated surface texture and wide at the base. A single sensilla Basiconica present in 2-3 flagellar segments. Distributed in central area of flagellomere. See Figure 5.5.

**Auricillica:** Auriform structure, lacks sharpness at the tip, 2-3 sensilla found in a central area of a particular flagellar segment. See Figure 5.3.

In spite of the variety in the types of sensilla observed in the present investigations and studied by other workers of butterflies, it is relevant to mention the opinion of Hansson (1995) that only 3 basic type of sensilla are met with in butterflies. According to him, minor variations in the shape and size of these sensilla have led other workers to give the variants the separate names. This may be true because the number of sensilla in certain beetles (Kaur,1998), some dipterans (Wang et al., 1975) and other insects (Callahan, 1975) is also 3. However, contention of Hansson that sensilla coeloconica and auricillica are missing from butterflies has been refuted by Xiangqun et al., 2014 who reported both the sensilla in four Skipper species of butterflies and by Abu-shall and Tawfeek (2015) who observed the presence of sensilla coeloconica in *Chilades pandava* Horsfield.

The noted contradictions in the number of types of sensilla and their nomenclature clearly points to the fact that whole system of antennal sensilla needs to be reviewed with particular objective of working out a general structure and a common nomenclature for all the Lepidopteran antennal sensilla. This will help in reducing the number of types of sensilla as well as their role in the process of olfaction. This area of research accordingly needs to be examined in detail.

### Conclusions

Detailed morphological studies regarding location and distribution of different sensilla on the antenna of five male species of butterflies pertaining to five families viz., Danaidae, Pieridae, Nymphalidae, Lycaenidae and Papilionidae from order Lepidoptera has been carried out for the first time. The electron microscopic scanning of the dealt with species by and large showed the same basic structure i.e. scape, pedicel and flagellum, each possessing different types of antennal sensilla showing morphological differences. More elaborate studies need to be undertaken on other members of the above mentioned five families which will further help in consolidating taxonomy and phylogeny of Lepidoptera.

**Acknowledgements:** The guidance provided by Late Dr. H.R.Pajni in shaping this manuscript is greatly acknowledged.

### References

- Abu-shall, A.M.H. and Tawfeek, M.E., 2015. Description of the Egyptian form of *Chilades pandava* Horsfield (Lepidoptera: Lycaenidae: Polyommatainae) and Ultrastructure of Antennal Sensilla. *Journal of Entomology*. 12: 67-76.
- Callahan, P.S., 1975. Insect antennae with special reference to the mechanism of scent detection and the evolution of the sensilla. *Int. J. Insect Morphol. Embryol.* 4(5): 381- 430.
- Derby C. D., Steullet P., 2001. Why do animals have so many receptors? The role of multiple chemosensors in animal perception. *Biological Bulletin*. 200: 211-215.
- Faucheux M. J., 1990a. External structure of sensilla on the male and female flagellum of *Noctua pronuba* L. (Lepidoptera: Noctuidae). *Annales de la Société Entomologique de France*. 26: 173-184.
- Frank D. L., Leskey T. C., Bergh J. C., 2010. Morphological characterization of antennal sensilla of the dogwood borer (Lepidoptera: Sesiidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 103 (6): 993-1002.
- Faucheux M. J., Kristensen N. P., Shen-Horn Y., 2006. The antennae of neopseustid moths: morphology and phylogenetic implications with special reference to the sensilla (Insecta, Lepidoptera, Neopseustidae). *Zoologischer Anzeiger*. 245 (2): 131-142.
- Gao Y., Luo L. Z., Hammond A., 2007. Antennal morphology, structure and sensilla distribution in *Microplitis pallidipes* (Hymenoptera: Braconidae). *Micron*. 38: 684-693
- Hansson, B.S., 1995. Olfaction in Lepidoptera. *Experientia*. 51: 1003-1027.
- Kaur, D., 1998. 'A study of polymorphism in *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Bruchidae: Coleoptera: Insecta)'. Ph.D. Thesis, Panj. Univ., Chandigarh.
- Nasra, M. H., 2008. Effect of flufenoxuron on the antennal sensilla of *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Egyptian Academic Journal of biological Sciences*. 1 (2): 13-25.



- Onagbola, E. O., Meyer, W. L., Boina, D. R., Stelinski, L. L., 2008. Morphological characterization of the antennal sensilla of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), with reference to their probable functions. *Micron*. 39: 1184-1191.
- Pajni, H.R., Rose, H.S., Walia, V.K., 2006. Butterflies of North-West India. Part-1.115 (Published by Atma Ram and Sons, Chandigarh).
- Schneider, D., 1964. Insect antennae. *Annual Review of Entomology*. 9: 103–122.
- Skiri, H.T., Strandén, M., Sandoz, J.C., Menzeli, R., Mustaparta, H., 2005. Associative learning of plant odorants activating the same or different receptor neurones in the moth *Heliothis virescens*. *The Journal of Experimental Biology*. 208: 787–796.
- Victor, R. C., Jorge, V.C., Juan, C.T., Mario, C.L., Rodolfo, O.O., 1999. Morphology and distribution of the sense organs on the antennae of *Copitarsia consueta* (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida Entomologist*. 82 (4): 546-555.
- Victor, R. C., Guadalupe, N., Jorge V., Federico, C., Julico, C.R., 2003. The antennal sensilla of *Zamagiria dixolophella* Dyar (Lepidoptera: Pyralidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 96 (5): 672-678.
- Victor, R. C., Jorge, V.C., 2008. Morphological characteristics of antennal sensilla in *Talponia batesi* (Lepidoptera: Tortricidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 101 (1): 181-188.
- Wang, I.W.C., Axtell, R.C., Kline, D.L., 1975. Antennal and Palpal sensilla of the sand fly *Culicoides furens* (Poey) (Diptera: Ceratopogonidae). *Int. J. Insect Morph. Embryol.* 4(2): 131-149.
- Xiangqun, Y., Ke, G., Feng, Y., Yalin, Z., 2014. Ultrastructure of antennal sensilla of four skipper butterflies in *Parnara* sp. and *Pelopidas* sp. (Lepidoptera: Hesperidae). *Zookeys*. 399: 17-27.
- Zacharuk, R.Y., 1980. Ultrastructure and function of insect chemosensilla. *Annual Review of Entomology*. 25: 27–47.



Araştırma Makalesi/Research Article

## Buğdayda Başak Yanıklığına Karşı Farklı Çiçeklenme Dönemlerinde Uygulanan Tebuconazole'un Etkinliği

Gülsüm Palacıoğlu<sup>1,2</sup>  Figen Mert<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Çanakkale

<sup>2</sup>Şirnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Şirnak

\*Sorumlu yazar: fmert@comu.edu.tr

Geliş Tarihi: 26.05.2021

Kabul Tarihi: 17.06.2021

### Öz

*Fusarium culmorum* buğdayda kök ve kök boğazı çürüklüğüne, fide ve başak yanıklığına neden olan tahripkâr bir patojendir. Patojenle mücadelede dünyada konukçu dayanıklılığı, kültürel önlemler ve fungusit uygulamaları yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak fungusit uygulamalarının hastalık gelişiminin önlenmesindeki etkinliği, bitkinin gelişme dönemlerine göre farklılıklar göstermektedir. Bu çalışma kapsamında, buğdayda *Fusarium culmorum*'un neden olduğu başak yanıklığına karşı inokulasyon öncesi, esnası ve sonrası olmak üzere 7 farklı çiçeklenme döneminde uygulanan tebuconazole'un hastalık gelişimi ve nispi başak ağırlığı üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda yeşil aksam ilaçlamasında kullanılan tebuconazole'un tüm uygulamalarının kontrole kıyasla hastalık şiddetini önemli oranda azalttığı belirlenmiştir. F<sub>50</sub> (ZGS65) dönemindeki uygulama %82.3 ile en yüksek etkiyi göstermiş ve hastalığa karşı etkili uygulama zamanı olduğu tespit edilmiştir. Diğer çiçeklenme dönemlerinde yapılan uygulamalar arasında da istatistiksel olarak önemli farklılıkların bulunduğu ve hastalık gelişimini %36.7-71.7 oranında engellendiği görülmüştür. Ayrıca hastalık gelişimi ile nispi başak ağırlıkları arasında ters orantı olup, enfeksiyonun en düşük olduğu F<sub>50</sub> döneminde nispi başak ağırlığının en fazla olduğu belirlenmiştir. Bu kapsamda hastalıkla mücadelede %50 çiçeklenme döneminde yapılacak uygulamalara öncelik verilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *Fusarium culmorum*, Başak ağırlığı, Başak yanıklığı, Çiçeklenme dönemi, Tebuconazole

### Effectiveness of Tebuconazole Applied in Different Anthesis Stages Against Head Blight in Wheat Abstract

*Fusarium culmorum* is a devastating pathogen of wheat, causing seedling blight, foot rot, head blight. Host resistance, cultural practices and fungicide applications have been used widely to control this pathogen worldwide. The effect of fungicide applications on disease development differs according to the different stages of plant growing. In this study, effect of tebuconazole against head blight caused by *F. culmorum* on 7 anthesis stages, such as at the time of inoculation, before inoculation and after inoculation on disease development and seed set, was aimed to determine. The experiments exhibited that all tebuconazole applications significantly reduced disease development compared to diseased control. The application in the mid-anthesis stage (F<sub>50</sub>; ZGS65) showed the highest effect with 82.3% and it was found to be the most effective application time against the disease. There were statistically significant differences between the applications in other anthesis stages and the disease development was prevented by 36.7-71.7%. Also, relative head weight was the highest in this time. The result showed that tebuconazole applications in %50 anthesis stage will be beneficial to manage the disease.

**Keywords:** Anthesis stage, Disease development, *Fusarium culmorum*, Head blight, Tebuconazole

### Giriş

Buğday geniş adaptasyon yeteneğine sahip olması nedeniyle ülkemizde ve dünyada en fazla yetiştirilen tahıllardan bir tanesidir. Ancak birçok tarım ürünüde olduğu gibi buğday üretiminde de çok sayıda hastalık etmeni bulunmakta ve önemli ürün kayıplarına neden olmaktadır. Buğdayda görülen fungal hastalık etmenleri içerisinde *Fusarium* türleri önemli bir yer tutmakta olup bitkinin kök ve kök boğazında, başak ve tanesinde enfeksiyonlara neden olmaktadır. Başak hastalıkları arasında ise *Fusarium* başak yanıklığı (*Fusarium* Head Blight, FHB) yaygın olarak görülmekte ve üründe ciddi ekonomik kayıplara neden olmaktadır (McMullen ve ark., 2012). Farklı *Fusarium* türleri FHB'ye neden olmakla birlikte *Fusarium culmorum* (Wm.G. Sm.) Sacc. ve *F. graminearum* Schwabe en önemli etmenler olarak karşımıza çıkmaktadır (Parry ve ark., 1995; Matny, 2015). Hastalık



simptomları, enfekteli bitkilerin başakları üzerinde bir veya birkaç başakçık kavuzunda küçük beyaz lekeler şeklinde başlamakta ve sonrasında başakçıktan aşağı ve yukarı doğru ilerleyerek başağın tamamında renk açılmasına neden olmaktadır. Ayrıca başaklar üzerinde etmenin pembe renkli miselyumları oluşmakta ve daneler zayıf, buruşuk, beyaz veya pembe renkli görünüm almakta ve dane ağırlığının düşmesine neden olmaktadır (Stenglein ve Rogers, 2010).

Buğdayda başak yanıklığı ile savaşımında ekim nöbeti, dayanıklı çeşitlerin seçimi ve kültürel önlemler önerilmekle birlikte patojenin gelişimi için iklim koşulları uygun olduğunda kimyasal mücadele kaçınılmaz olmaktadır. Bu kapsamda, FHB yönetiminde sistemik etkili fungusitlerin hastalık şiddetini azaltmada etkili bir yöntem olduğu görülmüştür (Ellner, 1997; Verreet ve Klink, 2001). Dünyada farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda, triazole grubunda yer alan tebuconazole, propinocazole, metconazole etken maddelerinin FHB enfeksiyonuna karşı oldukça olumlu sonuçlar verdiği bildirilmiştir (Mauler–Machnic ve Zahn, 1994; McMullen ve ark., 1997; Haidukowski ve ark., 2012; Caldwell ve ark., 2017). Etki mekanizması sistemik olan bu fungusitler uygulandıkları dokuların içerisine nüfuz ederek ksilem ile bitkinin diğer dokularına taşınmaktadır. Bitki dokusuna ulaşan fungal etmenler enfeksiyon oluştursun veya oluşturmamasın fungusitlerle temas ettiğinde, fungal yapılarının bozulması sonucu hastalık oluşumu ve gelişimi engellenmektedir (Solel, 1970). Bununla birlikte bu ilaçların etkinliğinin uygulama zamanı, uygulama şekli, konukçu bitki dayanıklılığı, bitki vejetasyonu ve çevre koşullarına göre değişkenlik gösterdiği bilinmektedir (Mauler-Machnic ve Zahn 1994; Homdork ve ark., 2000; Matthies ve Buchenauer, 2000; Caldwell ve ark., 2017). Yapılan önceki çalışmalarda kullanılan ilaçların bu patojenlere karşı aktivitesinde farklılıklar olduğu bildirilmiştir (Cromey ve ark., 2001; Pirgozliev ve ark., 2008). Yine FHB'ye karşı yapılan fungusit uygulamalarının üründe dane özelliklerini etkileyerek verimi arttırdığı gözlenmiştir (Jones, 2000; Matthies ve Buchenauer, 2000). Ülkemizde buğdayda başak yanıklığı enfeksiyonuna karşı kimyasal mücadelede prothioconazole+tebuconazole aktif maddeli fungusitler ile ilaçlama önerilmektedir (BKÜ, 2021). Bu kapsamda yapılan çalışmalarda, Akgül ve Erkılıç (2016) tohum ve fide döneminde uygulanan farklı fungusitler arasında tebuconazole'un hastalık şiddetini engellemede en etkili aktif madde olduğunu belirtmiştir. Köycü ve ark. (2018) *F. culmorum*'un neden olduğu kök ve kök boğazı çürüklüğüne karşı tebuconazole+metalaxyl-M karışımının fide çıkış oranını arttırdığı ve hastalık şiddetini azalttığını bildirmiştir. Toçan ve Mert (2019) ise *in vitro* koşullarda tebuconazole etken maddeli kimyasalların *F. culmorum*'un miselyal gelişimini yavaşlattığı, çimlenen konidilerde çim tüplerinde deformasyona neden olduğu bildirmiştir. Bu çalışma kapsamında da buğdayda farklı çiçeklenme zamanlarında uygulanan tebuconazole'un *Fusarium culmorum*'un neden olduğu enfeksiyonun gelişimine ve tane verimine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

### Materyal ve Yöntem

Çalışmada *Fusarium* başak yanıklığına karşı hassas olduğu bilinen Gönen buğday çeşidi, patojen olduğu daha önceki çalışmalarda tespit edilen ve Çanakkale 18 Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü kültür koleksiyonunda saklanan *Fusarium culmorum* izolatu ile tebuconazole etken maddeli (Folicur WP 25, Bayer) fungusit kullanılmıştır.

### Denemenin kurulması ve fungusit uygulamaları

Deneme, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Dardanos Araştırma ve Uygulama arazisinde, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Buğday ekimi; parsel genişliği 1 m, parsel uzunluğu 2.5 m, sıra arası 12.5 cm olarak belirlenen parsel alanlarında ekim mibzeri ile gerçekleştirilmiştir. Tebuconazole uygulamaları önerilen dozda (75 gr/da) inokulasyon öncesinde, esnasında ve sonrasında bitkilerin toprak üstü aksamına homojen bir şekilde püskürtülerek uygulanmıştır. Uygulamalar aşağıda belirtildiği şekilde planlanmıştır:

- (a) Kontrol (-) parselleri: *F. culmorum* ile inokule edilmemiş parseller,
- (b) Kontrol (+) parselleri: *F. culmorum* ile inokule edilmiş fakat ilaçlanmamış parseller,
- (c) *F. culmorum* ile inokule edilmiş ve farklı dönemlerde ilaçlama uygulanmış parseller

Bu kapsamda tebuconazole uygulamaları zadoks büyüme skalasına göre bitkinin 7 farklı çiçeklenme döneminde yapılmıştır:

1. uygulama (F<sub>7</sub>): İnokulasyondan 7 gün önce (Zadoks Growth Stage (ZGS) 55-60)
2. uygulama (F<sub>0</sub>): Başakların çıktığı fakat henüz çiçeklenmenin başlamadığı dönem (ZGS 60)
3. uygulama (F<sub>25</sub>): Başakta çiçeklerin %25'inin açtığı dönem (ZGS 60-65)



4. uygulama (F<sub>50</sub>): Başakta çiçeklerin %50'inin açtığı dönem (ZGS 65)
5. uygulama (F<sub>75</sub>): Başakta çiçeklerin %75'inin açtığı dönem (ZGS 65-69)
- 6.uygulama (F<sub>100</sub>): Başakta çiçeklerin %100'inin açtığı dönem (ZGS 69)
- 7.uygulama (F<sub>+7</sub>): İnokulasyondan 7 gün sonra (ZGS 69-75)

#### **Patojen inokulumunun hazırlanması, inokulasyon zamanı ve yöntemi**

*Fusarium culmorum* izolatu PDA ortamında 24±1°C'de 14 gün süreyle geliştirilmiştir. İnokulasyondan hemen önce kültürün üzerine yaklaşık 10 ml steril saf su eklenmiş ve bir spatula yardımıyla sporlar hafifçe kazınarak suya geçmesi sağlanmıştır. Elde edilen spor süspansiyonu 2 kat ince tülbentten geçirilmiş, konidi konsantrasyonu toma lamı ile sayılarak 5x10<sup>5</sup> konidi/ml'ye ayarlanmıştır. Hazırlanan spor süspansiyonunun homojenliğini sağlamak için Tween20 eklenmiş ve inokulum 2-3 saat içerisinde kullanılmıştır (Miedaner ve ark., 2003). İnokulasyon amacıyla her parselden rastgele 30 başak seçilmiş ve her parsel ayrı renkli iplerle işaretlenmiştir. İşaretlenen başakların tam ortasındaki 2 başakçığa yaklaşık 10'ar µl inokulum şırınga yöntemi ile uygulanmıştır. İnokulasyon, buğdayın *F. culmorum*'a en hassas olduğu yaklaşık %50 çiçeklenme döneminde (ZGS 65) yapılmıştır. Patojen gelişimini teşvik etmek amacıyla inokulasyonun yapıldığı başaklara 48 saat süreyle polietilen torba geçirilerek nemin korunması sağlanmıştır.

#### **Hastalık gelişiminin değerlendirilmesi ve nispi başak ağırlıklarının saptanması**

Hastalık gelişimlerinin izlenmesi, işaretlenen başaklardaki hastalık belirtisi gösteren alanların tüm başağın boyuna oranla % olarak değerlendirilmesi ile hesaplanmıştır (Miedaner ve ark., 2003). Gözlemler inokulasyonu takiben 7, 14 ve 21. günlerde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca tebuconazole'un 21. günde hastalık gelişiminin engellenmesine olan etkisi Abbott formülü ile değerlendirilmiştir (Karman, 1971).

Başaklar yeterli olgunluğa ulaştığında başak sapının 10 cm altından kesilerek uygulamalara göre isimlendirilen kese kâğıtlarına konulmuş ve rutubetsiz ortamda 15 gün süreyle kurutulmuştur. Kurutulan başaklar hassas terazide tartılmış ve gruplar içerisinde ortalama alınarak nispi başak ağırlıkları tespit edilmiştir. Elde edilen veriler SAS V8 istatistik paket programı PROC GLM komutu kullanılarak varyans analizi yapılmış ve ortalamalar arasındaki fark Fisher LSD metodu kullanılarak ( $p=0.05$ ) değerlendirilmiştir.

#### **Bulgular ve Tartışma**

*Fusarium culmorum* buğday ekim alanlarında başak yanıklığı, kök ve kök boğazı çürüklüğüne sebep olan önemli bir patojen olup üründe ciddi ekonomik kayıplar oluşturmaktadır. Bu nedenle dünyada patojene karşı mücadelede farklı fungusit uygulamalarının etkinliğini araştıran çok sayıda çalışma yapılmıştır (Milus ve Parsons, 1994; Matthies ve Buchenauer, 2000; Greenfield ve Rossall, 2000; Dardis ve Walsh, 2000; Jones, 2000; Wiersma ve Motteberg, 2005; Hauser-Hahn ve ark., 2008; Pirgozliev ve ark., 2008; Haidukowski ve ark., 2012). Bu çalışmada da buğdayın farklı çiçeklenme dönemlerinde tebuconazole uygulamasının başak yanıklığının gelişimi ve tane verimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. İnokulasyondan birkaç gün sonra hastalık belirtileri ilk olarak kontrol (+) grubundaki başakçıklarda inokulasyon noktasında küçük sarı lekeler şeklinde görülmüştür (Şekil 1). Lekeler zamanla başakçık ekseninde yukarı ve aşağı doğru ilerleyerek diğer başakçıklara yayılmış ve en sonunda tüm başağı kaplamıştır. Enfeksiyon ilerledikçe hastalığın gelişimi başaklarla sınırlı kalmamış başak sapında da gözlenmiştir. Ancak tebuconazole uygulanan parsellerdeki başaklarda hastalık belirtileri kontrol (+)'e kıyasla daha yavaş ortaya çıkmıştır.

İNokulasyondan 7, 14 ve 21 gün sonra değerlendirilen enfeksiyon alanı incelendiğinde kontrol ve uygulama zamanları arasında önemli farklılıklar olduğu görülmüştür (Çizelge 1). İnokulasyondan 7 gün sonra hastalık gelişimi kontrol (+) parsellerindeki başaklarda %20.4 olarak tespit edilirken, farklı çiçeklenme dönemlerinde tebuconazole uygulanan parsellerdeki başaklarda %1.3-11.9 arasında değişmiştir. Bunun yanında F<sub>100</sub> ve F<sub>+7</sub> uygulama zamanlarında diğer çiçeklenme dönemlerine göre hastalık gelişiminin daha fazla olduğu belirlenmiştir. İnokulasyondan 14 gün sonra yapılan değerlendirmede ise kontrol (+) grubunda enfeksiyon gelişimi %49.1 olarak tespit edilmiş bunu %32.3 değeri ile F<sub>+7</sub> uygulaması izlemiştir. Bununla birlikte 14. günde F<sub>25</sub>, F<sub>50</sub> ve F<sub>75</sub> dönemlerindeki uygulamalarda hastalık gelişiminin %3.8-6.2 arasında olduğu ve enfeksiyonun yavaş ilerlediği tespit edilmiştir. 21. gün yapılan değerlendirmelerde ise en düşük hastalık gelişiminin %14.3

ile F<sub>50</sub> döneminde gözlemlendiği ve diğer tüm uygulama zamanlarından farklı olduğu tespit edilmiştir. F<sub>7</sub>, F<sub>0</sub>, F<sub>25</sub> ve F<sub>75</sub> dönemlerindeki uygulamaların ise patojen gelişimini engellemede benzer sonuçlar verdiği ve F<sub>50</sub>'den sonra en etkili uygulama zamanı oldukları belirlenmiştir. F<sub>100</sub> ve F<sub>+7</sub> dönemlerinde ise kontrolden daha düşük hastalık gelişimi görülmekle birlikte diğer uygulama zamanları kadar önleyici olmadığı görülmüştür.



Şekil 1. *Fusarium culmorum* ile inokule edilen başaklarda görülen hastalık belirtileri (ok). (a) İnokulasyonun yapıldığı başakçığındaki sararmalar (ok); (b) Hastalığın diğer başakçıklara doğru ilerlemesi (ok); (c) Hastalığın başak sapına ilerlemesi (ok)

Çizelge 1. Buğdayın farklı çiçeklenme dönemlerinde tebuconazole uygulanan başaklardan elde edilen hastalık gelişimi yüzdeleri (%) ve hastalık çıkışının engellenme (%) değerleri

Uygulama dönemi	7.gün (%)	14.gün (%)	21.gün (%)	21.gün Hastalığın Engellenmesi (%)
F <sub>7</sub> (ZGS 55-60)	1.8d*	8.5cd	26.6d	67.0
F <sub>0</sub> (ZGS 60)	1.6d	8.1cd	23.0d	71.5
F <sub>25</sub> (ZGS 60-65)	1.4d	6.2d	24.8d	69.3
F <sub>50</sub> (ZGS 65)	1.3d	6.3d	14.3e	82.3
F <sub>75</sub> (ZGS 65-69)	2.1d	3.8d	22.8d	71.7
F <sub>100</sub> (ZGS 69)	5.7c	11.3c	32.5c	59.7
F <sub>+7</sub> (ZGS 69-75)	11.9b	32.3b	51.1b	36.7
Kontrol (+)	20.4a	49.1a	80.8a	0

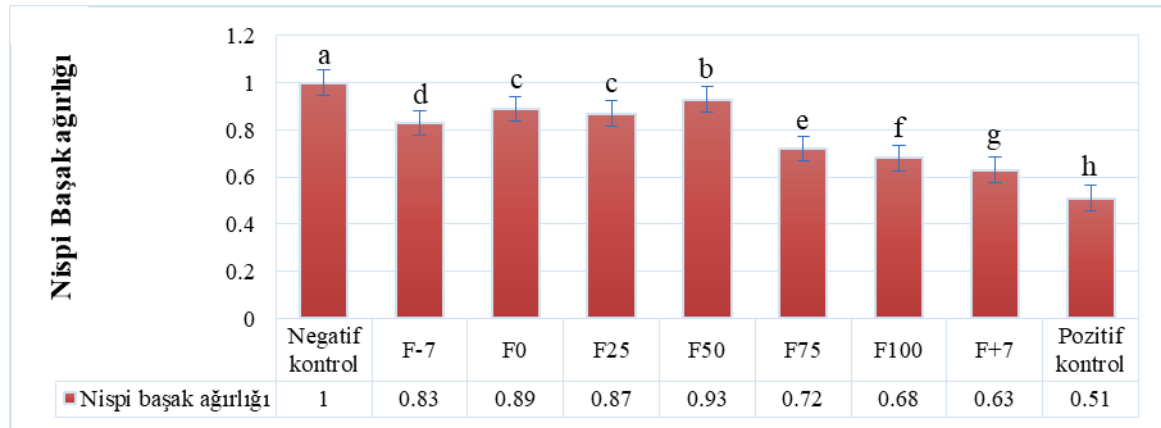
\*Aynı sütunda farklı harflerin gösterimi istatistiki açıdan fark olduğunu göstermektedir ( $p=0.05$ )

Patojen inokulasyonundan 21 gün sonra enfekteli bitkilerdeki hastalık engelleme değerleri incelendiğinde ise en yüksek etkinin F<sub>50</sub> (ZGS65) döneminde yapılan uygulama ile sağlandığı gözlemlenmiştir (Çizelge 1). Bu dönemde yapılan uygulama hastalık gelişimi üzerinde oldukça etkili olup kontrole kıyasla %82.3'lük bir engelleme sağlamıştır. Diğer dönemlerde yapılan uygulamalar incelendiğinde ise F<sub>0</sub> ve F<sub>75</sub> dönemlerinde sırasıyla 71.5 ve 71.7 oranında engelleme sağlanmıştır. Ayrıca genel olarak değerlendirildiğinde inokulasyon sonrası diğer uygulamaların hastalık gelişimi üzerinde düşük seviyelerde etkili olduğu görülmüştür. Benzer şekilde %50 çiçeklenme döneminde *F. culmorum* ile başak inokulasyonu yapan ve farklı çiçeklenme dönemlerinde tebuconazole ve prochloraz uygulayan Matthies ve Buchenauer (2000), hastalığı önlemede en etkili dönemin ZGS65 olduğunu ve bu dönemde tebuconazole'un hastalık gelişimini %56, prochloraz'ın ise %41'e kadar azalttığını bildirmiştir. Araştırmacılar aynı zamanda ZGS60 ve ZGS69 dönemlerinde yapılan uygulamaların daha düşük etkiye sahip olduğunu belirtmiştir. Wiersma ve Motteberg (2005), ZGS39 ve ZGS60 dönemlerinde tebuconazole uygulaması ve ZGS60 döneminde yapılan uygulamanın enfeksiyon şiddetini azaltmada daha üstün olduğunu bildirmiştir. Homdork ve ark. (2000) ise



buğdayda *F. culmorum* inokulasyonundan birkaç gün önce ve sonra tebuconazole uygulaması yapmış ve inokulasyon öncesi uygulamaların daha başarılı sonuçlar verdiğini bildirmiştir. Benzer şekilde Pirgozliev ve ark. (2008) çiçeklenmenin yarısında yapılan inokulasyondan 2 gün önce ve 2 gün sonra yapılan uygulamaların etkili zaman olduğunu belirtmiştir. Araştırmacılar inokulasyon öncesinde ve esnasında yapılan tebuconazole uygulamalarının koruyucu özellik göstererek hastalığın gelişimini yavaşlattığını bildirmiştir (Pirgozliev ve ark., 2008; Wiersma ve Motteberg, 2005).

Tebuconazole'un başak ağırlığına etkisini araştırmak amacıyla hastalıklı başak ağırlıkları sağlıklı başak ağırlıklarına bölünerek nispi başak ağırlığı belirlenmiştir. Hastalık gelişimiyle orantılı olarak nispi başak ağırlıklarında da uygulamalar arasında önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2). Bu kapsamda hastalık gelişiminin en düşük olduğu F<sub>50</sub> döneminde nispi başak ağırlığının en fazla olduğu görülmüştür. İnokulasyon öncesi (F<sub>-7</sub>, F<sub>0</sub>, F<sub>25</sub>) uygulama yapılan dönemlerdeki nispi başak ağırlıklarının inokulasyon sonrası (F<sub>75</sub>, F<sub>100</sub>, F<sub>+7</sub>) uygulamalardan daha fazla olduğu belirlenmiştir. Homdork ve ark. (2000), yaptıkları çalışmada tebuconazole uygulanan her dönemde başakta tane sayısı, bin tane ağırlığı ve verimin arttığını bildirmiştir. Ayrıca araştırmacılar inokulasyon öncesi fungusit uygulamalarının inokulasyon sonrası uygulamalardan daha olumlu sonuçlar verdiğini belirtmiş ve yaptığımız çalışma ile örtüşen sonuçlar elde etmiştir. Matthies ve Buchenauer (2000), çiçeklenme yarısında (ZGS 65) inokulasyon ve tebuconazole uygulanan bitkilerde, çiçeklenme başlangıcı (ZGS 60) ve çiçeklenme tamamlandığında yapılan uygulamalardan daha olumlu yönde verimi etkilediğini bildirmiştir. Benzer şekilde diğer bir çalışmada *Fusarium* başak yanıklığını önlemek amacıyla yapılan tebuconazole uygulamalarının hastalığın gelişimini azaltarak başak ağırlığını arttırdığı bildirilmiştir (Jones, 2000).



Şekil 1. Tebuconazole'un nispi başak ağırlıklarında oluşturduğu farklılıkların karşılaştırılması

\*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak (LSD, p=0.01) önemli değildir

## Sonuç

Elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, inokulasyon öncesi, esnası ve sonrasında yapılan tebuconazole uygulamalarının hastalık gelişimini ve dolayısıyla verimi farklı seviyelerde etkilediği görülmektedir. Uygulamalar arasında en etkili zamanın F<sub>50</sub> (ZGS65) dönemi olduğu bunu inokulasyon öncesi ve sonrası uygulamaların takip ettiği gözlenmiştir. Bu kapsamda inokulasyon öncesi yapılan uygulamalar koruyucu etki yaratırken, inokulasyon sonrası uygulamaların hastalığın gelişimini yavaşlattığı ön görülmektedir. Ayrıca hastalık gelişimi ile başak ağırlıkları arasında ters orantı olduğu görülmüş ve enfeksiyonun en düşük olduğu F<sub>50</sub> döneminde başak ağırlıkları en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bu çalışma ile fungusit uygulama zamanının önemi ortaya konmuş ve tebuconazole'un doğru zamanda uygulanması ile buğdayda başak yanıklığının ekonomik düzeyde engellenebileceği ve verimin korunabileceği tespit edilmiştir.

## Teşekkür

Denemenin kurulmasındaki katkılarından dolayı Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Arş. Gör. Dr. Ali Karanfil ve istatistiksel analizlerde yardımını esirgemeyen Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Fatih Kahrıman'a teşekkür ederim.





**Not:** Bu makale Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalında Gülsüm Palacıoğlu'nun "Farklı Çiçeklenme Döneminde *Fusarium culmorum*'a Karşı Yapılan İlaçlamanın Hastalık Gelişimi Ve Tane Tutumuna Etkisi" adlı Yüksek Lisans Tez çalışmasından üretilmiştir.

### Kaynaklar

- Akgül, D.S., Erkilic, A., 2016. Effect of wheat cultivars, fertilizers, and fungicides on Fusarium foot rot disease of wheat. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 40 (1): 101-108.
- BKÜ, 2021. Bitki Koruma Ürünleri Veri Tabanı. <https://bku.tarim.gov.tr/> Erişim tarihi: 10 Şubat 2021.
- Caldwell, C.D., MacDonald, D., Jiang, Y., Cheema, M. A., Li, J., 2017. Effect of fungicide combinations for Fusarium head blight control on disease incidence, grain yield, and quality of winter wheat, spring wheat, and barley. Canadian Journal of Plant Science. 97 (6): 1036-1045.
- Cromey, M.G., Lauren, D.R., Parkes, R.A., Sinclair, K.I., Shorter, S.C., Wallace, A.R., 2001. Control of Fusarium head blight of wheat with fungicides. Australasian Plant Pathology. 30: 301-308.
- Dardis, J., Walsh, E.J., 2000. Studies on the effectiveness of metconazole in controlling Fusarium head blight caused by *Fusarium culmorum* in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). Cereal Research Communications. 4: 443-448.
- Ellner, F.M., 1997. Influence of fungicide treatment on deoxynivalenol content in winter wheat artificially infected with *Fusarium culmorum*. Cereal Research Communications. 735-737.
- Greenfield, J.E., Rossall, S., 2000. The effect of a range of novel and established fungicides on Fusarium growth and mycotoxin production. Pests and Diseases. 1 (3): 483-486.
- Haeuser-Hahn, I., Dutzmann, S., Friessleben, R., Meissner, R., Goechlich, F., 2008. Prosaro (R) – A New fungicide for control of fusarium and mycotoxins in cereals. Cereal Research Communications. 26: 711-712.
- Haidukowski, M., Visconti, A., Perrone, G., Vanadia, S., Pancaldi, D., Covarelli, L., Balestrazzi, R., Pascale, M., 2012. Effect of prothioconazole-based fungicides on Fusarium head blight, grain yield and deoxynivalenol accumulation in wheat under field conditions. Phytopathologia Mediterranea. 51: 236-246.
- Homdork, S., Fehrmann, H., Beck, R., 2000. Effects of field application of tebuconazole on yield, yield components and the mycotoxin content of Fusarium-infected wheat grain. Journal of Phytopathology. 148: 1-6.
- Jones, R.K., 2000. Assessment of Fusarium head blight of wheat and barley in response to fungicide treatment. Plant Disease. 9: 1021-1031.
- Karman, M., 1971. Bitki Koruma Araştırmalarında Genel Bilgiler Denemelerin Kuruluşu ve Değerlendirme Esasları. Tarım Bakanlığı Bölge Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü. 279 s. İzmir.
- Köycü, N.D., Sukut, F., 2018. Buğdayda *Fusarium culmorum*'a ruhsatlı olmayan fungusitlerin patojen üzerine etkisi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi. 15 (2): 26-35.
- Matny, O.N., 2015. Fusarium head blight and crown rot on wheat & barley: losses and health risks. Adv Plants Agric Res. 2 (1): 00039.
- Matthies, A., Buchenauer, H., 2000. Effect of tebuconazole (Folicur) and prochloraz (Sportak) treatments on Fusarium head scab development, yield and deoxynivalenol (DON) content in grain of wheat following artificial inoculation with *Fusarium culmorum*. Journal of Plant Diseases and Protection. 107: 33-52.
- Mauler-Machnic, A., Zahn, K., 1994. Ear Fusarioses in wheat - New findings on their epidemiology and control with Folicur (tebuconazole). Pflanzenschutz Nachrichten Bayer. 47: 133-160.
- McMullen, M., Bergstrom, G., De Wolf, E., Dill-Macky, R., Hershman, D., Shaner, G., Van Sanford, D., 2012. A unified effort to fight an enemy of wheat and barley: Fusarium head blight. Plant Disease. 96 (12): 1712-1728.
- McMullen, M., Jones, R., Gallenberg, D., 1997. Scab of wheat and Barley: a re-emerging disease of devastating impact. Plant Disease. 81: 1340-1348.
- Miedaner, T., Schneider, B., Geiger, H.H., 2003. Deoxynivalenol (DON) content and Fusarium head blight resistance in segregating populations of winter rye and winter wheat. Crop Science. 43 (2): 519-526.
- Milus, E.A., Parsons, C.E., 1994. Evaluation of foliar fungicides for controlling Fusarium head blight of wheat. Plant Disease. 78: 697-699.
- Parry, D.W., Jenkinson, P., McLeod, L., 1995. Fusarium ear blight (scab) in small grain cereals-a review. Plant Pathology. 44: 207-238.
- Pirgozliev, S.R., Ray, R.V., Edwards, S.G., Hare, M.C., Jenkinson, P., 2008. Effect of timing of fungicide application on the development of Fusarium head blight and the accumulation of deoxynivalenol (don) in winter wheat grain. Cereal Research Communications. 36: 289-299.
- Shaner, G., Finney, R.E., 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing in knox wheat. Phytopathology. 67: 1051-1056.



- Solel, Z., 1970. The systemic fungicidal effect of benzimidazole derivatives and thiophanate against *Cercospora* leaf spot of sugar beet. *Phytopathology*. 60 (8): 1186-1190.
- Stenglein, S.A., Rogers, W.J., 2010. 7 Barley and wheat resistance genes for *Fusarium* head blight. *Management of Fungal Plant Pathogens*. 78.
- Tocan, T., Mert, F., 2019. Farklı tebuconazole konsantrasyonlarının in vitro koşullarda *Fusarium culmorum*'un misel gelişimi ve konidi çimlenmesi üzerine olan etkisinin belirlenmesi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*. 7 (1): 13-20.
- Verreet, J.A., Klink, H., 2001. Development of wheat integrated pest management model and their implementation into german agriculture. *Türkiye IX. Fitopatoloji Kongresi Bildirileri*, 3-8 Eylül, Tekirdağ.
- Wiersma, J.J., Motteberg, C.D., 2005. Evaluation of five fungicide application timings for control of leaf-spot diseases and *Fusarium* head blight n hard red spring wheat. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 27 (1): 25-37.





Araştırma Makalesi/Research Article

**Determination of Biological Properties of *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae)**

Ceren Saran  Hanife Genç\* 

Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Biotechnology, 17100, Çanakkale, Turkey.

\*Corresponding author: hgenc@comu.edu.tr

Geliş Tarihi: 18.03.2021

Kabul Tarihi: 04.05.2021

**Abstract**

*Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758), the diamondback moth is an important pest in *Brassicaceae* cultivars in the world. However, description regarding different biological stages and information about performance parameters of *P. xylostella* are important to survey in fields and design an effective management. In this study, wild population of diamondback moth was adapted on white cabbage then cauliflower, broccoli and white cabbage leaves were tested under laboratory conditions at 20±2°C, 50% relative humidity and 16:8 (L:D) photoperiod. The development times were 23.41±0.38 days on white cabbage, 25.12±0.56 days on cauliflower and 26.05±0.56 days on broccoli leaves. The generation times were 25.03±0.42 days on cauliflower, 29.99±1.49 days on broccoli and 30.47±1.04 days on white cabbage leaves. The eggs were laid individually or in the shape of small groups on the host leaves. There were 4 instars based on molting and head capsule diameters of all tested hosts. In this study, durations of larval stages, the number of laid eggs, larval sex differentiation and fitness parameters of the diamondback moth were determined on cauliflower, broccoli and white cabbage host plants.

**Keywords:** *Plutella xylostella*, diamondback moth, cauliflower, laboratory rearing

***Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae)'nın Biyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi**

**Öz**

*Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758), elmas sırtlı güve, dünyadaki *Brassicaceae* çeşitlerindeki önemli bir zararlıdır. Bununla birlikte, farklı biyolojik dönemleri ile ilgili açıklamalar ve *P. xylostella*'nin performans parametreleri hakkındaki bilgiler, tarlalarda sörvey yapmak ve etkili bir mücadele tasarlamak için önemlidir. Bu çalışmada, yabani *P. xylostella* popülasyonu beyaz lahanada adapte edildikten sonra karnabahar, brokoli ve beyaz lahanada yapraklarında 20±2 °C, %50 bağıl nem ve 16: 8 (L: D) fotoperiyottaki laboratuvar koşullarında test edilmiştir. Gelişme süresi, karnabaharda 23.41±0.38 gün, brokoli üzerinde 25.12±0.56 gün ve beyaz lahanada yapraklarında 26.05±0.56 gündür. Generasyon süresi, karnabaharda 25.03±0.42 gün, brokoli üzerinde 29.99±1.49 gün ve beyaz lahanada yapraklarında 30.47±1.04 gündür. Yumurtalar tek tek veya küçük gruplar halinde konukçu yaprakların üzerine bırakılmıştır. Test edilen tüm konukçulardaki larvalarda deri değiştirme ve kafa kapsül ölçümlerine bağlı olarak 4 larva dönemi belirlendi. Bu çalışmada, elmas sırtlı güvesinin karnabahar, brokoli ve beyaz lahanada üzerinde larva dönemlerinin gelişme süreleri, bırakılan yumurta sayısı, larva cinsiyet farklılaşması ve performans parametreleri belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** *Plutella xylostella*, elmas sırtlı güve, karnabahar, laboratuvarda yetiştirme

**Introduction**

Cabbage leaf moth or commonly known as the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) is a crucial pest of cruciferous plants (Talekar and Shelton, 1993). It is probably originated in Europe, now distributed Southeast Asia, South Africa, Australia, New Zealand and throughout the America (Kfir, 1998; De Bartoli et al., 2014). Diamondback moth attacks all cruciferous crops, including broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), Brussels sprouts (*Brassica oleracea* var. *gemmifera*), cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*), Chinese cabbage (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*), cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*), collard (*Brassica oleracea* var. *viridis*), kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*), kohlrabi (*Brassica oleracea* Gongyloides Group), mustard (*Brassica juncea*), radish (*Raphanus sativus* var. *longipinnatus*), turnip (*Brassica*

*rapa* subsp. *rapa*), and watercress (*Nasturtium officinale*) and several cruciferous weeds. Host plants are not equally preferred, for example, collard is chosen for egg laying relative to cabbage (Talekar and Shelton, 1993). In Turkey, diamondback moth was initially reported in Artvin, Murgul district in 1965 (Alkan, 1965) then had spread to Erzurum (Avcı and Özbek, 1990) and recently observed in Çanakkale (Atay et al., 2019).

The diamondback moth is an invasive pest and easily adapt to different climate conditions with high fecundity (Talekar et al., 1985, Avcı and Özbek, 1990). It has been reported that it migrates to 1000 km or longer distances with the air flow caused by atmospheric pressure in Europe (French and White, 1960; Avcı and Özbek, 1990). The diamondback moth has been reported as the most serious pest of cruciferous crops in the world, causing crop losses of more than 90% and the managing cost was about US\$ 4 billion annually (Zalucki et al., 2012). Because of the frequent applications of insecticides, it has known to be resistant to synthetic insecticides and *Bacillus thuringiensis* in Asia (Mohan and Gujar, 2003), Hawaii (Tabashnik et al., 1990), North and Central America (Magaro and Edelson, 1990).

The life table parameters of a pest are crucial to understand its population dynamics, control methods and adaptations to the new environment. Even though, many studies have conducted to investigate the biology of *P. xylostella* on different hosts (Colinet et al., 2015; Saeed et al., 2019) but those investigations are lacking in Turkey. Additionally, pest population changes in different ecological areas based on the distribution of host ranges and other ecological factors. These differences demand to study the pest's biology, preferred host plants and adaptations under laboratory conditions. In the presented study, the life span of *P. xylostella* was studied on white cabbage, cauliflower and broccoli in the controlled conditions.

## Material and Methods

### Tested host plant

The leaves of cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*), cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) and broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) were harvested as necessary in a local field and used to rear the immature stages of *P. xylostella* under favorable laboratory conditions.

### Insect rearing

Different biological stages of diamondback moth were collected and brought to laboratory from local *Brassicaceae* fields in Çanakkale province in October and November 2019. Field damages of diamondback moth in *Brassicaceae* field were observed (Figure 1A, B, C). Host leaves were wrapped with moistened cotton then placed in Tupperware containers with a towel paper at the bottom (Figure 2A). Collected larvae from the fields were reared to pupal stage and pupae were harvested with soft-tipped forceps then transferred into a petri dish. The adult cages with white chiffon cloth (45x45x45 cm) were established having host plant leaves and a piece of cotton soaked with 10% honey solution (Figure 2B). The diamondback moth colony was maintained 3-4 generations continuously on cabbage leaves before setting up the experiments. All experiments were conducted under controlled conditions at 20±2°C, 50% RH and 16: 8 (L:D) photoperiods.

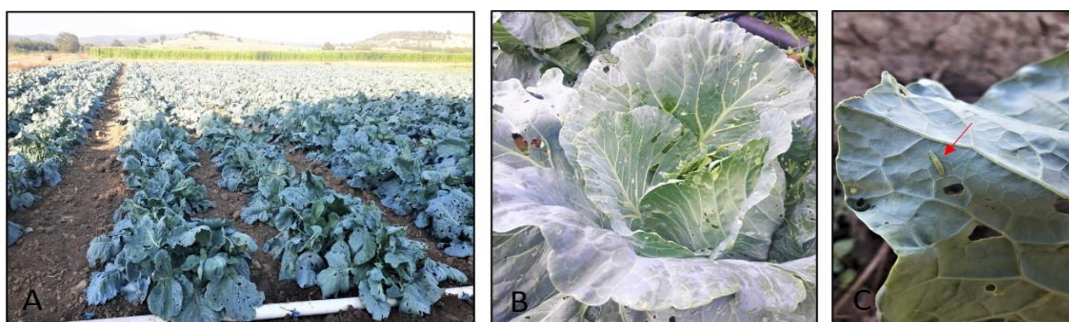


Figure 1. Field damages of diamondback moth (A, B) and a larva on cabbage (C)

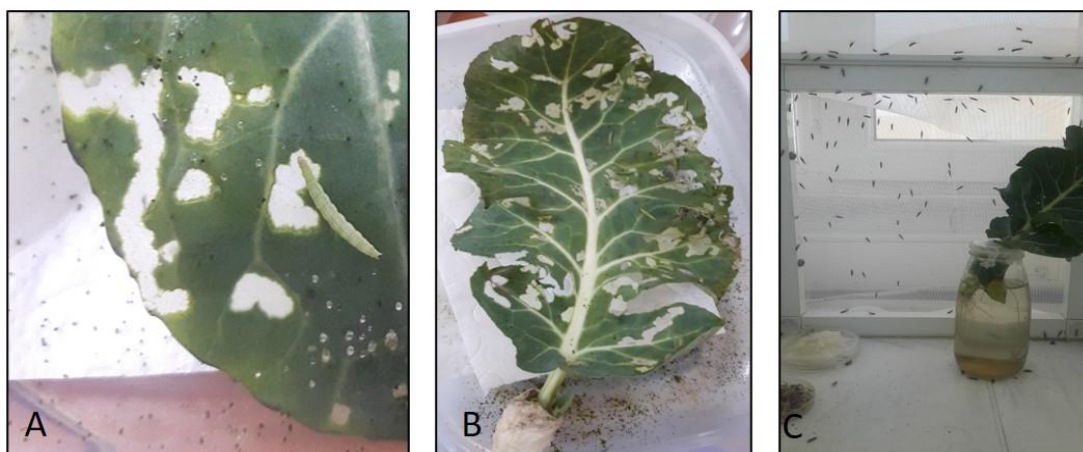


Figure 2. Laboratory rearing of the immature stages of diamondback moth (A, B) and adult colony cage (C)

A total of 200 eggs was randomly selected for 10 consecutive days and placed in a petri dish having moistened black filter paper. The length and width of the eggs were measured under Olympus SZX9 stereozoom microscope. The egg developments were monitored daily until hatching and photographed with the Olympus 7.1 MegaPixel digital camera. Newly hatched larvae were used to test the larval host preferences in the laboratory experiments. Tested host leaves were wrapped with moistened cotton, placed in a 0.8 ml plastic container with a neonate. Trials were carried out with 25 replications for each host. Fresh leaves were provided as needed.

In order to determine larval stages, the head capsule diameters of diamondback moth larvae were measured under the microscope and observed for molting or exuvia daily. The developmental times of each stages were recorded until become pupae. All biological parameters such as survivorship, measurement of width, length, weight of larvae and pupae were recorded for each tested host plant. Sex determination of mature larvae was made easily based on the spot or pale colored of dorsal view of the 8<sup>th</sup> abdominal segment (Liu and Tabashnik, 1997). Adults (♀ : ♂) were allowed to mate in small adult cages (15x15cm) to determine fecundity. Additionally, pre-oviposition, oviposition and post-oviposition periods were recorded. The fecundity (the number of deposited egg), egg survival (the number of hatched egg), survival rate (the percentage of hatched egg) and egg duration periods were determined on each tested host. Their morphological features were observed and photographed. Statistical analysis of the biological parameters was performed using the SAS software, according to PROC GLM procedure, LSD (Least Significant Difference) test (version 9.1.3; SAS Institute, Cary, NC) (1990).

## Results and Discussion

### Eggs

The eggs were laid individually or small groups (2-12) on tested leaves or occasionally anywhere in the adult cages. Eggs are pale yellowish green in color, oval shaped and flattened (Figure 3) and about  $0.29 \pm 0.02$  mm in wide,  $0.48 \pm 0.03$  mm in long and  $0.0057 \pm 0.00005$  mg in weight ( $n=200$ ). The eggs initially were creamy green in color (Figure 3A) and about 2-day old egg, the darker spots became visible on the anterior part of the eggs (Figure 3B) then darker patches became more visible when eggs were 3-day old (Figure 3C). Then, the head of neonate showed up through the chorion (Figure 3D). Eggs were deposited on tested host leaves and egg incubation times were observed in the laboratory. The mean periods of egg development were about  $5.05 \pm 0.15$  days on cauliflower,  $4.30 \pm 0.25$  days on broccoli and  $4.9 \pm 0.31$  days on white cabbage at  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  with 76.48%, 62.66% and 74.58% viability respectively in the laboratory (Table 1). There was no statistically significant difference in the length, width and weight measurements of the eggs lay in different hosts. Egg hatching was also observed under microscope (Figure 4). It was reported that the embryo gradually becomes more prominent inside the egg during its development. Larval head movement and

chewing the chorion was photographed then neonate start moving around and looking for food (Figure 4).

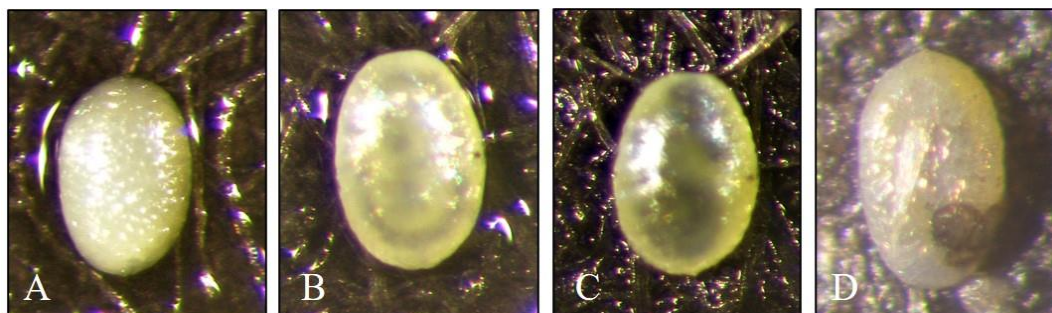


Figure 3. Egg development of *Plutella xylostella*, (A) 1-day old egg, (B) 2-day old egg, (C) 3-day old and (D) egg before hatching

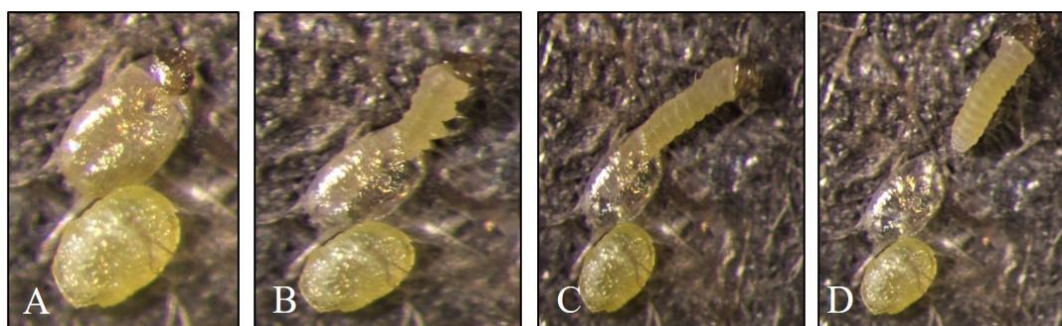


Figure 4. The progress of *Plutella xylostella* egg hatching (A, B, C) and a neonate (D)

### Larvae

The diamondback moth larvae were reared to pupal stage on cauliflower, broccoli and white cabbage leaves in the laboratory. Larval head capsule measurements were taken on each tested host and had distinctively four instars in the laboratory. The mean head capsule widths were about 0.15, 0.26, 0.41 and 0.58 mm (Table 1), but no statistical difference was found in the measurements of the head capsule widths between the tested hosts. The larvae stop feeding before molting and rested by weaving a silky web around them. After molted, they leave the skin or exuvia and head capsules (Figure 5).

Table 1. Measurements of head capsules widths of the diamondback moth on different hosts (Mean±SE, N=25)\*

Head capsule diameter (mm)	Cauliflower	Broccoli	White cabbage
I. instar	0.151±0.01 a	0.151±0.01 a	0.151±0.01 a
II. instar	0.283±0.01 a	0.251±0.007 bc	0.256±0.012 b
III. instar	0.416±0.015a	0.410±0.02 a	0.412±0.021 a
IV. instar	0.581±0.03 ab	0.591±0.02 a	0.588±0.054 a

\*The differences among instars marked by not the same letter (a, b) are significant (P < 0.05, LSD test).



Figure 5. The larval head capsules of the diamondback moth (I, II, III and IV instars with exuvia)

The first instar has a dark brown head and cream-colored body (Figure 6A). The pronotum has a visible brown patch and whole body is covered with short hairs. The first instars complete their development inside the mines then feed on the surfaces of the leaves. There was no significant difference in the weight of neonate larvae between the tested hosts as about  $0.014 \pm 0.001$  mg. The first instars were about  $0.893 \pm 0.89$  mm,  $0.853 \pm 0.004$  mm and  $0.853 \pm 0.85$  in length and  $0.161 \pm 0.003$  mm,  $0.162 \pm 0.004$  mm and  $0.161 \pm 0.003$  mm in width on cauliflower, broccoli and white cabbage, respectively. The durations of first instar were about  $2.16 \pm 0.38$  days,  $3.38 \pm 0.5$  days and  $4.11 \pm 0.67$  days on cauliflower, broccoli and white cabbage in the laboratory (Table 2). The survival rate of first instar was 100% on the tested hosts. Larval color was changed to pale green after first instar (Figure 6B, C, D).

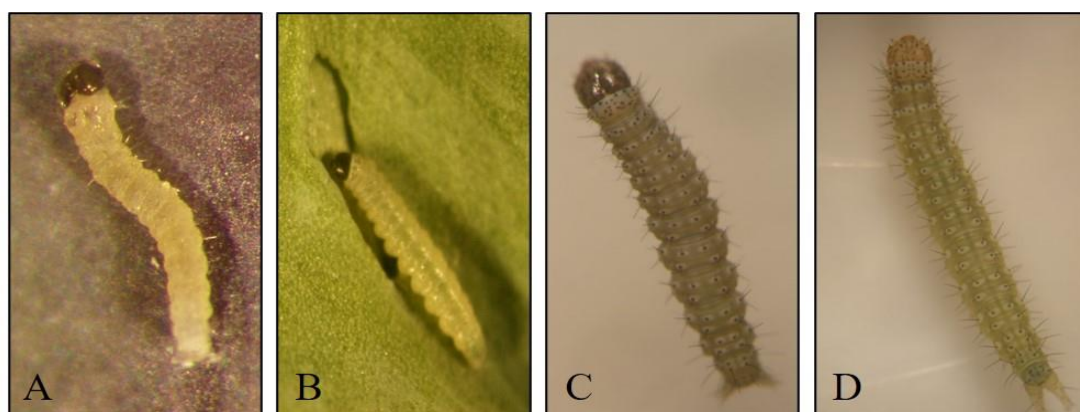


Figure 6. Different larval stages of *Plutella xylostella*. A) 1<sup>st</sup> instar, B) 2<sup>nd</sup> instar, C) 3<sup>rd</sup> instar and D) 4<sup>th</sup> instar

The second instar has a dark colored head with pale green body. There was a difference in the weight of second instar between the tested hosts as  $0.07 \pm 0.009$  mg,  $0.079 \pm 0.002$  mg and  $0.063 \pm 0.006$  mg on cauliflower, broccoli and white cabbage, respectively. The second instars were about  $2.00 \pm 0.160$  mm,  $1.61 \pm 0.10$  mm and  $1.76 \pm 0.210$  mm in length and  $0.364 \pm 0.040$  mm,  $0.33 \pm 0.041$  mm and  $0.28 \pm 0.041$  mm in width on cauliflower, broccoli and white cabbage, respectively. The duration of second instar were about  $3.16 \pm 0.38$  days,  $3.05 \pm 0.53$  days and  $2.55 \pm 0.70$  days on cauliflower, broccoli and white cabbage in the laboratory (Table 2, Figure 6B). The survival rates of second instar were 96%, 88%, 96% on cauliflower, broccoli and white cabbage, respectively.

The third instar has visible small white patches with the presence of V shaped anal legs. There was a difference in the weight of third instar between the tested hosts as  $0.435 \pm 0.129$  mg,  $0.554 \pm 0.110$  mg and  $0.410 \pm 0.131$  mg on cauliflower, broccoli and white cabbage, respectively. The third instars were about  $3.61 \pm 0.38$  mm,  $3.06 \pm 0.30$  mm and  $3.06 \pm 0.35$  mm in length and  $0.551 \pm 0.066$  mm,  $0.546 \pm 0.068$  mm and  $0.528 \pm 0.04$  mm in width on cauliflower, broccoli and white cabbage, respectively. The durations of third instar were about  $2.94 \pm 0.41$  days,  $3.22 \pm 0.42$  days and  $2.94 \pm 0.53$



days (Table 2, Figure 6C). The survival rates of third instar were 95.8%, 100%, 91.6% on cauliflower, broccoli and white cabbage, respectively.

The fourth instar has a similar appearance to third instar. There was a significant difference in the weight of fourth instar between the tested hosts as  $1.81\pm 0.29$  mg,  $2.64\pm 0.76$  mg and  $2.00\pm 0.45$  mg, on cauliflower, broccoli and white cabbage, respectively. The fourth instars were about  $6.17\pm 0.36$  mm,  $5.68\pm 0.62$  mm and  $4.96\pm 0.66$  mm in length and  $0.795\pm 0.05$  mm,  $0.94\pm 0.11$  mm and  $0.871\pm 0.06$  mm in width on cauliflower, broccoli and white cabbage, respectively. The durations of fourth instar were about  $3.61\pm 0.5$  days,  $3.05\pm 1.05$  days and  $4.11\pm 0.67$  days on cauliflower, broccoli and white cabbage, respectively (Table 2, Figure 6D). The survival rate of fourth instar was 100% on the tested hosts.

It was easy to differentiate male and female individuals when they became mature larvae by having a yellow patch on dorsal part of the 8<sup>th</sup> abdominal segment which was a male, if there was no stain, which was a female (Figure 7A). Sex differentiation in mature larvae is crucial for the laboratory studies. Because the diamondback moth has a loose silk cocoon during pupal stage which should be removed to see pupal sex characters that is time consuming and may damage the pupae.

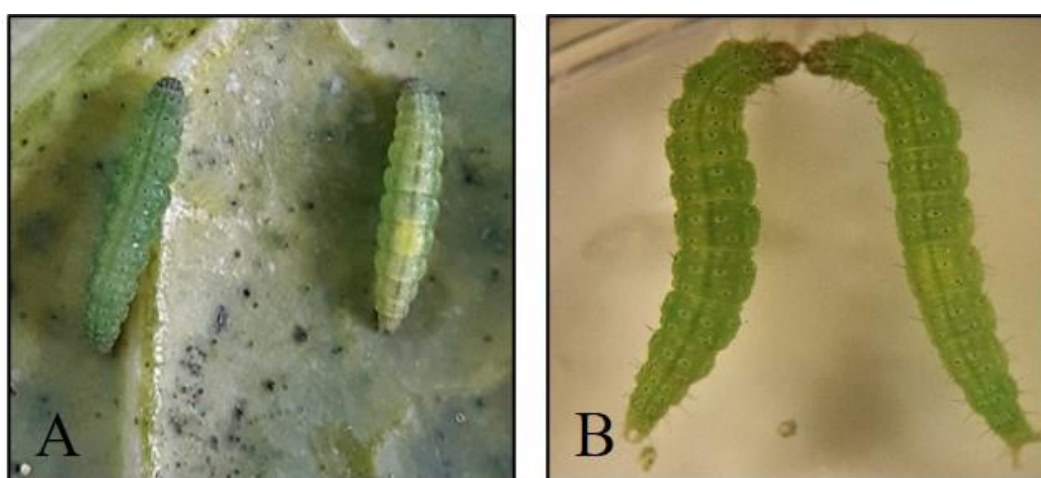


Figure 7. The fourth instars (mature larvae) (A, B). Female on the left and male on the right.

### Pre-Pupae and Pupae

When larva was fully grown, and it starts forming a loose silk cocoon on the leaves (Figure 8). Mature larva was visible through silky web at the beginning (Figure 8A) then became prepupa with leaving the last exuvia (Figure 8B). The pupa was initially soft and yellowish green then turned to brown in color (Figure 8C). The measurements of female pupae were about  $1.48\pm 0.09$  mm,  $1.52\pm 0.07$  mm and  $1.48\pm 0.05$  mm in wide,  $6.38\pm 0.14$  mm,  $6.47\pm 0.19$  mm and  $6.19\pm 0.34$  mm in long, and weighed as  $8.08\pm 0.83$  mg,  $8.25\pm 0.61$  mg and  $7.33\pm 1.17$  mg on cauliflower, broccoli and white cabbage, respectively. Male pupae were about  $1.42\pm 0.07$  mm,  $1.43\pm 0.04$  mm and  $1.34\pm 0.03$  mm in wide and  $6.08\pm 0.14$  mm,  $6.07\pm 0.14$  mm and  $5.63\pm 0.25$  mm in long, and weighed as  $6.53\pm 0.30$  mg,  $6.96\pm 0.51$  mg and  $5.24\pm 0.46$  mg on cauliflower, broccoli and white cabbage, respectively.

The durations of female pre-pupa were about  $1.12\pm 0.35$  days,  $1.37\pm 0.51$  days and  $1.12\pm 0.35$  days and male pre-pupa were about  $1.33\pm 0.50$  days,  $1.77\pm 0.44$  days and  $1.11\pm 0.33$  days on cauliflower, broccoli and white cabbage, respectively. The durations of female pupal stadium were about  $5.37\pm 0.51$  days,  $6.75\pm 0.70$  days and  $6.62\pm 0.74$  days and as  $6.66\pm 0.50$  days,  $7.55\pm 0.72$  days and  $8.22\pm 0.66$  days in male pupae on cauliflower, broccoli and white cabbage, respectively. The pre-pupal and pupal emergences were 100% on cauliflower, 100% and 95.45% on broccoli, 95.45% and 95.23% on white cabbage, respectively.

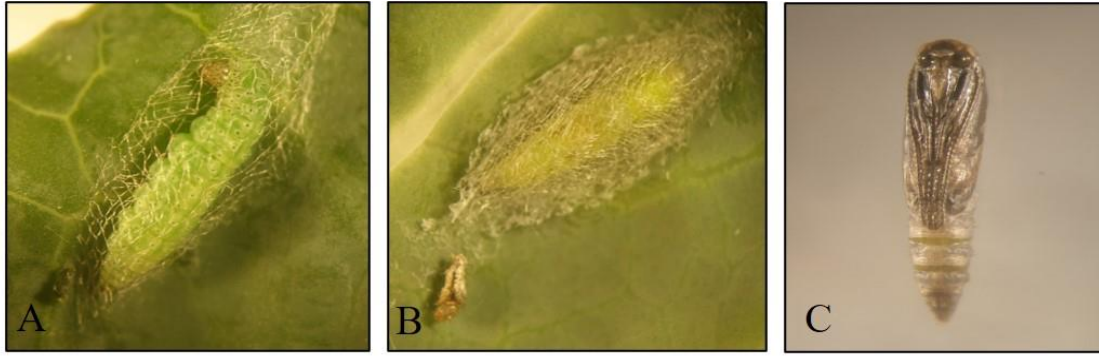


Figure 8. Mature larva (A), prepupa (B) and pupal stages (C) of the diamondback moth

### Adult

Adults of diamondback moth are brown or grayish in color with prominent antennae and having with a broad cream band. Sometimes, the band is formed light-colored diamonds on the back which is the characteristic view of the moth (Figure 9). The female wingspans were about  $13.6 \pm 0.54$  mm,  $12.6 \pm 0.54$  mm and  $11.8 \pm 0.83$  mm and male wingspans were about  $1.6 \pm 0.54$  mm,  $12.8 \pm 0.44$  mm and  $11.4 \pm 0.54$  mm when larvae were reared on cauliflower, broccoli and white cabbage, respectively. The pre-oviposition times of the females were  $4.87 \pm 8.00$  days on broccoli,  $1.62 \pm 0.74$  days on cauliflower and  $4.12 \pm 4.35$  days on white cabbage. The longest oviposition period was  $10.12 \pm 5.24$  days for cauliflower leaves, while the shortest on broccoli leaves as  $6.75 \pm 5.06$  days.

The oviposition period was observed as  $4.12 \pm 4.35$  days on white cabbage. The longevities of females were recorded as  $20.87 \pm 12.25$  days,  $14.00 \pm 6.43$  days and  $17.87 \pm 5.79$  days and the longevities of males were  $29.12 \pm 8.90$  days,  $24.62 \pm 7.15$  days and  $16.12 \pm 8.27$  days cauliflower, broccoli and white cabbage, respectively (Table 2). A female laid about  $251.50 \pm 81.37$  eggs on cauliflower,  $210.62 \pm 138.09$  eggs on broccoli and  $120.00 \pm 93.33$  eggs on white cabbage leaves in her life span.

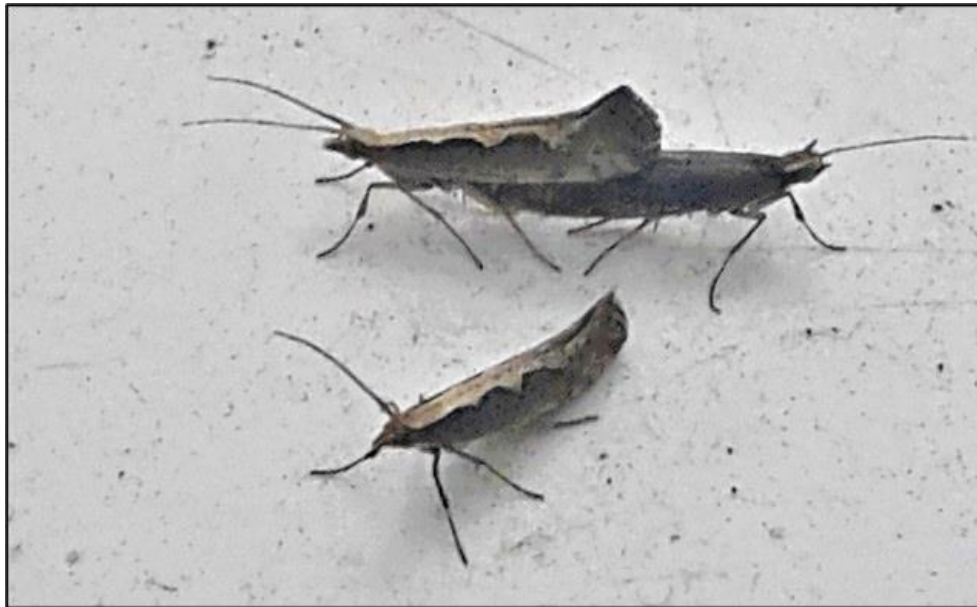


Figure 9. Adult stages of the diamondback moth



Table 2. The durations of biological stages and fitness parameters of the diamondback moth (days, Mean±SD)

Parameters of biological stages (days)	Cauliflower	Broccoli	White cabbage
<b>Egg Duration</b>	5.05±0.15 a	4.3±0.25 b	4.9±0.31 a
<b>First Instar</b>	2.16±0.38 c	3.38±0.5 b	4.11±0.67 a
<b>Second Instar</b>	3.16±0.38 a	3.05±0.53 a	2.55±0.7 b
<b>Third Instar</b>	2.94±0.41 ab	3.22±0.42 a	2.94±0.53 ab
<b>Fourth Instar</b>	3.61±0.5 ab	3.05±1.05 b	4.11±0.67 a
<b>Male Pre-Pupal duration</b>	1.33±0.5 b	1.77±0.44 a	1.11±0.33 b
<b>Female Pre-Pupal duration</b>	1.12±0.35 a	1.37±0.51 a	1.12±0.35 a
<b>Male Pupal duration</b>	6.66±0.5 c	7.55±0.72 b	8.22±0.66 a
<b>Female Pupal duration</b>	5.37±0.51 b	6.75±0.7 a	6.62±0.74 a
<b>Male adult longevity</b>	29.12±8.9 a	24.62±7.15 ab	16.12±8.27 bc
<b>Female adult longevity</b>	20.87±12.2 a	14.00±6.4 ab	17.87±5.8 a
<b>Pre-oviposition</b>	1.62±0.74 ab	4.87±8.00 a	4.12±4.35 a
<b>Oviposition</b>	10.12±5.24 a	6.75±5.06 a	9.50±6.84 a
<b>Post-oviposition</b>	9.12±10.66 a	2.25±2.76 bc	4.25±3.99 bc
<b>Fecundity (number)</b>	251.5±81.4 a	210.6±138.1ab	120.0±93.3 bc

\* Within rows, the differences between the averages of treatments marked by not the same letter (a, b, c) are significant ( $P < 0.05$ , LSD test).

This study reports that diamondback moth was successfully reared on cauliflower, broccoli and white cabbage leaves in the laboratory. We determined the diamondback moth larvae had 4 instars based on molts and head capsule measurements on tested host leaves. Many reports have shown some variations in head capsule diameter of diamondback moth larvae but the number of larval stages was four (Jaleel et al., 2019; Alizadeh et al., 2011). Host plant components (carbon, nitrogen, plant defense metabolites etc.) show variations in insect behavior such as feeding and oviposition (Syed and Abro, 2003). The high reproductive potential and shorter development period of an insect in a specific host plant indicates that the plant is suitable for the insect (Awmack and Leather, 2002). Host preference and feeding suitability for pest insects varies regarding survival rates, number of instars and continuous reproduction (Saeed et al., 2010; Talekar and Shelton, 1993). Nutrition levels of host plants especially protein contents are important and also effect the durations of biological stages, growth and fecundity in the laboratory (Mostafa et al., 2011; Renwick and Radke, 1990). This study showed that the diamondback moth larvae grow faster and complete their development faster with the highest fecundity on cauliflower than broccoli and white cabbage. Cauliflowers promote faster larval development and higher fecundity compared to Napa and white cabbage (Jaleel et al., 2019; Golizadeh et al., 2007). Successful laboratory maintenance and population rate of the diamondback moth initially were dependent on fecundity, larval survival and development (Saeed et al., 2019). Renwick and Radke (1990) reported that host plants have diverse effects on oviposition and fecundity in females of *P. xylostella*. Singh and Singh (1982) and Golizadeh et al. (2009) studied the incidence of different Brassicaceous plants on the survival and development of diamondback moth. They reported also the shortest development time and the highest survival rate in cauliflower leaves then canola, kohlrabi and white cabbage varieties. In this study, the durations of the immature stages and survivorship were the highest on cauliflower with the longest oviposition times and fecundity which indicates cauliflower as the preferred host.

### Conclusion

In this study, we investigated the life cycle of *P. xylostella* on cauliflower, broccoli and white cabbage under favorable laboratory conditions. All biological stages were reported here to help the pest's surveys in *Brassicaceae* fields. Laboratory reared adults were mated and deposited eggs on tested hosts for continues generations. Additionally, the present study reported that cauliflower is a suitable



larval host for the diamondback moth to rear in the laboratory so it may also help to survey the pest preferably in cauliflower fields. Further research is needed regarding to the mass rearing of the diamondback moth for pest management and screening genetic diversity to understand the origin of the diamondback moth population in Turkey.

**Acknowledgment:** This research study is a part of the master thesis of first author. This study was supported partially by Çanakkale Onsekiz Mart University, Scientific Research Council (Grant number: FYL-2020-3351).

## References

- Alizadeh, M., Rassoulilian, G. R., Karimzadeh, J., Hosseini- Naveh V., Farazmand, H. 2011. Biological Study of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) and it's Solitary Endoparasitoid, *Cotesia vestalis* (haliday) (Hymenoptera: Braconidae) under Laboratory Conditions. Pakistan Journal of Biological Sciences. 14: 1090-1099.
- Alkan, B., 1965. Murgul Bölgesi karalahanalarda görülen lahana güvesi *Plutella maculipennis* Curt. (Lep: Plutellidae)'nin biyolojisi üzerinde bazı incelemeler ve mücadele usulleri. A.Ü.Zir.Fak.Yıll. 15(1):74-91.
- Atay E., Efil L., Tatlı M., Alaca B., 2019. The first record for *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) in Çanakkale parodince of Turkey and external and genital morphology of the species. Eurasian Journal of Biological and Chemical Sciences. 2(1):7-10.
- Awmack, C.S., Leather, S.R., 2002. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. Annu. Rev. Entomol. 47:817-844.
- Avcı, Ü., H.Özbek, 1990. Erzurum'da lahana zararlısı lepidopter türleri ve parazitoidleri üzerinde bir araştırma. Türkiye II. Biyolojik Mücadele Kongresi Bildirileri. 26-29 Eylül, 1990. Entomoloji Derneği Yayınları No: 319-329.
- Colinet H., Sinclair B.J., Vernon P., Renault D. 2015. Renault Insects in fluctuating thermal environments. Annual Review of Entomology. 60: 123-140.
- De Bortoli SA, Planczyk RA., Vacari AM., De Bortoli CP., Duarte RT. 2014. *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera, Plutellidae): Tactics for intigrated pest management in Brassicaceae. Intech, 31-51.
- French, B.A., White J.H. 1960. The diamondback moth outbreak of 1958. Plant Path., 9:77-84
- Golizadeh A., Kamali K., Fathipour Y., Abbasipour H. 2007. Temperature-dependent development of diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) on two brassicaceous host plants. Insect Science. 14(4):309-316.
- Golizadeh, A., Kamali, K., Fathipour, Y., Abbasipour, H. 2009. Effect of temperature on life table parameters of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) on two brassicaceous host plants. Journal of Asia-Pacific Entomology. 12(4):207-212.
- Jaleel W., Saeed, S., Saeed, Q., Naqqash, M.N., Sial, M.U., Aine, Q.U., Yanyuan, L., Rui, Z., He, Y., Lu, L. 2019. Effects of three different cultivars of cruciferous plants on the age-stage, two-sex life table traits of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). Entomological Research. 49:151-157.
- Kfir R. 1998. Origin of the Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae). Annals of the Entomological Society of America. 91(2):164-167.
- Liu, Y. B., Tabashnik, B. E. 1997. Visual determination of sex of diamondback moth larvae. Canadian Entomologist. 129(3): 585-586.
- Magaro J. J., Edelson J. V. 1990. Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae) in South Texas: A Technique for Resistance Monitoring in the Field. Journal of Economic Entomology. 83(4): 1201-1206.
- Mohan, M., Gujar, G. T. 2003. Local variation in susceptibility of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Linnaeus) to insecticides and detoxification enzymes. Crop Protection. 22: 495-05.
- Mostafa, A.M., Lowery, D.T., Jensen, L.B.M., Deglow, E.K. 2011. Host suitability and feeding Preferences of the Grapevine Pest *Abagrotis orbis* (Lepidoptera:Noctuidae) Environmental Entomology. 40(6): 1458-146.
- Renwick J.A.A., Radke C.D. 1990. Plant constituents mediating oviposition by the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). Phytophaga. 3(1):37-46.
- Saeed, R., Sayyed A.H., Shad S.A., Zaka S.M. 2010. Effect of different host plants on the fitness of diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). Crop Protection. 29:178-182.
- Saeed S., Jaleel W., Naqqash M.N., Saeed Q., Zaka S.M., Sarwar Z.M., Ishtiaq M., Qayyum M.A., Sial M.U., Batool M. 2019. Fitness parameters of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera; Plutellidae) at four constant temperatures by using age-stage, two-sex life tables. Saudi J. Biol. Sci., 26 (7): 1661-1667.
- SAS. 1990. SAS/STATuser'sversion 6, 4thedition. Vol. 1 & 2. Cary: SAS Institute Inc.
- Singh, S.P., Singh, D., 1982. Influence of cruciferous host plants on the survival and development of *Plutella xylostella*. Journal of Research Punjab Agricultural University 19: 100-104.



- Syed T.S., Abro G.H. 2003. Effect of Brassica Vegetable Hosts on Biology and Life Table Parameters of *Plutella xylostella* Under Laboratory Conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 6(22):1891-1896.
- Tabashnik B.E., Cushing N.L., Finson N., Johnson M.W. 1990. Field Development of Resistance to *Bacillus thuringiensis* in Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of Economic Entomology*. 83(5): 1671–1676.
- Talekar, N.S., H.C. Kong, S.T. Lee, B.S. Chlen, Sun, L.Y., 1985. Annotated bibliography of the diamondback moth. Asian Vegetable Research and Development Center, Taiwan, 469.
- Talekar, N.S., A.M. Shelton, 1993. Biology, ecology and management of the Diamondback moth. *Annual Review of Entomology*. 38: 275-301.
- Zalucki M. P., Shabbir A., Silva R., Adamson D., Su-Sheng L., Furlong M. J., 2012. Estimating the Economic Cost of One of the World's Major Insect Pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): Just How Long Is a Piece of String? *Journal of Economic Entomology*. 105(4):1115-1129.



Araştırma Makalesi/Research Article

## Tüketicilerin Çirkin (Mükemmel Olmayan) Meyve ve Sebze Tüketimine Yönelik Tutum ve Davranışlarının Belirlenmesi: Bornova İlçesi Örneği

Bezza Tunç\* 

Emre Akın 

Nevin Demirbaş 

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü- İzmir.

\*Sorumlu yazar: bezzatunc.ege@gmail.com

Geliş Tarihi: 30.12.2020

Kabul Tarihi: 24.02.2021

### Öz

Çirkin gıda şekil, boyut ve renk farklılıkları gibi kusurlar nedeniyle standart dışı olan meyve ve sebzeleri kapsamaktadır. Tüketicilerin bu ürünlere yönelik tutum ve davranışları ürün kayıpları açısından tüm dünyada önemli hale gelmiştir. Bu çalışmanın amacı İzmir ili Bornova İlçesi'nde tüketicilerin çirkin meyve ve sebze tüketme eğilimleri ile bu ürünlerin tüketimine ilişkin tutum ve davranışlarını belirlemektir. Araştırma verileri 110 tüketici ile yüz yüze görüşülerek yapılan anketlerden elde edilmiştir. Satın alma eğilimini etkileyen tüketici tutum ve davranışlarının belirlenmesinde Beşli Likert Ölçeği kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre çirkin meyve sebze satın alma eğilimini etkileyen en önemli faktörün fiyat olduğu saptanmıştır. Bu ürünlerin fiyatlarının standart görünümlü ürünlerin fiyatlarından daha ucuz olmasının tüketim eğilimini artırması beklenen en önemli unsur olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, çirkin (mükemmel olmayan) meyve ve sebzeler, perakende satış yerlerinde ayrı tezgahlarda ve daha düşük fiyatlarla satılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Çirkin meyve ve sebze, Mükemmel olmayan meyve ve sebze, Gıda israfı, Satın alma eğilimi

## Determining the Attitudes and Behaviors of Consumers Towards Ugly (Imperfect) Fruit and Vegetable Consumption: The Case From Bornova District

### Abstract

Ugly food includes non-standard fruits and vegetables due to imperfections such as shape, size and color differences. Consumers' attitudes and behaviors towards these products have become important all over the world in terms of food losses. The aim of this study is to determine the consumer tendencies to consume ugly fruits and vegetables and their attitudes and behaviors regarding the consumption of these products in Bornova District of İzmir province. The research data were obtained through face-to-face interviews with 110 consumers. Five-point Likert Scale was used to determine consumer attitudes and behaviors that affect purchasing tendency. According to the results of the research, it was determined that the most important factor affecting the tendency to buy ugly fruit and vegetables is the price. It has been determined that the prices of these products are cheaper than the prices of standard looking products, which is the most important factor expected to increase the consumption trend. Therefore, ugly (imperfect) fruits and vegetables can be sold in retail outlets at separate stalls and at lower prices.

**Keywords:** Ugly fruit and vegetable, Imperfect fruit and vegetable, Food waste, Buying tendency

### Giriş

Dünyada her yıl insan tüketimi için üretilen gıdaların yaklaşık üçte biri (yaklaşık 1,3 milyar ton) kayıp veya israf edilmektedir. İsrif edilen bu orandaki gıdalarla dünya genelinde açlık çeken 795 milyon insanın beslenebileceği belirtilmektedir (Gustavsson ve ark., 2011; FAO, IFAD, WFP, 2015). Türkiye'de ise 2016 yılında gıda arz zincirinin tarımsal üretim aşamasında meyve ve sebze üretiminin yaklaşık 9,48 milyon tonunun kayba uğradığı belirtilmektedir (Salihoğlu ve ark., 2018). Küresel nüfusun %10' undan fazlası kronik olarak açlık çekerken (FAO, IFAD, UNICEF, WFP ve WHO, 2017) gıda kaybı ve israfı günümüzün ve geleceğin en büyük sorunlarından biri olarak ortada durmaktadır (Kibler ve ark., 2018).

Gıda kayıplarının ortaya çıktığı aşamalar tarlada/bahçede/serada üretim aşaması, hasat sonrası harmanlama ve depolama, işleme (sanayi tesislerinde veya evde), dağıtım (piyasa) ve tüketim aşamaları şeklinde sıralanabilmektedir (Parfitt ve ark., 2010; Demirbaş ve ark., 2017). Özellikle, taze meyve ve sebze sektöründe üretimin yaklaşık %20'si hasattan hemen sonra kaybedilmekte ve bu oran



tedarik zinciri boyunca en yüksek kaybı temsil etmektedir (Özdemir Çifçi ve Demirbaş, 2020). Plansız budama, seyreltme, düzensiz ilaçlama ve gübreleme, uygun olmayan hasat işlemleri gibi nedenler bu ürünlerin standart dışı (çirkin= mükemmel olmayan) şekiller almasına neden olabilmektedir (Mulholland, 2014; Dokuzova, 2018). Oysa, bu meyve ve sebzeler de besin değeri, yetiştirilme şekli, vitamin ve minerallerin değerleri bakımından standart ürünlerle aynı niteliktedir.

Şekil kusurları meyve veya sebzelerdeki her türlü girinti veya çıkıntılarını ifade etmektedir. Boyut kusurları ise meyve ve sebzelerin normalden daha büyük olmasını, renk kusurları ise soluk, belli yerlerinde morluklar bulunan veya taneli lekeleri olan meyve ve sebzeleri kapsamaktadır (Van Giesen ve De Hooge, 2019).

Diğer gıdalarda olduğu gibi, meyve ve sebzelerin görünüşü de gıdanın yenilebilirliği ve satın alınabilirliği hakkında olumsuz algılar oluşturabilmektedir (Steenkamp, 1990; Daysal ve Demirbaş, 2020). Bu nedenle, paketli satılan taze ürünler dışında satışa sunulan taze ürünler, son kullanma tarihi etiketleri olmadığı için, meyve ve sebzelerle ilgili seçim ve kalite sonuçlarının belirlenmesinde görünüşleri öne çıkmaktadır. Dolayısıyla fiziksel görünüm meyve ve sebze seçiminin önemli bir belirleyicisi haline gelmektedir. Perakendeciler, tüketicilerin standart fiziksel görünümünden (şekil, boyut, renk vb.) uzak ürünleri satın almayacaklarını varsaymaktadır (De Hooge ve ark., 2017; Dokuzova, 2018). Bu nedenle, standart dışı meyve ve sebzeler perakendeciler tarafından satın alınmamakta ve tarım işletmelerinde kalan bu ürünler önemli ürün kayıplarına neden olmaktadır. Bazı normlar veya standartlar, zorunlu kalite gereksinimlerini içermektedir. Bu gereksinimler, genel olarak ürünlerin hazırlık ve ambalajlama sonrasında sağlaması gereken şartlar veya izin verilen toleransları içermektedir. Standartlar, hijyen veya gıda güvenliğinin yanı sıra ürünlerin estetik yönleriyle de ilgili olabilmektedir (Roels ve Van Gijsegem, 2017). Dolayısıyla estetik standartlara uymayan “Çirkin Gıdalar” tüketim zincirinde kendine yer bulamayabilmekte ve bu gıdalar israf edilebilmektedir. Oysa, tüketicilerin çirkin görünümlü meyve ve sebzeleri yenmeyen veya istenmeyen olarak algılamasının %45 oranda önlenilebilir olduğu tahmin edilmektedir (FAO, 2017).

Politika yapımcılar, hem çevresel hem de ekonomik nedenlerle gıda israfını azaltma sorumluluğuna sahiptir (Niyaz ve Demirbaş, 2020). Bunu başarmak ve tüketici bilincini artırmak için toplumu bilgilendirme kampanyaları gereklidir. Birçok ülke üretim aşamasında israf edilen çirkin meyve ve sebzelerle ilgili çeşitli organizasyonel ve yasal düzenlemelerle gıda israfını azaltma çalışmalarını başlatmıştır. Nitekim, Avrupa ülkeleri 2025 yılına kadar gıda israfını %50 azaltmayı ve muhtaçların gıdaya erişimini kolaylaştırmayı hedeflemektedir (Waste Management World, 2013). Dünyada yapılan “Leket Israel, Naturally Imperfect, Kromkommer, AquaBotanical, Social Fruits and Vegetables ve Fruta Feia” gibi çalışmalar satılmayan çirkin gıdaların değerlendirilmesi için farklı uygulamalar yaparak, bu ürünlerin israf edilmesinin önüne geçilmesini amaçlamaktadır (Carville, 2015; Arthur, 2016; Louis ve Lombart, 2018; Berardinetti, 2018; Aquabotanical, 2019; Kromkommer, 2019; Makhal ve ark., 2019; Fruta Feia, 2019; Leket, 2020).

Tüketiciler aynı fiyattan satışa sunulması durumunda, şekilsel açıdan en güzel görünen ürünleri satın alma eğilimi göstermektedir (Kyutoku ve ark., 2018). Bunun için Fransa gibi bazı ülkelerde perakendeciler bir pazarlama stratejisi uygulayarak gıda kalitesini etkilemeyen küçük görsel kusurlar gösteren çirkin gıdaların fiyatını düşürerek müşterilerine bu ürünleri sunabilmektedir (Eriksson ve ark., 2012; Lebersorger Schneider, 2014).

Çirkin gıdaların, tüketiciler tarafından satın alınması, gıda israfının azaltılmasını desteklemekte ve çevreyi koruma davranışı oluşturabilmektedir (Loebnitz ve ark., 2015). Örneğin önceki çalışmalar, karbon ayak izinin gıda israfı haline gelmeyen her bir kilogram gıda ile yaklaşık 2 kilogram değerinde karbondioksitin azaltılabileceğini göstermektedir (Stenmarck ve ark., 2011). Gıda üretiminin tüm sera gazı emisyonlarının yaklaşık üçte birine neden olduğu bilinmektedir. Aynı zamanda taze meyve ve sebze üretiminde su, enerji, toprak ve diğer doğal kaynakların yoğun bir şekilde kullanılması gerektiği için gıda israfı önemli kaynak israflarına da sebep olmaktadır (De Hooge ve ark., 2017). Çirkin gıdaların tüketiminin artması, gıda israfının yalnızca ekonomik tasarruf boyutunda değil, su ve diğer kaynakların sürdürülebilir kullanımı açısından da Dünya ve Türkiye için büyük önem arz etmektedir (Demirbaş, 2018; Dokuzova, 2018).

Çalışmada çirkin (ugly= imperfect) meyve ve sebze kavramı ele alınmıştır. Gıda israf ve kayıpları ile ilgili uluslararası literatürde kullanılan “ugly/imperfect” (Loebnitz ve ark., 2015; De



Hooge ve ark., 2017; Roels ve Van Gijsegheem, 2017; Berardinetti, 2018; Dokuzova, 2018; Louis ve Lombart, 2018; Van Giesen ve De Hooge, 2019) meyve ve sebzeler için bu çalışmada “çirkin” kavramı kullanılmış, yeri geldikçe “mükemmel olmayan” kavramından da bu tür standart dışı meyve ve sebzeler için yararlanılmıştır. Tüketicilerde doğru algılar geliştirilmedikçe, gıda israfının önüne geçilmesinin güçlüğü ortadadır. Çalışmanın amacı, estetik kaygılarla perakendecilerin satın almadığı ve dolayısıyla tüketilmeyen ve israf edilen çirkin meyve ve sebzeler için tüketici tutum ve davranışlarını ortaya koymaktır. Bu çerçevede çalışmada, söz konusu ürünlere yönelik tüketici satın alma istekliliğine de yer verilmiştir.

### Materyal ve Yöntem

Bu çalışmanın ana materyali, İzmir İli Bornova İlçesi’nde tüketiciler ile yüz yüze gerçekleştirilmiş olan anketlerden elde edilmiştir. Araştırmada, görüşülecek tüketici sayısı oransal örnek hacmi formülüyle hesaplanmıştır (Newbold, 1995).

$$n = \frac{Np(1-p)}{(N-1)\sigma_{px}^2 + p(1-p)}$$

n: Örnek hacmi

N: Bornova ilçesi nüfusu (450992)

p: Çirkin gıda tüketenlerin oranı

$\sigma_{px}^2$ : Varyans

Araştırmada maksimum örnek hacmine ulaşılmak istenmiştir. Bu amaçla p: 0,50 ve (1-p): 0,50 alınmıştır. Buna göre, %90 güven aralığı ve %8 hata payı ile örnek hacmi 110 olarak belirlenmiştir. Bornova ilçesinde anket çalışmasının gerçekleştirileceği mahallelerin seçiminde nüfusun yoğunluğu dikkate alınmıştır. Buna göre 2019 yılı itibariyle, ilçe nüfusunun %45,53’ünü oluşturan sekiz mahalle seçilmiştir. Araştırmada her mahalleye düşen anket sayısının belirlenmesinde, mahallelerdeki nüfusun toplama yaptığı oransal katkı dikkate alınmıştır. Anketler hanelerde mutfaktan ve alışverişten sorumlu olan tüketicilerle yapılmıştır. Mahalleler itibariyle gerçekleştirilen anket sayıları Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Mahallelere göre anket sayılarının dağılımı (2020)

Mahalleler	Nüfus	%	Hesaplanan Anket Sayısı	Yapılan Anket Sayısı
Kazımdirik	37 334	18,18	20,00	20
Erzene	36 949	17,99	19,79	20
Yeşilova	30 712	14,96	16,46	16
Atatürk	28 350	13,81	15,19	15
Mevlana	25 483	12,41	13,65	14
İnönü	25 459	12,40	13,64	14
Doğanlar	21 067	10,25	11,28	11
Toplam	205 354	100,00	110,00	110

Elde edilen verilerin analizinde aritmetik ortalama, yüzde, standart sapma vb. tanımlayıcı istatistiklerden yararlanılmış olup; tüketicilerin tutum ve davranışlarının belirlenmesinde (1) en düşük, (5) en yüksek olacak şekilde Beşli Likert Ölçeği kullanılmıştır (Malhotra, 2010). Likert tipi soruların güvenilirliğinin ve ölçeklerin tutarlılığının test edilmesi için Cronbach Alfa katsayısı kullanılmıştır. İç tutarlılığının bir ölçüsü olan Cronbach Alfa katsayısı, ölçekte bulunan maddelerin homojen yapısını açıklamak veya sorgulamak üzere kullanılmaktadır. Cronbach Alfa katsayısı yüksek olan ölçekteki maddelerin birbirleriyle tutarlı bir o kadar da aynı özelliği ölçen maddelerden meydana geldiği yorumu yapılabilir. Cronbach Alfa katsayısı; 0 < R2 < 0,40 ise güvenilir değil; 0,40 < R2 < 0,60 ise düşük güvenilirlikte; 0,60 < R2 < 0,80 ise oldukça güvenilir 0,80 < R2 < 1,00 ise yüksek güvenilirlikte kabul edilmektedir (Uzunsakal ve Yıldız, 2018).





## Bulgular ve Tartışma

### Tüketicilerin Sosyo-Ekonomik Özellikleri

Araştırma kapsamında görüşülen tüketicilerin 81’i kadın, 29’u erkek olup; yaş ortalamaları yaklaşık 40 ve eğitim düzeyleri ortalama 12,37 yıldır. Tüketicilerin yaklaşık %66’sı çocuk sahibidir. Çocukların yaş aralığı 13-18 yaş grubu olup; hanede yaklaşık 3 kişi yaşamaktadır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Tüketicilerin demografik özellikleri

Değişkenler	Kategoriler	Sayı	%	Ortalama	Std Sapma
Cinsiyet	Erkek	29	26,36		
	Kadın	81	73,64		
Yaş (yıl)				39,70	12,86
Eğitim (yıl)				12,37	4,07
Hanedeki birey sayısı				2,90	1,04
Çocuk sahipliği	Evet	71	65,55		
	Hayır	39	34,45		
Çocukların yaş aralığı (yıl)				4,23	1,19
Hanehalkı Geliri (TL)	2324 ve altı	14	12,73		
	2325-4000	21	19,09		
	4001-6000	31	28,18		
	6001-8000	30	27,27		
	8001 ve üzeri	14	12,13		

### Tüketicilerin Çirkin (Mükemmel Olmayan) Meyve ve Sebze Hakkındaki Bilgi Düzeyleri

Araştırma kapsamında görüşülen 110 tüketiciye “çirkin meyve ve sebze” kavramı hakkında bilgi sahibi olup olmadıkları sorulduğunda sadece 11’i (%10) çirkin gıda kavramını bildiklerini belirtmişlerdir. Çirkin gıda kavramını bildiğini ifade eden tüketicilere ise çeşitli tanımlar verilmiştir. Buna göre 11 tüketiciden hiçbiri çirkin gıdayı standart dışı gıda olarak tanımlayamamıştır. Buradan hareketle, çirkin gıdanın kavram olarak bilimsel çalışmalar dışında henüz kullanılmadığı ve yaygınlaşmadığı sonucuna varılabilir.

### Tüketicilerin Çirkin Meyve ve Sebze Tüketme Durumu ve Nedenleri

Görüşülen tüketicilere öncelikle çirkin meyve ve sebze kavramı hakkında bilgi verilmiştir. Bu açıklamalar sonucunda tüketicilerin yaklaşık %63’ünün çirkin meyve ve sebze tükettiği, yaklaşık %37’sinin ise tüketmediği tespit edilmiştir. Tüketiciler bu ürünleri tüketme nedenlerinden, besin içeriğinin farklı olmaması (4,22), tadında bir farklılık olmaması (4,09), kokusunun farklı olmaması (3,99), tazelik açısından bir fark olmaması (3,96), renginin farklı olmaması (3,87) ve kesme doğrama işlemi sırasında rahatlık açısından normal şekilli gıdalardan fark olmaması (3,77) ifadelerine katılmış ve fiyatının daha uygun olması (2,91) ifadesine katılmada ise kararsız kalmışlardır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Tüketicilerin çirkin meyve ve sebze tüketme nedenleri (n= 69)

Nedenler	Likert Ölçek					Ortalama * Std Sapma	Standart Sapma
	1)	2)	3)	4)	5)		
Besin içeriğinin farklı olmaması				0	7	4,22	0,48
Tadında bir farklılık olmaması				6	0	4,09	0,48
Kokusunun farklı olmaması			1	8	0	3,99	0,56
Tazelik açısından bir fark olmaması			3	6	0	3,96	0,58
Renginin farklı olmaması			4	7		3,87	0,59
Kesme doğrama işlemi sırasında rahatlık açısından normal şekilli gıdalardan fark olmaması			2	7	2	3,75	1,06
Fiyatının daha uygun olması		9	6	7		2,91	1,04

Cronbach Alpha= 0,71

\*1: Kesinlikle Katılmıyorum 2: Katılmıyorum, 3: Kararsızım, 4: Katılıyorum, 5: Kesinlikle Katılıyorum



Çirkin meyve ve sebze tüketmeme nedenlerinin başında ise, fiyat-performans ilişkisini kötü buluyorum (3,76), tadının kötü olacağını düşünüyorum (3,68) ve tüketiminin kolay olmadığını düşünüyorum (3,61) ifadeleri gelmektedir. Renklerini solgun buluyorum (3,37), genetiği ile oynandığını düşünüyorum (3,05), besin içeriğinin zayıf olduğunu düşünüyorum (3,02), tarımsal ilaç kullanıldığını düşünüyorum (3,00), kimyasal gübre kullanıldığını düşünüyorum (2,98), sunumunun görsel olarak hoş olmayacağını düşünüyorum (2,98) ve taze olmadığını düşünüyorum (2,59) ifadelerine katılımda kararsız kaldıkları; kokusunun farklı olduğunu düşünüyorum (2,39) ifadesine ise katılmadıklarını belirtmişlerdir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Tüketicilerin çirkin gıda tüketmeme nedenleri (n= 41)

İfadeler						Likert Ölçek Ortalaması*	Standart Sapma
	1)	2)	3)	4)	5)		
Fiyat-performans ilişkisini kötü buluyorum				2	4	3,76	1,20
Tadının kötü olacağını düşünüyorum		1			8	3,68	1,35
Tüketiminin kolay olmadığını düşünüyorum				3	1	3,61	1,18
Renklerini solgun buluyorum		1			1	3,37	1,28
Genetiği ile oynandığını düşünüyorum		1		3		3,05	1,26
Besin içeriğinin zayıf olduğunu düşünüyorum		1	2			3,02	1,21
Tarımsal ilaç kullanıldığını düşünüyorum		0		4		3,00	1,18
Kimyasal gübre kullanıldığını düşünüyorum				6		2,98	1,19
Görsel olarak hoş olmadığını düşünüyorum		1	2	0		2,98	1,15
Taze olmadığını düşünüyorum		5	2			2,59	1,07
Kokusunun farklı olduğunu düşünüyorum		6	1			2,39	1,02

Cronbach Alpha= 0,86

\*1: Kesinlikle Katılmıyorum 2: Katılmıyorum, 3: Kararsızım, 4: Katılıyorum, 5: Kesinlikle Katılıyorum

### Tüketicilerin Çirkin Meyve ve Sebzeler ile Standart Görünümlü Meyve Sebzeler Hakkındaki Karşılaştırmalı Görüşleri

Tüketiciler çirkin ve standart görünümlü meyve ve sebzeleri bazı özellikleri açısından kıyasladıklarında fiyat (3,19), doğallık (3,05), çevresel etki (3,00), besleyicilik (2,91), tazelik (2,89), gıda güvenliği (2,79) ve raf ömrü açısından hemen hemen aynı; beklendiği gibi, görünüş açısından ise çirkin meyve ve sebzelerin daha kötü olduklarını belirtmişlerdir (Çizelge 5). Bu sonuç, tüketicilerin tercihlerinin büyük ölçüde estetik kaygılarla ilgili olduğunu göstermesi açısından önemlidir.

Çizelge 5. Tüketicilerin çirkin ve standart görünümlü meyve sebzeleri özelliklerine göre kıyaslama durumları

İfadeler	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Likert Ölçek Ortalaması*	Standart Sapma
Fiyat açısından	3	27	44	18	18	3,19	1,07
Doğallık açısından	2	21	67	9	11	3,05	0,87
Çevresel etki açısından	3	4	96	4	3	3,00	0,54
Besleyicilik açısından	1	13	91	5	-	2,91	0,44
Tazelik açısından	1	16	88	4	1	2,89	0,49
Gıda Güvenliği açısından	5	28	66	7	4	2,79	0,78
Raf ömrü açısından	5	18	87	-	-	2,75	0,53
Görünüş açısından	15	65	22	7	1	2,22	0,79

Cronbach Alpha= 0,77

\*1: Çok Daha Kötü 2: Kötü, 3: Aynı, 4: Daha iyi, 5: Çok Daha İyi



## Tüketicilerin Çirkin Meyve ve Sebze Ekseninde Çevre Bilinci ile İlgili İfadelere Katılma Durumları

Tüketicilerin çirkin meyve tüketme eğiliminin artırılması ve bu ürünlerin israfının azaltılması büyük ölçüde çevre bilinci ile ilgilidir. Bu nedenle çalışmada, tüketicilerin çirkin meyve ve sebzelerin çevresel etkilerine dair ifadelerle katılma düzeyleri de sorulmuştur. Buna göre, tüketicilerin çirkin meyve ve sebze tercihlerinin artması gıda israf oranının azalmasına yardımcı olur (4,41) ve çirkin meyve ve sebze tüketimindeki artış ekosisteme yarar sağlar (4,11) ifadelerine katıldıklarını; çirkin meyve ve sebze tüketiminin artması temiz su kaynaklarının %25'e kadar israf edilmesini önler (3,48), çirkin meyve ve sebze tüketiminin artması sera gazı yayılımını azaltır (3,43) ifadesine katılmada kararsız kaldıklarını belirlenmiştir (Çizelge 6). Tüketicilerin çirkin meyve ve sebze tercihlerinin artması sonucu gıda israf oranının azalacağını düşünmesi (4,41) konuya ilişkin çözümlerin geliştirilmesi açısından önemli bir sonuç olarak değerlendirilmektedir.

Çizelge 6. Tüketicilerin çirkin meyve ve sebze ile ilgili çevre bilinçleri

İfadeler	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Likert Ölçek Ortalaması*	Standart Sapma
Çirkin meyve ve sebze tercihlerinin artması gıda israf oranının azalmasına yardımcı olur	-	-	4	57	49	4,41	0,56
Çirkin meyve ve sebze tüketimindeki artış ekosisteme yarar sağlar	-	-	33	32	45	4,11	0,84
Çirkin meyve ve sebze tüketiminin artması temiz su kaynağının %25'e kadar israf edilmesini önler	-	4	58	39	9	3,48	0,70
Çirkin meyve ve sebze tüketiminin artması sera gazı yayılımını azaltır	1	7	59	30	13	3,43	0,82

Cronbach Alpha= 0,70

\*1: Kesinlikle Katılmıyorum 2: Katılmıyorum, 3: Kararsızım, 4: Katılıyorum, 5: Kesinlikle Katılıyorum

Tüketicilere çirkin meyve ve sebzelerin tedarik zincirinin farklı aşamalarında nasıl değerlendirilebileceği ile ilgili ifadelerle katılımları da sorulmuştur. Tüketiciler bu ürünlerin perakende aşamada normal görünümlü meyve ve sebzelerden daha düşük fiyata satılabilir (4,58) ifadesine kesinlikle katılmış, aş evlerine bağışlanabilir (4,46), tarlalara kompost gübre olarak geri dönebilir (4,35), sanayi sektöründe işlenmiş gıda ürünleri yapmak için kullanılabilir (4,23), gıda bankalarına yönlendirilebilir (4,15) ifadelerine katılmış ve çöpe atılır (1,70) ifadesine ise katılmamışlardır (Çizelge 7). Ayrıca, tüketicilerin yaklaşık %68'i çirkin meyve ve sebzeleri çocuklarına yedirmeyi güvenilir bulurken, yaklaşık %11'i güvenilir bulmamış ve %21'i ise bu konuda kararsız kalmıştır.

Çizelge 7. Tercih edilmeyen çirkin meyve ve sebzelerin değerlendirilme şekilleri ile ilgili ifadelerle katılım durumu

İfadeler	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Likert Ölçek Ortalaması*	Standart Sapma
Normal görünümlü meyve ve sebzelerden daha düşük fiyata satılabilir	-	-	1	44	65	4,58	0,51
Aş evlerine bağışlanabilir	-	-	10	39	61	4,46	0,66
Tarlalara kompost gübre olarak geri dönebilir	-	-	16	39	55	4,35	0,72
Sanayi sektöründe işlenmiş gıda ürünleri yapmak için kullanılabilir	-	4	22	29	55	4,23	0,90
Gıda bankalarına yönlendirilebilir	1	3	27	26	53	4,15	0,95
Çöpe atılır	64	26	10	9	1	1,70	1,00

Cronbach Alpha= 0,73

\*1: Kesinlikle Katılmıyorum 2: Katılmıyorum, 3: Kararsızım, 4: Katılıyorum, 5: Kesinlikle Katılıyorum

## Tüketicilerin Çirkin Meyve ve Sebze Satın Alma İstekliliği

Tüketicilerin çirkin meyve ve sebzelerin israfının bertaraf edilmesi için yapılabilecekler konusunda en çok katıldıkları yargı, “perakende aşamasında normal görünümlü meyve ve sebzelerden



daha düşük fiyata satılabilir” yargısı olmuştur. Bu nedenle, tüketicilere çirkin meyve ve sebzelerin fiyatlandırmaları ile ilgili ifadeler sunulmuştur. Buna göre tüketicilerin çirkin meyve ve sebzeleri diğerlerinden daha ucuz ise alma eğilimi (4,10) gösterecekleri, fiyatları diğer ürünlerle aynı ise satın alma eğiliminin azalacağı (2,94) ve fiyatları daha pahalı ise (1,48) kesinlikle almayacakları belirlenmiştir (Çizelge 8).

Bu kez, meyve ve sebzelerin standart dışı görünüşlerinden dolayı israf olacağını bildikleri takdirde, satın alma istekliliklerinde olumlu bir değişiklik olup olmayacağı sorulmuş; tüketicilerin %84,55’i satın alma kararlarını olumlu yönde değiştireceğini, %15,45’i ise israf edilse de edilmese de satın almayacağını ifade etmiştir. Bu sonuç, toplumsal farkındalık ile çirkin meyve ve sebzelerin israfının önüne geçilebileceğini göstermesi açısından son derece olumlu olarak değerlendirilebilir.

Çizelge 8. Tüketicilerin çirkin meyve ve sebzelerin fiyatı ile ilgili ifadelere katılma durumu

İfadeler						Likert Ölçek Ortalaması*	Standart Sapma
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		
Çirkin gıda daha ucuz ise, satın alma eğilimi	-	3	23	44	40	4,10	0,82
Çirkin gıda fiyatı aynı ise satın alma eğilimi	14	24	31	37	4	2,94	1,10
Çirkin gıda daha pahalı ise satın alma eğilimi	66	38	3	3	-	1,48	0,69

Cronbach Alpha= 0,62

\*1: Kesinlikle Almam 2: Almam, 3: Fark Etmez 4: Alırım, 5: Kesinlikle Alırım

Yine, tüketiciler (%66,36) çirkin meyve ve sebzelerin ayrı tezgahlarda satıldığı takdirde alacaklarını belirtmişlerdir. Bu sonuç, fiyat performans seçeneğinin tüketici açısından önemini vurgulamaktadır. Çirkin meyve ve sebzeler ayrı tezgahlarda satılırsa almayı tercih edeceğini ifade eden tüketiciler bu ürünleri satın almak için en çok süpermarketleri (%93,15) tercih etmektedir. Bunu hipermarketler (%90,41) ve semt pazarı (%78,08) takip etmektedir (Çizelge 9). Bu bulgu, çirkin meyve ve sebzelerin, standartlar nedeniyle, daha çok süpermarket ve hipermarketlerin ürün tedarikinde sorun oluşturduğunu teyit eder niteliktedir.

Çizelge 9. Tüketicilerin çirkin meyve ve sebze satış noktası tercihleri (n= 73)

	Evet		Hayır	
	Sayı	%	Sayı	%
Bakkal	22	30,14	51	69,86
İnternet	31	42,47	42	57,53
Semt pazarı	57	78,08	16	21,92
Süpermarket	68	93,15	5	6,85
Hipermarket	66	90,41	7	9,59
Kooperatif	24	32,88	49	67,12
Manav	47	64,38	26	35,62
Seyyar Satıcı	7	9,59	66	90,41

### Sonuç ve Öneriler

Günümüzde dünya nüfusunun artmasına paralel olarak gıda tüketimi de artmaktadır. Gıda tedarik zincirinin farklı aşamalarında çeşitli nedenlerle gıda israfı da bu eğilimden etkilenmektedir. Yiyecek israfı sosyal, ekonomik ve çevresel sonuçlarla birlikte bir sürdürülebilirlik sorunudur. Gıda israfını büyük ölçüde önlemek için gıda tedarik zincirine odaklanıldığında, taze meyve ve sebzelerin %20’sinin henüz tüketiciye ulaşmadan görünüşlerinin satış için uygun olmadığı gerekçesiyle gıda arz zincirinden çıkarıldığı görülmektedir. Bu nedenle de çirkin meyve ve sebze kavramı küresel olarak hızla yaygınlaşmakta ve son yıllarda konu ile ilgili yayın sayısındaki artışlar da dikkat çekmektedir.

Araştırma sonuçlarına göre, çirkin meyve ve sebze tüketmediğini belirten tüketicilerin, bu ürünleri tüketmeme nedenlerinin başında fiyat performans ilişkisinin kötü olması, tatları ve tüketimlerinin kolay olmayacağı konusundaki negatif beklentileri gelmektedir. Tüketicilerin bu konudaki ön yargılarını gidermek amacıyla satış noktalarında normal görünümlü meyve ve sebze ile çirkin meyve ve sebzelerin tadımı yaptırılabilir, farkındalık neticesinde tüketiciler daha ucuz fiyata satışa sunulacak çirkin meyve ve sebze reyonlarına yönlendirilebilirler. Tüketicinin kolay sağlanabilmesi için bu ürünler dilimlenmiş ve basit bir streç ambalaj ile satışa sunulabilir.



Dünyada çirkin meyve ve sebzelerin besin değeri, yetiştirilme şekli, vitamin ve mineral değerleri bakımından şekli düzgün meyve ve sebzelerin aynı nitelikte olduğunu vurgulayan bilinçlendirme çalışmaları her gün giderek artmaktadır. Meyve ve sebze üretim ve tüketim düzeyleri dikkate alındığında, bu çalışmaların Türkiye’de de başlamasının önemi net olarak görülebilmektedir. Belli yargıların kırılabilmesi ve çirkin meyve ve sebze tüketiminin yaygınlaştırılması için sosyal medya kanallarında bu ürünlerle yapılan yemek programları düzenlenerek ve ana akım medyada kamu spotlarında bu konuya yer verilerek tüketiciler üzerindeki etki alanı genişletilebilir.

Araştırma sonuçlarına göre, tüketiciler çirkin meyve ve sebze fiyatlarının daha ucuz olması durumunda satın alma eğilimlerinin çok büyük oranda artabilecektir. Bu sonuç, tüketicilerin uygun fiyat stratejilerinin uygulanması durumunda çirkin gıda satın alma davranışı gösterebileceği ve çirkin meyve ve sebze israf düzeyinin azaltılması açısından bu davranışın üzerinde çalışılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Yine çocuğu olan tüketicilerin yarısından fazlası çirkin gıdaları çocuklarına yedirmeyi güvenilir bulduğu saptanmıştır. Bu eğilimden ailelerin meyve ve sebze satın alımlarında etkili bir faktör olan çocukların ilgilerine dikkat çekmek için yararlanılabilir. Çirkin meyve ve sebze şeklinde oyuncaklar bu tür meyve sebzelerin yanında hediye edilebilir ve çocuklara bu ürünlerin tüketimi konusunda alışkanlık kazandırılabilir. Böylece israfı önleme alışkanlığı gelecek nesillere de eğlenceli bir şekilde aktarılabilir.

#### **Teşekkür**

Bu makale, üçüncü yazarın danışmanlığında hazırlanan lisans tezinin verilerinden yararlanılarak ortaklaşa üretilmiştir. Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır. Lisans tezinin hazırlıklarına katkılarından dolayı Dr. Duygu Tosun’a teşekkür ederiz.

#### **Kaynaklar**

- Aquabotanical., 2019. Erişim Tarihi: Ocak, 2020. Adres: <https://aquabotanicalbeverages.com/our-story/>.
- Arthur, R., 2016. Water Sourced from Plants: Premium in Australia; Precious in India. Erişim Tarihi: Şubat, 2020. Adres: <https://www.beveragedaily.com/Article/2016/10/27/AquaBotanical-water-Australia-to-India>.
- Berardinetti, G., 2018. Food imperfection and customer perception: can additional humorous labelling on imperfect fruit affect customers' perception? Handelshøyskolen BI, Master's Thesis. p. 96.
- Carville, O., 2015. The Hamilton Spectator, Loblaws Sells Ugly Fruit At a Discount To Curb Food Waste. Erişim Tarihi: Mart, 2020. Adres: <https://www.thespec.com/news/ontario/2015/03/13/loblaws-sells-ugly-fruit-at-a-discount-to-curb-food-waste.html>.
- Daysal, H., Demirbaş N., 2020. Hanehalkı gıda israfının nedenleri ve azaltılması için öneriler: İzmir ili örneği. Balkan ve Yakın Doğu Sosyal Bilimler Dergisi. 06 (03): 40-47.
- De Hooge, I.E., Oostindjer, M., Aschemann-Witzel, J., Normann, A., Loose, S.M., Almlı, V.L., 2017. This apple is too ugly for me! Consumer preferences for suboptimal food products in the supermarket and at home. Food Quality and Preference. 56: 80-92.
- Demirbaş, N., 2018. Dünyada ve Türkiye’de gıda israfını önleme çalışmalarının değerlendirilmesi. VIII. IBANESS. April 21-22, Plovdiv/Bulgaria.
- Demirbaş, N., Niyaz, Ö.C., Apaydın, Y.M., 2017. An evaluation on problems within food supply chain in Turkey in terms of food losses and waste. International Balkan and Near Eastern Social Sciences Conference Series. p. 830-835. March 04-05, 2017, Edirne/ Turkey.
- Dokuzova, M.P., 2018. Determinants and intended consumer behaviour toward deformed fruits and vegetables. Aalborg University, Master Thesis. p. 81. Denmark.
- Eriksson, M., Strid, I., Hansson, P. A., 2012. Food losses in six swedish retail stores: wastage of fruit and vegetables in relation to quantities delivered. Resources, Conservation and Recycling. 68: 14–20.
- FAO, 2017. Save Food: Global Initiative on Food Loss and Waste Reduction. Erişim Tarihi: Şubat, 2020. Adres: <http://www.fao.org/save-food/resources/keyfindings/infographics/fruit/en/>.
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO., 2017. The state of food security and nutrition in the world 2017. Building Resilience for Peace and Food Security. p. 117. FAO, Rome.
- FAO, IFAD, WFP, 2015. The state of food insecurity in the world 2015. Meeting the 2015 International Hunger Targets: Taking Stock of Uneven Progress. FAO, Rome.
- Fruta Feia., 2019. Erişim Tarihi: Şubat, 2020. Adres: <https://frutafeia.pt/en>.
- Gustavsson J., Cederberg C., Sonesson U., Van Otterdijk R., Meybeck A., 2011. Global food losses and food waste: Extent, Causes and Prevention. FAO ve SIC, p. 37. Düsseldorf, Germany.



- Kibler, K.M., Reinhart, D., Hawkins, C., Motlagh, A.M., Wright, J., 2018. Food waste and the food-energy-water nexus: a review of food waste management alternatives. *Waste Management*. 74: 52-62.
- Kromkommer., 2019. Erişim Tarihi: Şubat, 2020, Adres: <https://www.kromkommer.com/english/>.
- Kyutoku, Y., Hasegawa, N., Dan, I., Kitazawa, H., 2018. Categorical nature of consumer price estimations of postharvest bruised apples. *Journal of Food Quality*. 2018 (2): 1-6.
- Lebersorger, S., Schneider, F., 2014. Food loss rates at the food retail, influencing factors and reasons as a basis for waste prevention measures. *Waste Management*. 34 (11): 1911–1919.
- Leket About the Organization., 2020. Erişim Tarihi: Mayıs, 2020. Adres: <https://www.leket.org/en/about/>.
- Loebnitz, N., Schuitema, G., Grunert, K. G., 2015. Who buys oddly shaped food and why? Impacts of food shape abnormality and organic labeling on purchase intentions. *Psychology and Marketing*. 32 (4): 408-421.
- Louis, D., Lombart, C., 2018. Retailers' communication on ugly fruits and vegetables: what are consumers' Perceptions ? *Journal of Retailing and Consumer Services*. 41: 256-271.
- Makhal, A. Thyne, M., Robertson, K., Miroso, M., 2019. I don't like wonky carrots-an exploration of children's perceptions of suboptimal fruits and vegetables. *Journal of Retailing and Consumer Services*. 54: 101945.
- Malhotra, N.K., 2010. *Marketing Research: An Applied Orientation*. Sixth Edition. p. 937. New Jersey 07458.
- Mulholland, R., 2014. The Telegraph, Ugly Fruit and Vegetables Prove a Hit in France. Erişim Tarihi: Şubat 2020. Adres: <https://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/europe/france/11131994/Ugly-fruit-and-vegetables-prove-a-hit-in-France.html>.
- Newbold, P., 1995. *Statistics for Business and Economics*. Prentice-Hall International. p. 867. New Jersey.
- Niyaz, Ö.C., Demirbaş, N., 2020. Determining the food waste behaviour of consumers in Northwest Turkey: A cross-sectional analysis. *New Medit*. 19 (3): 129-142.
- Özdemir Çifçi R., Demirbaş N., 2020. Meyve ve sebze üretiminde ortaya çıkan kayıplar üzerinde etkili olan faktörler: İzmir ili örneği. *Mediterranean Agricultural Sciences*. 33 (1): 85-91.
- Parfitt, J., Marthel, M., Macnaughton, S., 2010. Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*. 365 (1554): 3065-3081.
- Roels, K., Van Gijsegem, D., 2017. The impact of cosmetic quality standards on food losses in the flemish fruit and vegetable sector: summary report. Department of Agriculture and Fisheries. p. 13. Brussels.
- Salihoğlu G., Salihoğlu NK., Uçaroğlu S., Banar M., 2018. Food loss and waste management in Turkey. *Bioresource Technology*. 248: 88-99.
- Steenkamp, J.B.E., 1990. Conceptual model of the quality perception proses. *Journal of Business Research*. 21 (4): 309-333.
- Stenmarck, Å., Jörgen Hanssen, O., Silvennoinen, K., Katajajuuri, J.M., Werge, M., 2011. Initiatives on prevention of food waste in the retail and wholesale trades. Nordic Council of Ministers. p. 78. Stockholm.
- Uzunsakal, E., Yıldız, D., 2018. Alan araştırmalarında güvenilirlik testlerinin karşılaştırılması ve tarımsal veriler üzerine bir uygulama. *Uygulamalı Sosyal Bilimler Dergisi*. 2 (1): 14-28.
- Van Giesen, R.I., De Hooge, I. E., 2019. Too ugly, but I love its shape: reducing food waste of suboptimal products with authenticity (and sustainability) positioning. *Food Quality and Preference*. 75: 249-259.
- Waste Magement World, 2013. Erişim Tarihi: Şubat 2020. Adres: [www.waste-management-world.com/articles/print/volume-13/issue-1](http://www.waste-management-world.com/articles/print/volume-13/issue-1).





Araştırma Makalesi/Research Article

## Kiraz (*Prunus avium* L.) Budama Artık Katsayısının ve Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi

Mehmet Ali Mandacı\*



Gıyasettin Çiçek



Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği, 17100, Çanakkale  
Sorumlu yazar: malimandaci@gmail.com

Geliş Tarihi: 04.01.2021

Kabul Tarihi: 27.05.2021

### Öz

Bu çalışmada, Türkiye kiraz budama artıklarının enerji potansiyelinin ve bu potansiyelin hesaplanmasında kullanılabilecek gerçekçi budama katsayısının belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla Çanakkale ilinde 3 farklı kiraz çeşidi ve her çeşit için 2 farklı yaş grubunda, toplam 30 kiraz ağacında budama çalışmaları yapılmıştır. Elde edilen veriler ile kiraza ait budama artık katsayısı belirlenmiştir. Yürütülen budama faaliyetlerinde, üç farklı kiraz çeşidi ve her çeşit için iki farklı yaş grubundan elde edilen budama artık miktarının ağaç başına ortalama 0-15 yaş arası çeşitlerde 6,76 kg, 15-30 yaş arası çeşitlerde ise 16,61 kg olduğu belirlenmiştir. En fazla artık miktarı 15-30 yaş arası çeşitlerde sırasıyla 0900 Ziraat, Van ve Eşme çeşitlerinde belirlenmiştir. Türkiye’de kiraza ait enerji potansiyelinin belirlenmesi için yürütülen bu çalışmadan elde edilen veriler doğrultusunda budama artık katsayısının 11,68 kg ağaç<sup>-1</sup>, kullanılabilir budama artık miktarının 204.816.430 kg yıl<sup>-1</sup>, Türkiye enerji potansiyelinin 3,43 PJ yıl<sup>-1</sup>, Çanakkale enerji potansiyelinin ise 0,077 PJ yıl<sup>-1</sup> olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji, Kiraz, Budama, Biyokütle, Katsayı

### Determination of Cherry Pruning Residual Coefficient and Energy Potential Abstract

This study aimed to determine the energy potential of Turkey cherry prunings and the realistic pruning coefficient that can be used to calculate the energy potential of cherry prunings. For this purpose, pruning has been carried out in 3 different cherry varieties in Çanakkale and 2 different age groups for each variety, in a total of 30 cherry trees. With the data obtained, the pruning waste amount coefficient of the cherry was determined. In the pruning activities carried out, it was determined that the pruning residual amount obtained from three different age groups for three different cherry varieties and each variety was 6.76 kg per tree, and 16.61 kg for varieties between 15-30 years. In the varieties between the ages of 15-30, 0900 Ziraat is determined as Van and Eşme, respectively. Based upon the data obtained from this study was carried out to determine the energy potential of the cherries in Turkey 11,68 pruning residual coefficients kg tree<sup>-1</sup>, available prunings amount of 204.816.430 kg year<sup>-1</sup> of Turkey's energy potential 3,43 PJ year<sup>-1</sup> It was determined that the energy potential of Çanakkale is 0,077 PJ year<sup>-1</sup>.

**Keywords:** Energy, Cherry, Pruning, Biomass, Coefficient

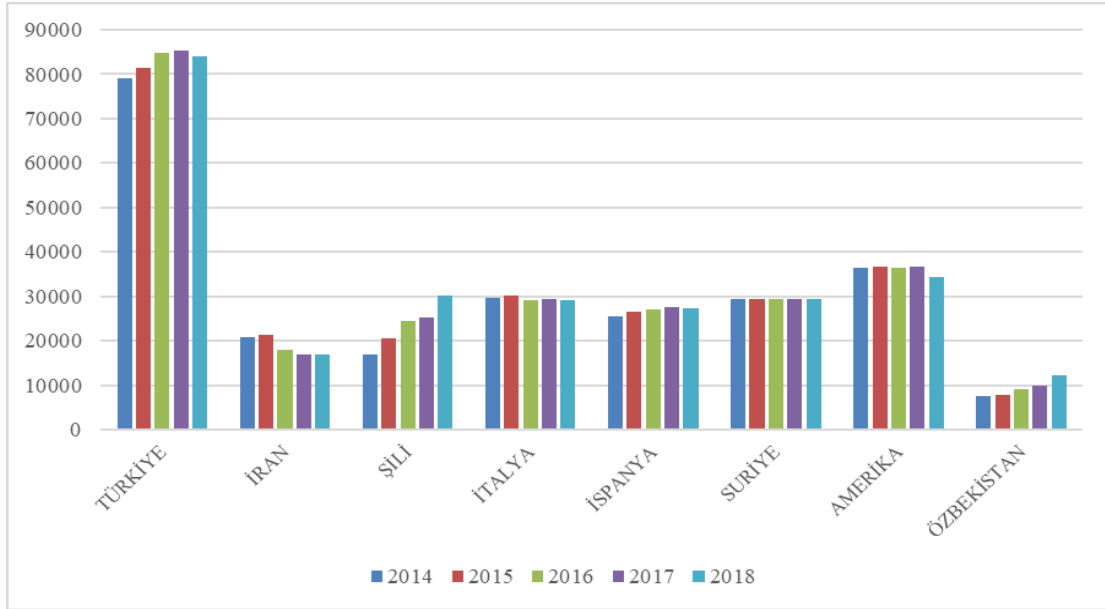
### Giriş

Kiraz (*Prunus avium* L.) dünya üzerinde geniş bir dağılım göstermektedir. Ancak ticari anlamda üretimi Türkiye, ABD (Amerika Birleşik Devletleri), İran ve İtalya gibi ülkelerde yapılmaktadır. Yıllara ve iklim şartlarına göre değişmekle beraber dünya kiraz üretiminde ilk sıralarda yer alan Türkiye, kiraz ihracatında da söz sahibi ülkelerden biridir (Şekil 1).

Türkiye'nin önemli kiraz üretim merkezlerinden birisi olan Çanakkale'nin Lapseki ilçesinde 2019 yılında toplam 6.480 ton kiraz üretimi gerçekleşmiştir. Bunun 3.400 tonu İngiltere ve Rusya başta olmak üzere pek çok Avrupa ülkesine ihraç edilmiştir (Anonim, 2013). Kiraz ağaçları meyve vermeye 5-7 yıl sonra başlar, tam verime 10-12 yaşında ulaşır, ekonomik ömürleri ise 25-30 yıldır (Anonim, 2020). Tüm vejetasyon süreci boyunca kiraz ağaçlarında yıllık olarak budama yapılmaktadır. Yapılan budama faaliyetleri sonrası genellikle budama artıkları bahçe içinde ya da bahçe dışında yakılarak yok edilmektedir. Bu işlemler budama artıklarının biyo-yakıt kaynağı olarak değerlendirilmesini engelleyerek, enerji kaybına yol açmasının yanısıra atmosfere fazla karbon salınımına neden olur. Biyo-yakıtlar için tarımsal kaynaklar, bitkisel ve hayvansal artıklar önemli bir



potansiyel oluşturmaktadır. Organik madde içeren artıkların değerlendirilmesi, çevre kirliliği ve temiz enerji üretimi bakımından önem taşımaktadır. Bu amaçla özellikle gelişmekte olan ülkelerde kullanımı en yaygın olan kaynak biyokütledir. Dünya enerji tüketiminin yaklaşık %15'i biyokütleden sağlanmaktadır. Bu oran gelişmekte olan ülkelerde ise yaklaşık %43'tür (Başçetinçelik ve ark., 2006). Biyokütle; her yerde yetiştirilebilmesi, çevre korunmasına katkısı, elektrik üretimi, kimyasal madde ve özellikle taşıtlar için yakıt olabilmesi nedeni ile stratejik bir enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir.



Şekil 1. Dünya’da yıllara ve ülkelere göre kiraz üretim alanı (ha) (FAO, 2019).

Biyokütle enerji kaynakları içerisinde yer alan meyve ağaçlarından elde edilen budama artıkları, ülkemizde önemli bir potansiyele sahiptir (Çizelge 1). Bilandzija ve ark. (2012), ise Hırvatistan’da kiraz için yapmış oldukları araştırmalarında her ağaç için ortalama 5,90 kg ağaç<sup>-1</sup> ve budama artık miktarını 1.988,3 kg ha<sup>-1</sup> olarak tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, Amerika Birleşik Devletleri Kaliforniya Enerji Komisyonu raporunda (CEC, 2015), Kaliforniya eyaletinde şeftali budama artık miktarının belirlenmesine yönelik budama katsayısının 5 ton ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup> ve elde edilen artıkların enerji amaçlı kullanılabilirlik oranının %70 olduğunu rapor etmişlerdir.

Sümer ve ark. (2016), zeytin üretiminde artık potansiyelinin belirlenmesinde gerçekçi bir yaklaşım sunulmasını amaçlamışlardır. Çanakkale ilinin zeytin üretimi artıklarının oluşturduğu biyokütle potansiyeli belirlenmiş, enerji ve diğer amaçlar için geri kazanım olanaklarını araştırmışlardır. 2011-2015 yılları arasındaki istatistikleri kapsayan çalışmada, Çanakkale’de pirina ve karasu için toplam metan üretim potansiyelinin 8.803.909 m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> olduğunu saptamışlardır. Pirina ve budama artıklarının ısı kapasitesi ise 1.548.611 GJ yıl<sup>-1</sup> olduğunu bildirmişlerdir. Çanakkale’de pirina ve budama artıkları kaynaklı biyokömür potansiyelinin 27.796 ton yıl<sup>-1</sup> olduğunu belirlemişlerdir.

Bahçe bitkilerinin yıllık toplam üretimi ve artık miktarlarının teorik olarak hesaplanan toplam ısı değeri yaklaşık 75 PJ yıl<sup>-1</sup> olduğu, toplam içerisindeki en büyük ısı değere sahip ürünlerin ise %56,3 ile fındık ve %25,2 ile zeytin olduğu bildirilmiştir (Başçetinçelik ve ark., 2015). Zivkovic ve ark. (2013), Sırbistan’da meyve ağaçları ve üzüm budama artıklarının enerji potansiyelinin belirlenmesine yönelik yaptıkları çalışmada kiraza ait toplam ağaç sayısının 8.377.000 adet, enerji potansiyelinin 18,65 MJ kg<sup>-1</sup>, kullanılabilir enerji oranının %64,87, kullanılabilir enerji miktarının 12,10 MJ kg<sup>-1</sup> olduğunu toplamda Sırbistan’da kiraza ait enerji miktarını 1.82.451 GJ ha<sup>-1</sup> olduğunu bildirmişlerdir. Ünal ve Alibaş (2007), Türkiye’de yaptıkları çalışmada, kültüre alınan meyve veren kiraz ağaçlarının toplam alanının 7.517,5 ha, kalıntı kuru miktarının 49,3x10<sup>3</sup> t, kullanılabilir budama miktarının 9,8x10<sup>3</sup> t olduğunu bildirmişlerdir. Çiçek ve ark. (2019), Çanakkale ilinde şeftali ağaçlarında budama sonucu oluşan artıkların kütle miktarları dikkate alınarak, budama artık katsayılarının belirlenmesini amaçlamışlardır. Çalışmada 5-10 yaş aralığında 3 farklı şeftali çeşidi için, budama artık katsayıları belirlenmiş ve katsayılar kullanılarak, Çanakkale ili ve Türkiye geneli için



şeftali yetiştiriciliği kaynaklı budama artık ve enerji potansiyelini hesaplanmışlardır. Üç çeşidi temsil eden 7,08 kg ağaç<sup>-1</sup>.yıl<sup>-1</sup> ortalama değerini, Türkiye şeftali üretimi budama artıkları belirleme katsayısı olarak kullanılabilirliğini bildirmişlerdir.

**Çizelge 1.** Türkiye toplam bahçe bitkileri üretimi ve artık miktarları (Başçetinçelik ve ark., 2015).

Ürünler	Üretim (ton)	Alan (ha)	Artık Miktarı (ton)	Birim Isıl Değeri (MJ/kg) (Teorik)	Toplam Isıl Değeri (GJ) (Teorik)
<b>Fındık</b>	652.803	286.697.887	2 177 986	19	33.105.388
<b>Zeytin</b>	1.496.630	90.208.994	441.254	18.1	3.993.345
<b>Portakal</b>	1.180.851	11.884.275	237.686	17.6	3.346.612
<b>Antepfıstığı</b>	42.926	29.600.005	209.611	19	3.186.080
<b>Mandarin</b>	592.884	8.619.163	103.430	17.6	1.456.294
<b>Kayısı</b>	467.903	11.288.357	86.964	19.3	1.342.719
<b>Limon</b>	475.159	5.529.038	88.465	17.6	1.245.582
<b>Vişne</b>	114.466	4.446.680	21.400	19	325.279
<b>Ceviz</b>	115.698	3.737.868	50.480	19	479.563
<b>Badem</b>	46.701	3.631.622	28.500	18.4	419.521
<b>Greyfurt</b>	126.285	894.293	14.309	17.6	201.466

Türkiye’de meyve yetiştiriciliğinde kiraz ekonomik anlamda üst sıralarda yer almakta ve geniş alanlarda yetiştiriciliği yapılmaktadır. Literatür araştırmalarında Türkiye’de kiraza ait budama artıklarının gerçekçi budama katsayısı ve enerji potansiyeli bulunmamakta fakat teorik veriler ile potansiyel budama miktarı ve enerji değerleri bulunmaktadır.

Yürütülen bu çalışma sonucunda Türkiye’deki kiraz ağaçları budama artıklarından elde edilebilecek budama katsayısı değeri ve potansiyel enerji miktarı gerçekçi veriler ile ortaya konulup, artıkların enerjiye dönüştürülmesine yönelik geliştirilecek yöntem ve teknolojilere katkı sağlanmış olacaktır.

### Materyal ve Yöntem

Çalışmanın zamanı, meyvecilikte genel budama zamanı olan Şubat ve Mart ayları olarak belirlenmiştir. Budama ekibi ile eş zamanlı çalışma yürütülmüş ve ölçümler yapılmıştır. Çalışmadan elde edilen veriler;

Budama artık miktarının tespiti	(kg ağaç <sup>-1</sup> )
Budama öncesi ağaç yüksekliği	(m)
Budama sonrası ağaç yüksekliği	(m)
Budama öncesi taç genişliği	(m)
Budama sonrası taç genişliği	(m)
Budama için harcanan süre	(dk)
Budama artıkları nem miktarı	(%) olarak belirlenmiştir.

Çalışmada 2 kişilik budama ekibi, 2 adet uzunluk ayarlı budama makası, ölçüm için dijital el kantarı (0,001 kg hassasiyette), şerit metre, hassas terazi ve kurutma fırını kullanılmıştır. Budama öncesi her bir örnek ağacın yüksekliği ve taç genişliği şerit metre ile ölçülüp kayıt altına alınmıştır. Budama ekibi çalışmaya başladığında her bir ağaç için harcanan süre kronometre ile belirlenip kaydedilmiştir. Budama sonrası her bir örnek ağacın tekrar yükseklik ve taç çapları şerit metre ile



tekrar ölçülüp kayıt altına alınmıştır. Son olarak budama artık katsayısının belirlenmesinde kullanılacak olan budama artıkları dijital kantar ile tartılarak kayıt altına alınmıştır.

Materyal nem içeriği ASAE D245.6 standardına göre belirlenmiştir. Materyal örnekleri, kurutmadan önce ve sonra tartılır. Örnekler 24 saat süre ile 105 °C sıcaklıkta kurutma fırınında kurutulur. Belirlenen kütle farkı, kurutmadan önceki materyal kütesine bölünerek, aşağıdaki eşitlik yardımıyla yaş bazda nem içeriği belirlenir (Küsek ve ark., 2015).

$$N_i = \left[ \frac{YÜK - KÜK}{YÜK} \right] \times 100$$

$N_i$  = nem içeriği (%),  $YÜK$  = yaş ürün kütesi (kg),  $KÜK$  = kuru ürün kütesidir (kg)

Çanakkale ili içerisinde belirlenen kiraz bahçelerinde en çok yetiştirilen ve Türkiye'deki tüm kiraz ağaçlarını temsil edebilecek yaygınlıkta olan ve üretimimizin hemen hemen tamamını oluşturan 0900 Ziraat (Anonim, 2011)., Van ve Eşme olmak üzere 3 farklı çeşit ve 2 farklı yaş grubu (0-15, 15-30) olmak üzere tesadüf blokları deneme desenine göre 5 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Elde edilen veriler Çok Yönlü Varyans Analizi tekniği kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir ( $P \leq 0,05$ ). Gruplar arası farklılığın ortaya konulması için Tukey testi uygulanmıştır.

Türkiye'de meyve veren kiraz ağacı sayısı 21.114.922 adet, meyve vermeyen ağaç sayısı 5.917.070 adet, toplamda ise 27.031.992 adettir. Çanakkale'de meyve veren kiraz ağacı sayısı 536.350 adet, meyve vermeyen ağaç sayısı 74.136 adet, toplamda ise 610.486 adettir (TÜİK, 2019).

Kiraz'a ait budama artıklarından elde edilen birim enerji değeri 16,76 MJ kg<sup>-1</sup> olarak bildirilmiştir (Bilandizja, 2012). Kiraz budama artık miktarının kullanılabilirlik oranının %64,87 olduğu bildirilmiştir (Zivkovic ve ark., 2013).

Enerji potansiyel değerlerinin belirlenmesinde, bu çalışmadan elde edilen budama artık katsayısı, kiraza ait TÜİK 2019 verileri, Bilandizja'nın, 2012'de Hırvatistan'da yaptığı çalışmadan elde ettiği kiraza ait budama artıklarının birim enerji değeri olan 16,76 MJ kg<sup>-1</sup> ile Zivkovic ve arkadaşlarının 2013 yaptıkları çalışmadan elde ettikleri kiraz budama artık miktarının kullanılabilirlik oranı %64,87 değerinden yararlanılmıştır.

### Bulgular ve Tartışma

Yürütülen budama faaliyetlerinde, üç farklı kiraz çeşidi ve iki farklı yaş grubundan elde edilen budama artık miktarının 0-15 yaş arası çeşitlerde ağaç başına ortalama 6,76 kg, 15-30 yaş arası çeşitlerde ise 16,61 kg olduğu belirlenmiştir. En fazla artık 15-30 yaş arası çeşitlerde sırasıyla 0900 Ziraat, Van ve Eşme olarak belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Çalışmadan elde edilen istatistiksel sonuçlar

Çeşit	Yaş	Budama miktarı (kg)	Budama öncesi bitki boyu (m)	Budama sonrası bitki boyu (m)	Budama öncesi ağaç taç genişliği (m)	Budama sonrası ağaç taç genişliği (m)	Budama süresi (dk)	Nem değeri (%)
0900 Ziraat		10.74±1.67 AB	5.00±0.30 AB	3.47±0.21 B	4.14±0.13 B	3.32±0.11 B	4.26±0.90 A	52.57±0.41 A
	Van	0-15	4.80±0.77 B	3.74±0.86 B	3.71±0.13 B	3.39±0.27 B	2.93±0.33 B	4.01±0.96 A
Eşme			4.75±1.18 B	3.87±0.46 B	3.44±0.42 B	3.51±0.62 B	3.01±0.46 B	4.42±1.08 A
0900 Ziraat		17.67±3.54 A	6.03±0.29 A	4.43±0.22 AB	4.66±0.45 AB	4.25±0.43 AB	9.71±3.00 A	51.80±1.06 A
	Van	15-30	16.62±2.01 A	6.51±0.38 A	4.42±0.33 AB	4.52±0.47 AB	3.41±0.13 B	6.81±0.79 A
Eşme			15.55±2.62 A	6.10±0.36 A	5.07±0.22 A	6.14±0.46 A	5.71±0.38 A	10.51±1.78 A



\* Her özellik kendi içinde çeşit ve yaş faktörlerinin birlikte etkisine göre harflendirilmiştir.

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda çeşit faktörünün, budama sonrası taç genişliğine etkisi ( $P: 0,007$ ) ve nem değerine etkisi ( $P: 0,046$ ) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Yaş faktörünün ise budama miktarına etkisi ( $P: 0,000$ ), budama öncesi bitki boyuna etkisi ( $P: 0,000$ ), budama sonrası bitki boyuna etkisi ( $P: 0,000$ ), budama öncesi ağaç taç genişliğine etkisi ( $P: 0,001$ ), budama sonrası ağaç taç genişliğine etkisi ( $P: 0,000$ ), budama süresine etkisi ( $P: 0,001$ ) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Çalışma neticesinde her bir özellik için genel ortalamalara göre katsayılar elde edilmiştir (Çizelge 3).

**Çizelge 3.** Çalışmadan elde edilen katsayılar

	Budama miktarı (kg ağaç <sup>-1</sup> )	Budama öncesi bitki boyu (m)	Budama sonrası bitki boyu (m)	Budama öncesi ağaç taç genişliği (m)	Budama sonrası ağaç taç genişliği (m)	Budama süresi (dk)	Nem değeri (%)	
<b>Çeşit</b>	0900 Ziraat	14.20	5.51	3.95	4.40	3.78	6.98	52.18
	Van	10.71	5.12	4.06	3.95	3.17	5.41	51.99
	Eşme	10.15	4.98	4.25	4.82	4.36	7.47	54.01
<b>Yaş</b>	0-15	6.76	4.20	3.54	3.68	3.08	4.23	52.73
	15-30	16.61	6.21	4.64	5.10	4.45	9.01	52.72
<b>GENEL</b>	<b>11.68</b>	<b>5.20</b>	<b>4.09</b>	<b>4.39</b>	<b>3.77</b>	<b>6.62</b>	<b>52.73</b>	

Kiraz ağaçlarının budanmasından elde edilen artıklardan olası bir enerji kaynağı olarak yararlanılması üzerine yapılan bu çalışmaya benzer çalışmalarda araştırmacılar tarafından budama artık potansiyelinin teorik olarak belirlenmesini sağlayacak katsayılar ortaya konulmuştur. Bilandzija ve ark. (2012), Hırvatistan'da kiraz için yapmış oldukları araştırmalarında ağaç başına ortalama 5,90 kg ağaç<sup>-1</sup>, ve birim alana 1.988,3 kg ha<sup>-1</sup> budama artığı tespit etmişlerdir. Bilandzija ve ark. (2012), çalışmalarında budama artıklarının birim ağırlığının enerji potansiyelini 17.727 MJ kg<sup>-1</sup>, birim alan enerji potansiyelini ise 50.881,10 MJ ha<sup>-1</sup> olarak tespit etmişlerdir.

Ancak çeşitli araştırmacılar tarafından farklı ülkelerde yürütülen budama artığı katsayısı ile ilgili benzer çalışmalarda, birim alana düşen budama artık miktarı cinsinden katsayılar belirlenmiş ve kullanılmıştır. İncelenen sonuçlara göre söz konusu katsayıların önemli düzeyde farklar içerdiği görülmektedir. Budama artık potansiyelinin belirlenmesine yönelik çalışmalarda, birim alan için belirlenen katsayılar yerine, ağaç başına belirlenen artık miktarı katsayısının kullanımı ile dikim farklılıklarının oluşturduğu olumsuzlukların elimine edilebileceğine değinilmiştir (Çiçek, 2019).

Zivkovic ve ark. (2013) ise kiraz budama artıklarının birim ağırlığının enerji potansiyelini en yüksek 18,65 MJ kg<sup>-1</sup>, ortalama 12,10 MJ kg<sup>-1</sup> olarak tespit etmiş ve hesaplamalarında bu değeri kullanarak ağaç başına elde edilen budama artıklarının sahip olduğu enerji miktarını 21,78 MJ ağaç<sup>-1</sup> olarak belirlemişlerdir ancak yapılan çalışmada ağaç yaşı, çeşidi ve budama yöntemi ile ilgili bir yöntem sunmamışlardır. Bu çalışmada ise denemeye ait örneklerin yaş grupları, çeşitleri belirtilerek çok daha geniş spektrumlu bir deneme deseni oluşturulmuştur. Budama artık miktarları ile ilgili oluşan farkın bu sebeplerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Yapılan bu çalışmadan elde edilen verilere göre kiraza ait ortalama budama miktarı (budama artık katsayısı) 11,68 kg ağaç<sup>-1</sup>, enerji potansiyeli ise 126,99 MJ ağaç<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. Bu tespite dayanarak Türkiye genelinde teorik olarak kiraz budama artık miktarının enerji potansiyeli belirlenmiştir (Çizelge 4).

Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde kiraz, Türkiye meyve ağaçlarına ait budama artıklarının enerji potansiyeli sıralamasında fındık ve zeytinden sonra 3. sıraya yerleşmiştir. Ayrıca teorik olarak hesaplanan Türkiye'de kiraz budama artıklarından elde edilebilecek potansiyel enerjinin, Türkiye yıllık enerji ihtiyacının %6,34'ünü karşılayabileceği sonucuna varılmıştır.



#### Çizelge 4. Türkiye’de kiraz budama artıklarının enerji potansiyeli

	Ağaç sayısı (Adet)	Toplam artık miktarı (kg yıl <sup>-1</sup> )	Kullanılabilir artık miktarı (kg yıl <sup>-1</sup> )	Toplam enerji potansiyeli (PJ yıl <sup>-1</sup> )
<b>Türkiye</b>	27.031.992	315.733.667	204.816.430	3.43
<b>Çanakkale</b>	610.486	7.130.476	4.625.541	0.077

Yapılan araştırmalarda açıkça görülmektedir ki, budama artıklarının katsayısının belirlenmesinde daima teorik yaklaşımlar ortaya konulmuştur. Bu çalışmada ise, kiraz budama artıklarının katsayısının belirlenmesinde gerçekçi bir yaklaşım ortaya konularak, nicel anlamda araştırma sonuçları bulunup sonraki çalışmalara ışık tutması yönünden belirleyici olmuştur. Ayrıca yapılan literatür taramalarında Türkiye’de kiraza ait budama artık katsayısının tespitine yönelik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu anlamda literatürde oluşan bu boşluğu doldurmak adına bu çalışmanın önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Türkiye’de 2023 yılına kadar birincil enerji talebinin yaklaşık %90 oranında artacağı tahmin edilmektedir. T.C Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından öngörülen bu projeksiyonda yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji kullanım payının %30’a çıkarılması hedeflenmekte ve biyokütle kaynaklarının kullanımının toplam birincil enerji talebi içerisindeki oranının %2 olması öngörülmektedir (ETKB, 2013). Tarım ve hayvancılığın yoğun olarak yapıldığı ülkemizde tarımsal artıklar ve modern yöntemler ile geri kazanımı konusunda farkındalık yaratacak proje ve diğer faaliyetler doğrultusunda, bilim insanları, kamu kurum ve kuruluşları, sivil toplum örgütleri ve özel sektör temsilcilerinin katkı sağlayacağı kırsal ve kentsel bölgeye dayalı organizasyonların artırılması gerekmektedir.

**Not:** Bu makale Zir. Yük. Müh. Mehmet Ali MANDACI’nın Kiraz (*Prunus avium* L.) Budama Artık Katsayısının ve Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi adlı Yüksek Lisans Tezinden üretilmiştir.

#### Kaynaklar

- Anonim, 2011. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/marem/Belgeler> E.T. 23.01.2020
- Anonim, 2013. [www.haberler.com/lapseki-kirazi](http://www.haberler.com/lapseki-kirazi) E.T. 24.01.2020.
- Anonim, 2020. <https://adana.tarimorman.gov.tr/> E.T. 24.01.2020.
- Başçetinçelik, A., Öztürk, H.H., Kaya, D., Kaçıra, M., Ekinci, K., Karaca, C., 2006. Türkiye’de Jeotermal Enerji Kullanımını Geliştirme Olanakları, VI. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı: 846-857, 25-27 Mayıs 2006, Isparta.
- Başçetinçelik, A., Öztürk, H., Karaca, C., 2015. Türkiye’de Biyokütleden Enerji Üretimi Olanakları [mmo.org.tr](http://mmo.org.tr). E.T. 10.12.2019.
- Bilanzdija, N., Voca, N., Kricka, T., Matin, A. and Jurisic, V., 2012. Energy Potential of Fruit Tree Pruned Biomass in Croatia. *Spanish Journal of Agriculture Research*. 10(2): 292-298.
- CEC, 2015. California Energy Commission. An Assessment of Biomass Resources in California. University of California, Davis, Consultant Report.
- CIGR, 1999. Handbook of Agricultural Engineering V:5 Energy And Biomass Engineering. ASAE. pp: 262.
- Cristensen, J.V., 1985. Production of Cherries in Western Europe. *ActaHorticulture*. 69: 15-26.
- Çiçek, G., Sümer, S.K., Egesel, C.E., Say, S.M., 2019. Şeftali Ağacı Budama Artık Potansiyelinin Hesaplanmasına Yönelik Katsayının Belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 7(2): 299-305.
- ETKB, 2013. Dünyada ve Türkiye’de Enerji Görünümü. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Sunumu, Ankara.
- FAO, 2019. <http://www.fao.org>. E.T. 22.12.2020.
- Sümer, S.K., Çiçek, G., Say, S.M., 2016. Çanakkale İlinde Zeytin Üretimi Artık Potansiyelinin Belirlenmesi ve Değerlendirme Olanaklarının Araştırılması. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*. 12(2): 103-111.
- Köse, G., Güngör, C., Öztürk, H.H., Akdemir, Ş., 2015. U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi. 29(2): 137-145.
- TÜİK, 2019. Konularına Göre İstatistikler. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> E.T. 06.07.2020.
- Ünal, H., Alibaş, K., 2007. Agricultural Residues as Biomass Energy, Energy Sources. Part B, 2(2): 123-140.
- Zivkovic, M., Urosevic, M., Oljaca, S., Oljaca, M., Gligoveric, K., Zlatanovic, I., Koprivica, R., 2013. Aspects of Using Potential Energy Products of Biomass after Pruning Fruit and Grape Plantations in the Republic of Serbia. *Agriculture & Forestry* 59(1): 167-182.



Araştırma Makalesi/Research Article

## Çim Peleti Üretiminde Kalıp Delik Çapı ve Nem İçeriğinin Üretim Parametreleri ve Pelet Fiziksel Özelliklerine Etkisi

Hasan Yılmaz\*  Mehmet Topakcı  Murad Çanakçı  Davut Karayel 

Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Konyaaltı/ANTALYA  
\*Sorumlu yazar: hasanyilmaz@akdeniz.edu.tr

Geliş Tarihi: 06.05.2020

Kabul Tarihi: 27.05.2021

### Öz

Bu çalışmada peyzaj alanlarında ortaya çıkan çim biçme artıklarının pelet hammaddesi olarak kullanım olanakları araştırılmıştır. Peletleme işleminde temel değişkenler içerisinde yer alan peletleme nemi ve pelet çapının, pelet üretim koşulları ve pelet fiziksel özelliklerine etkisi belirlenmiş ve ilgili standartlara uygunluğu incelenmiştir. Bu amaçla, denemelerde %14 ve %17 olmak üzere iki farklı peletleme neminde ve 6 mm ve 8 mm olmak üzere iki farklı kalıp delik çapında peletler (P6-14; P6-17; P8-14; P8-17) üretilmiştir. Peletlere ait fiziksel özellikler kapsamında; nem içeriği, yığın yoğunluğu, parça yoğunluğu, dayanıklılık direnci ve darbe direnci değerleri belirlenmiştir. İşletme değerleri açısından önemli olan üretim sırasındaki enerji tüketimi değerleri ölçülmüş ve üretim kapasitesi değerleri hesaplanmıştır. Araştırma bulgularına göre peletleme nem ve pelet çapının artışı üretim kapasitesini artırmakta, enerji tüketimini düşürmekle birlikte pelet fiziksel özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Pelet parça yoğunluğu ve yığın yoğunluğu değerleri, pelet çapının ve peletleme neminin artmasıyla azalmıştır. En yüksek parça ve yığın yoğunluğu değerleri P6-14 peletlerinde  $1024.11 \text{ kg/m}^3$  ve  $624.07 \text{ kg/m}^3$ , en düşük parça ve yığın yoğunluğu değerleri P8-17 peletlerinde  $787.06 \text{ kg/m}^3$  ve  $479.29 \text{ kg/m}^3$  olarak hesaplanmıştır. En yüksek pelet dayanıklılık direnci değerine sahip olan P6-14 peletlerinin dayanıklılık direnci değeri %95.97 ile standart değerin ( $\geq 97.5$ ) altındadır. Çalışma sonunda, çim biçme artıklarının düşük nem içeriğinde peletlenmesi veya karışım materyali olarak peletlenmesi güç olan biyokütle kaynaklarıyla kullanılabilirliği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Pelet, pelet kalıbı, biyokütle, pelet fiziksel özellikleri, çim biçme artığı

## The Effects of Die Hole Diameter and Pelletizing Moisture on Production Parameters and Physical Properties of Grass Pellets

### Abstract

In this study, alternative pellet raw material usage possibilities of lawn mowing residues emerging from landscape areas were investigated. During pellet production, energy consumption and production capacity were measured. Regarding to pellet physical properties, moisture content (MC), bulk density (BD), particle density (PD), pellet durability index (PDI) and impact resistance (IR) values were determined. For this purpose, 6 mm and 8 mm diameter pellets were obtained at 14% and 17% pelletizing moisture (P6-14, P6-17, P8-14, P8-17). Although the increase in pelleting moisture and pellet diameter increased the production capacity and decreased energy consumption, it negatively affected the pellet physical properties. Increasing the diameter value of pellets with 6 and 8 mm diameter at the same moisture content decreased the pellet physical qualities. PDI and BD values decreased with increasing pellet diameter and pelletizing moisture. The highest PD and BD values were calculated as  $1024.11 \text{ kg/m}^3$  and  $624.07 \text{ kg/m}^3$  for P6-14 pellets, and lowest PD and BD values were  $787.06 \text{ kg/m}^3$  and  $479.29 \text{ kg/m}^3$  for P8-17 pellets. The highest PDI values obtained with P6-14 pellets as 95.97%, which is below the standard value ( $\geq 97.5$ ). At the end of the study, it was concluded that lawn mowing residues should be pelleted with low moisture pelleting or use as mixture material for biomass sources that are difficult to pelletize.

**Keywords:** Pellet, pellet die, biomass, pelet physical properties, grass, lawn mowing residue

### Giriş

Isıl ihtiyaçların karşılanması için fosil yakıtların kullanımına bağlı yüksek emisyon gazı salınımı toplumun yaşam kalitesini, biyoçeşitliliği ve doğal kaynakları olumsuz yönde etkilemektedir (Niedziółka et al. 2015). Fosil yakıtlar yerine kullanılabilir alternatif enerji kaynaklarından birisi biyokütle enerjisidir. Biyokütle kaynakları genellikle orman endüstrisi artıkları, peyzaj artıkları, tarımsal artıklar, budama artıkları ve şehir artıklarından oluşmaktadır. Kaba formda düşük yoğunluk



ve yüksek nem içeriğine sahip olan biyokütle kaynakları, taşıma, depolama faaliyetlerinin iyileştirilmesi ve etkin bir şekilde yakılması için sıkıştırma işlemine tabi tutulmaktadır (Hiloidhari et al. 2014). Yüksek nem içeriğine sahip, düşük yoğunluklu ve heterojen yapıda olan biyokütle kaynaklarının sıkıştırılmasında kullanılan yöntemlerden biri peletleme işlemidir (Ungureanu et al. 2018). Peletleme işleminde, biyokütle kaynakları fiziksel özellikleri iyileştirilmiş ve otomatik yakma sistemlerinde verimli bir biçimde yakılabilen katı yakıtla dönüştürülmektedir (Carroll and Finnan 2012). Peletler, biyokütle kaynağının parçalanıp öğütülmesi, öğütülen materyalin uygun koşullar altında konik deliklere sahip pelet kalıbı ve sıkıştırma silindirlerinden oluşan pelet makineleri ile basınç altında sıkıştırılması ile üretilmektedir. Peletleme işlemine hammadde kaynaklı birçok faktör etki etmektedir. Başlıca faktörler; hammaddenin parçacık boyut dağılımı (Kirsten et al. 2016), peletleme nemi (Garcia-Maraver et al. 2015), materyal karışım oranı (Niedziółka et al. 2015) ve sıcak buhar uygulaması (Filbakk et al. 2011) olarak sıralanabilir. Peletleme işlemine ve pelet kalitesine, hammadde ile birlikte pelet makinelerinin temel parçaları da etki etmektedir. Peletleme işlemine etkili başlıca makine parçaları kalıp ve silindirlerdir (Amiri et al. 2019). Mevcut koşullarda sürdürülebilir pelet üretimi için hammadde tedarikinin sağlanması, hammadde karakteristiklerinin belirlenmesi ve hammadde özellikleriyle peletleme makinesi temel bileşenlerinin uyumlu olması gerekmektedir (Yılmaz et al. 2020). İdeal koşullarda üretilen peletler yüksek fiziksel dayanım ve yüksek yoğunluk değeri ile etkin taşıma ve depolama etkinliğine sahip olmaktadır (Mani et al. 2006; Niedziółka et al. 2015).

Pelet kalıpları, hammaddenin sıkışarak pelet formuna dönüştüğü daralan konik kesitli deliklere sahiptir. Konik deliklerin çıkış çapları genellikle 6, 8 veya 10 mm'dir ve farklı çaptaki pelet üretimi için pelet makinesinde farklı delik çaplarına sahip kalıplar kullanılabilir (Tumuluru 2014; Amiri et al. 2019). Avrupa Pelet Konseyi tarafından belirlenen standartlara göre pelet çaplarının, kullanım yerine bağlı olarak 6 ( $\pm 1$ ) veya 8 ( $\pm 1$ ) mm çapında olması gerektiğini bildirilmiştir (ENplus 2015). Bunun yanında otsu yapıda hammaddeden üretilen peletlerin dahil edildiği EN ISO 17225-6 standardında pelet çaplarının  $6 \text{ mm} \leq D \leq 25 \text{ mm}$  ( $\pm 1$ ) değerinde olabileceği bildirilmiştir (EN ISO 17225-6, 2014). Pelet çaplarıyla ilgili, ev tipi pelet yakma sistemlerinde pelet çapının genellikle 6 mm olması tavsiye edilirken, endüstriyel ölçekli yakma sistemlerinde 8 mm çapında pelet kullanımı yaygındır (Anonim; Anonim (a); Anonim (b); Anonim (c); Anonim (d); Anonim (e); Anonim (f)).

Biyokütle peletleri genellikle orman endüstrisi artıklarından üretilmektedir. Son yıllarda, evsel ve endüstriyel alanlarda pelet kullanımının artması nedeniyle alternatif hammadde ihtiyacı doğmuştur (Agar et al. 2018; Pradhan et al. 2018). Yapılan çalışmalarda pelet hammaddesi potansiyeli bulunan mısır sapı, mısır koçanı, buğday samanı, kanola, arpa gibi birçok bitkisel artık değişken koşullarda peletlenerek pelet üretim koşulları ve pelet fiziksel özellikleri incelenmiştir (Adapa et al. 2009; Theerarattananoon et al. 2011; Emami et al. 2014; Tumuluru 2014; Wongsiriamnuay and Tippayawong 2015; Azócar et al. 2019). Çeşitli tarımsal artıkların yanı sıra, kentsel peyzaj alanlarında belirli periyotlarda yapılan bakım ve biçim işlemleri sonucu ortaya çıkan bitkisel artıklar da biyokütle kaynağı olarak önemli bir potansiyele sahiptir.

Çim bitkisi; belediyeler, üniversite kampüsleri, sosyal ve sportif alanlarda peyzaj düzenlemeleri kapsamında yetiştirilen bir yerörtücü bitkidir. Çim alanları, sık bir halde gelişerek homojen bir görünüme sahip olan, toprak üstünü örten, belirli periyotlarda biçilerek kısa tutulan bir bitkidir (Orçun 1979). Çim alanlarında biçim işlemleri sonrası önemli miktarda artık ortaya çıkmaktadır. Akdeniz Üniversitesi Kampus alanları için yapılan bir çalışmada toplam 648410 m<sup>2</sup> çim alanından yılda toplam 185.3 ton kuru çim artığı çıktığı belirlenmiştir. Bu değerler ile kuru çim artığı potansiyeli yaklaşık 0.3 kg/m<sup>2</sup> olarak hesaplanabilir. Biyokütle kaynağı olarak enerji kaynağı potansiyeli bulunan çim bitkisi, gazlaştırma, yanma ve termokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla pelet formunda (Chandrasekaran et al. 2013; Diken 2017; Platace et al. 2017) ve biyogaz hammaddesi olarak (Aghayev 2019) kullanılmıştır. Çim bitkisinin pelet formunda kullanımına ait bazı çalışmalar bulunmaktadır Ancak çim peletleme işlemlerinde, üretim koşullarındaki değişkenler ve peletlerin fiziksel özelliklerinin incelenmesi üzerine yapılan çalışmalar sınırlı kalmaktadır.

Bu çalışmada, çim alanlarında bakım işlemleri sırasında biçim sonrası ortaya çıkan çim artıklarının peletlenmesi sırasında peletleme neminin ve pelet çapının pelet üretim parametreleri ile pelet fiziksel özelliklerine etkisi araştırılmıştır.



## Materyal ve Yöntem

Çalışmada, Akdeniz Üniversitesi Kampüsü'nde yer alan peyzaj alanlarından biçilen çimler kullanılmıştır. Çimlerin biçim sırasında ölçülen nem değeri % 81.2'dir. Peletleme işleminden önce çim biçme artıkları beton zemin üzerinde, güneş ışığı altında, düzenli aralıklarla karıştırılarak 4-5 gün boyunca doğal yöntem ile kurutulmuştur. Kurutulan materyaller 2 mm elek delik çapına sahip, traktör kuyruk milinden hareketli bir çekiçli değirmen ile öğütülmüştür.

Kurutma ve öğütme işlemi sonrasında %9-10 düzeyinde olan nem içeriği kontrollü olarak %13-14 ve %17-18 düzeylerine getirilmiştir. Nemlendirme işleminde, kuru materyale eklenecek su miktarının belirlenmesinde aşağıdaki eşitlik (1) kullanılmıştır.

$$Q = W_i(M_f - M_i)/(100 - M_f) \quad (1)$$

Eşitlikte,  $Q$ : Eklenecek su miktarı (g);  $W_i$ : Materyalin ilk ağırlığı (g);  $M_i$ : Materyalin ilk nem içeriği (%);  $M_f$ : Materyalin istenen nem içeriği (%)

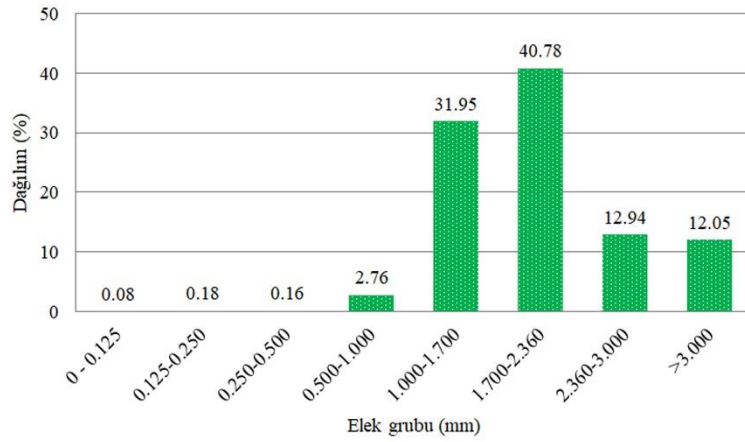
Nemlendirme işleminde kuru materyal kanatlı bir karıştırıcı içine boşaltılmış, miktarı hesaplanan su püskürülerek 10 dakika boyunca karıştırılmıştır. Nemlendirilen materyaller 2 gün boyunca ağzı kapalı torbalarda saklanarak nemin eşit oranda materyal içinde dağılım göstermesi sağlanmıştır.

Öğütülmüş materyalin parçacık boyut dağılımının belirlenmesinde 0.125, 0.25, 0.5, 1, 1.7, 2.36 ve 3 mm delik çaplarında eleklerin bulunduğu elek analiz seti kullanılmıştır. Öğütülmüş materyalin ortalama geometrik çap değeri ASAE S319.3 (2003) standardına göre aşağıdaki eşitlik (2) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$d_{gw} = \log^{-1} \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (w_i \log(d_i))}{\sum_{i=1}^n w_i} \right] \quad (2)$$

Eşitlikte,  $d_{gw}$ : Ortalama geometrik çap (mm) ;  $w_i$ : Elekte biriken materyal kütlesi (g);  $d_i$ : Elek açıklığı (mm);  $n$ : Elek sayısı

Elek delik çapı 2 mm olan çekiçli değirmende öğütülen çim materyalinin parçacık boyut dağılımı Şekil 1'de yer almaktadır.



Şekil 1. Öğütülmüş çim biçme artıklarının parçacık boyut dağılımı

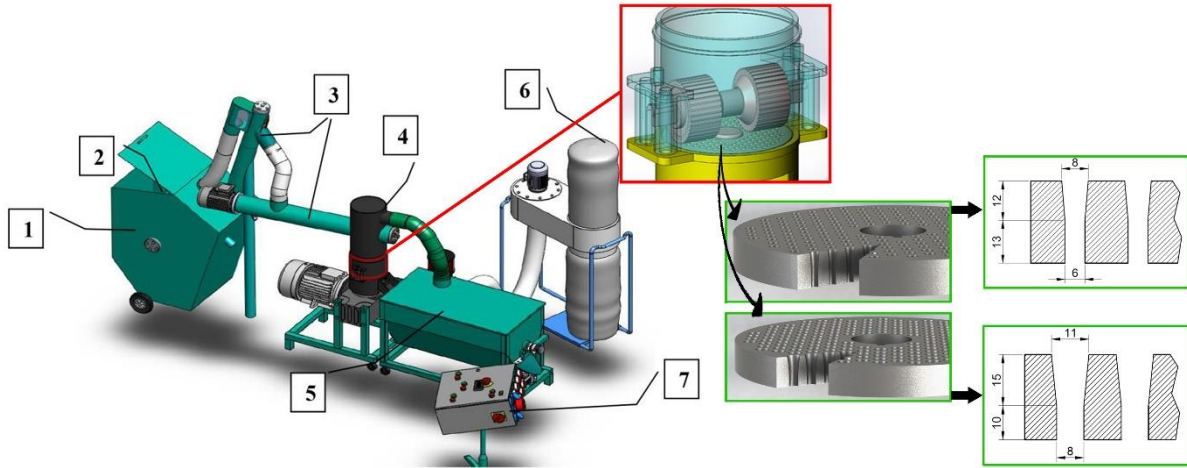
Öğütülmüş çim materyalinin parçacık boyut dağılımında 1 mm'den büyük partiküller toplam partiküllerin %98'ini oluşturmaktadır. Parçacık boyut analizine göre 2 mm elek delik çapında öğütülmüş çim artıklarının ortalama geometrik çap değeri 0.503 mm olarak hesaplanmıştır. Biçilmiş halde kaba formda ve öğütülmüş formdaki çim biçme artıklarının yığın yoğunluğu değerleri sırasıyla 38.46 kg/m<sup>3</sup> ve 281.73 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Öğütülmüş çim biçme artıklarının nem içerikleri ve pelet çaplarına göre materyal gruplarının belirlendiği deneme planı Çizelge 1'de yer almaktadır. Çim materyalinin fiziksel özellikleri ve deneme planı Çizelge 1'de yer almaktadır.



Çizelge 1. Peletleme değişkenlerine göre oluşturulan deneme planı

Materyal	Pelet çapı (mm)	Nem içeriği (%)	Pelet kodu
Çim	6	14.35	P6-14
		17.42	P6-17
	8	14.24	P8-14
		17.21	P8-17

Peletleme işlemi, yarı endüstriyel, otomatik beslemeli, peletleme ünitesi motor gücü 7.5 kW olan bir peletleme sistemi ile yapılmıştır. Peletleme sistemi bileşenleri ve pelet üretimi sırasında kullanılan pelet kalıplarının kesit görünümleri Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Denemelerde kullanılan peletleme sistemi ve pelet kalıbı ölçüleri

Peletleme sistemi, 1) Hammadde deposu, 2) Karıştırıcı, 3) İletim helezonları, 4) Peletleme ünitesi, 5) Soğutucu, 6) Aspiratör, 7) Kontrol paneli bileşenlerinden oluşmaktadır.

Pelet üretim kapasitesi, pelet üretiminin rejime girdiği sırada 60 s boyunca üretilen peletler tartılarak kg/h olarak hesaplanmıştır. Pelet üretimi sırasında peletleme sisteminin elektrik enerjisi tüketimi Chauvin Arnoux CA 8332B 3 fazlı portatif enerji analizörü ile ölçülmüştür. Değişken parametrelerle pelet üretiminin eşit koşullar altında yapılabilmesi için, pelet üretimi ve peletleme sistemi elektrik motoru akım değeri anlık olarak gözlemlenerek 12-13 Amper düzeyinde sabit tutulmuştur. Pelet kalıbı sıcaklığının ölçümünde Testo 110 sıcaklık ölçüm cihazı ve yüzey sıcaklığı ölçüm probu kullanılmıştır.

Pelet fiziksel kaliteleri ile ilgili olarak pelet nemi, pelet parça yoğunluğu, pelet yığın yoğunluğu, dayanıklılık direnci ve darbe direnci testleri gerçekleştirilmiştir.

Peletler ve hammaddenin nem içeriği 105 °C’de 24 h kurutulması ile yaş bazda hesaplanmıştır (ASTM E871-82 2019). Pelet parça yoğunluğu ASAE S269.4 (2001) standardına göre 80-100 g peletin boy, çap ve kütlelerinin ölçülmesiyle  $\text{kg/m}^3$  olarak hesaplanmıştır. Peletlerin ve hammaddenin yığın yoğunluğu EN 15103 (2009) standardına göre, 5 litre silindirik kap içerisinde doldurulan ürünün tartılması yoluyla  $\text{kg/m}^3$  olarak hesaplanmıştır.

Pelet dayanıklılık direnci EN 15210-1 (2009) standardına göre imal edilmiş dayanıklılık test cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Cihaz bölmelerine konulan 500 g pelet 10 dakika boyunca döndürülmüştür. Test sonrasında parçalanmış peletler tartılarak ağırlık kaybı % olarak hesaplanmıştır.

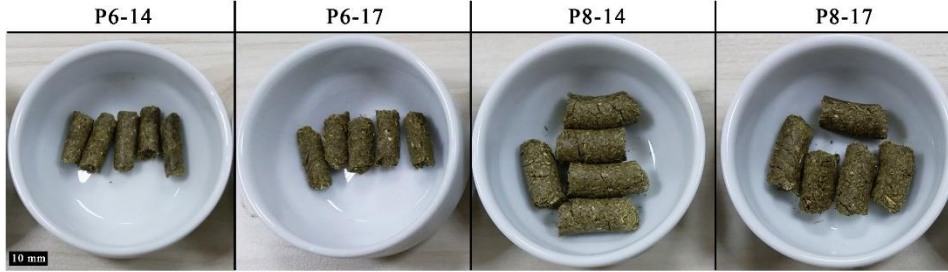
Peletlerin kırılma dirençlerinin belirlenmesi, rastgele seçilen 10 adet peletin 1.85 m yüksekten sert zemine 4 kez düşürülmesi yoluyla gerçekleştirilmiştir. Test sonrasında kırılan peletler 3.15 mm elekten geçirilerek elek altında kalan parçalar kayıp olarak değerlendirilmiştir. Pelet darbe direnci değeri test öncesi ve test sonrası kütle kaybına bağlı % olarak hesaplanmıştır (Kaliyan and Vance Morey 2009).

Yapılan testlerin her biri üç tekerrürlü gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilere SPSS programı ile varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Ayrıca, pelet fiziksel

özelliklerinden nem içeriği, yığın yoğunluğu ve dayanıklılık direnci değerleri, odunsu olmayan hammaddelerden üretilen peletleri kapsayan EN ISO 17225-6 standardına göre değerlendirilmiştir.

### Bulgular ve Tartışma

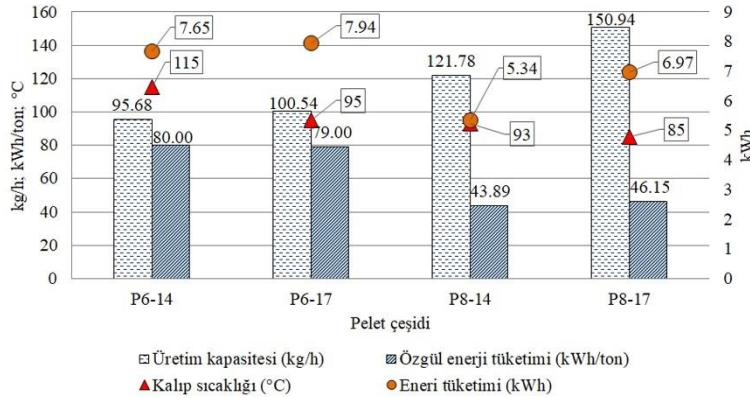
Çalışmada, 6 ve 8 mm çapında ve %14 ve %17 peletleme nemlerinde, üretilen çim artığı peletlerine ait görünüşler Şekil 3’de yer almaktadır.



Şekil 3. Çalışmada üretilen çim biçme artığı peletleri

Üretilen peletler incelendiğinde, %17 peletleme nemindeki peletlerin %14 peletleme nemindeki peletlere göre daha gevşek yapıda olduğu söylenebilir. Benzer şekilde aynı peletleme nem içeriğinde 8 mm çapındaki peletler, 6 mm çapındaki peletlere göre silindirik yapılarını kaybetme eğilimindedirler. Görsel açıdan değerlendirildiğinde P6-14 peletlerinin daha düzgün silindirik yapıda olduğu ortaya çıkmaktadır (Şekil 3).

Farklı nem içeriklerindeki çim biçme artıklarından farklı çaplarda pelet elde edilmesi işlemi sırasında üretim kapasitesi, enerji tüketimi, özgül enerji tüketimi ve pelet kalıbı sıcaklığı değişimleri Şekil 4’de yer almaktadır.



Şekil 4. Pelet üretimi sırasında üretim kapasitesi, enerji tüketimi ve kalıp sıcaklıkları

Her iki çapta üretilen peletler için, peletleme neminin artışı, pelet üretim kapasitesini arttırmıştır. Ungureanu ve ark., (2018), materyal nemindeki artışın peletleme sırasında materyalin akışkanlığını artırarak pelet kalıbı ve sıkıştırma silindirleri arasındaki sürtünmeyi azalttığını bildirmiştir. Peletleme neminin artışı kalıp sıcaklığını ve hammaddenin pelet formu kazanması için gereken enerji ihtiyacını azaltmıştır. En düşük ve en yüksek pelet üretim kapasitesi sırasıyla, P6-14 peletlerinde 95.68 kg/h ve P8-17 peletlerinde 150.94 kg/h olarak hesaplanmıştır. Pelet çapının artışı ile pelet kütle ve boyutları artarak üretim kapasitesinin artışına neden olmuştur. P8-17 peletlerinde, 12-13 Amper akım değerinin sağlandığı koşullarda materyal besleme miktarının fazla oluşu üretim kapasitesini arttırmıştır. Benzer şekilde P6-17 peletlerinde saatlik enerji tüketimi değeri P6-14 peletleriyle yakın değerdedir. Yüksek nem içeriği ve materyal miktarının fazla oluşu pelet üretiminde düzensizliklere neden olarak saatlik enerji tüketimini yükseltmiştir. Üretim kapasitesi ile özgül enerji tüketimi değerleri arasında negatif ilişki bulunmaktadır. Düşük nemli ve dar kesitli kalıpla üretilen P6-14 peletlerinde özgül enerji tüketimi 80 kWh/ton iken geniş kesitli kalıpta, yüksek nem içeriğinde pelet üretimi sırasında 46.15 kWh/ton özgül enerji tüketimi değeri elde edilmiştir.

Üretilen peletlerin fiziksel özellikleri Çizelge 2’te yer almaktadır.



Çizelge 2. Çim biçme artıklarından elde edilen peletlerin fiziksel özellikleri

Pelet Çeşidi	MC (%)	L (mm)	D (mm)	BD (kg/m <sup>3</sup> )	PD (kg/m <sup>3</sup> )	PDI (%)	IR (%)
P6-14	11.63 <sup>a</sup>	14.80 <sup>a</sup>	6.29 <sup>a</sup>	624.07 <sup>d</sup>	1024.11 <sup>c</sup>	95.97 <sup>a</sup>	99.23 <sup>a</sup>
P6-17	15.28 <sup>c</sup>	16.98 <sup>b</sup>	6.40 <sup>b</sup>	528.49 <sup>c</sup>	871.75 <sup>b</sup>	92.33 <sup>b</sup>	97.81 <sup>b</sup>
P8-14	12.87 <sup>b</sup>	17.40 <sup>b</sup>	9.03 <sup>c</sup>	507.70 <sup>b</sup>	884.21 <sup>b</sup>	78.83 <sup>c</sup>	95.98 <sup>c</sup>
P8-17	15.24 <sup>c</sup>	20.70 <sup>c</sup>	9.24 <sup>d</sup>	479.29 <sup>a</sup>	787.06 <sup>a</sup>	84.53 <sup>d</sup>	94.12 <sup>d</sup>
Önemlilik*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

\*Aynı sütunda farklı harfi taşıyan değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05). MC: Nem içeriği, L: Pelet boyut, D: Pelet çapı, BD: Yığın yoğunluğu, PD: Parça yoğunluğu, PDI: Dayanıklılık direnci, IR: Darbe direnci

Varyans analizi sonuçlarına göre; peletleme nemi ve pelet çapının bütün fiziksel kalite parametreleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

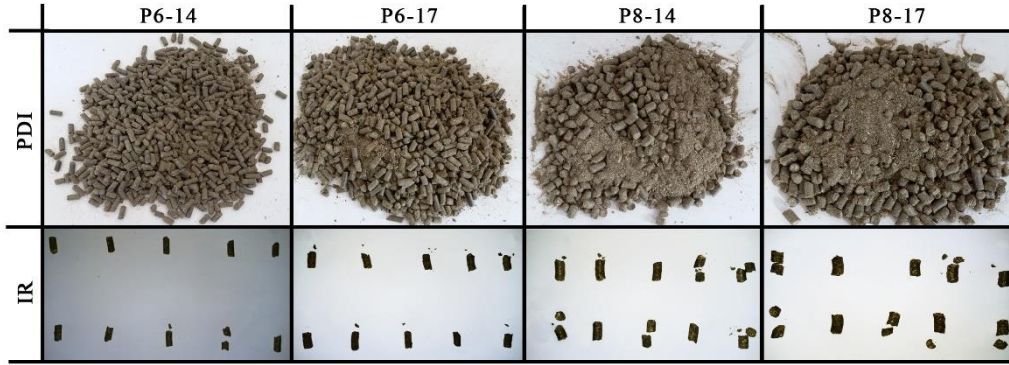
Çizelge 2’de görüldüğü gibi peletleme neminin artışı 6 ve 8 mm çapındaki peletlerin neminde artışa neden olmuştur. Peletleme işlemi sırasında kalıp sıcaklığına maruz kalan peletler bir miktar nem kaybetmişlerdir. Peletleme nemine göre en yüksek nem kaybı, düşük nem içeriği ve dar kesitli kalıptaki sıkıştırma işleminden dolayı P6-14 peletlerinde %16 düzeyindedir. Limousy ve ark., (2013), düşük nem içeriğindeki peletlerde yüksek yanma verimi elde etmiştir. Peletlerin nem içeriği, yanma verimini etkileyen bir faktördür. Bu nedenle EN ISO 17225-6 standardında, pelet neminin A sınıfı için ≤%12, B sınıfı için ≤%15 olması gerektiğini bildirmiştir (EN ISO 17225-6, 2014). Üretilen peletlerde en düşük nem içeriğine sahip olan P6-14 peletleri EN ISO 17225-6 standardına göre A sınıfında yer alırken, diğer peletler yüksek nem içerikleri nedeniyle B sınıfındadır. Tumuluru, (2018), aynı nem içeriğinde 8 mm ve 10 mm çapında ürettiği peletlerde, 10 mm çapındaki pelet nemlerinin 8 mm çapındaki pelet nemlerine göre daha yüksek elde edildiğini bildirmiştir. Yazar bu durumun sebebini, 8 mm çapındaki kalıbın kesit alanının 10 mm çapındaki kalıba göre daha dar olması ve sürtünmeden kaynaklanan sıcaklık artışının pelet nemini daha hızlı buharlaştırması olarak açıklamıştır. Çalışma kapsamında elde edilen veriler, yapılan çalışmalarla paralellik göstermiştir. Kalıp deliğinin kesit alanının azalması daha fazla nem içeriğinin buharlaşmasına neden olduğundan, dar çaptaki pelet kalıplarının yüksek nem içeriğindeki peletleme işlemini tolere edebileceği sonucuna varılmıştır.

Peletleme neminin artışıyla pelet boylarında uzama ve pelet çaplarında genişleme meydana gelmiştir. 8 mm çapındaki peletlerin boy ve çaplarındaki genişleme daha belirgindir. EN 17225-6’da yer alan pelet çapı sınır değerlerine göre  $6 \text{ mm} \leq D \leq 25 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ ’lik sapma değerinin dışına çıkmıştır.

Peletleme nemi ve pelet çapındaki artışlar, peletlerin yığın yoğunluklarında düşüşe neden olmuştur. P6-14 peletlerinde en yüksek yığın yoğunluğu değeri olan 624.07 kg/m<sup>3</sup>, pelet çapı ve peletleme neminin artmasıyla P8-17 peletlerinde 479.29 kg/m<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Nem içeriğinin ve pelet çapının artması peletleri hacimsel olarak genişleterek hacim belirleme kabında daha fazla yer kaplamasına neden olmuştur. Buna göre, nem içeriğinin ve pelet çapının artması depolama ve taşıma etkinliğini düşüren faktörler olduğu söylenebilir. EN ISO 17225-6 standardında peletlerin yığın yoğunluğunun  $600 \leq BD$  olması gerektiğini bildirilmiştir (EN ISO 17225-6, 2014). Çalışmada elde edilen P6-14 peletleri standart değeri taşımakta olup, yüksek nem içeriğinde ve 8 mm çapındaki peletler ilgili standardı karşılamamaktadır. Parça yoğunluğu değeri, peletlerin otomatik yakma sistemlerinde yüksek verimde yanma sağlanabilmesi için önemlidir (Serrano et al. 2011). Pelet parça yoğunlukları incelendiğinde, peletleme nemindeki artış, peletlerde gevşek yapı oluşturması nedeniyle parça yoğunluğu değerlerini düşürmüştür. Yapılan çalışmalarda, tarımsal endüstri artıklarının peletlenmesinde, peletleme neminin %10’dan %15’e çıkarılması peletlerin parça ve yığın yoğunluğunu arttırırken (Valdés et al. 2018), Mani ve ark., (2006) buğday sapı, arpa sapı, mısır koçanı ve dallı darının peletlenmesinde peletleme neminin %12’den %15’e çıkarılmasıyla pelet parça yoğunluğunun düştüğünü bildirmiştir. Zawislak et al. (2020), %18 nem içeriğinde ürettiği papatya artığı ve huş ağacı talaşı peletlerinde parça yoğunluğu değerini sırasıyla 1033 kg/m<sup>3</sup> ve 1146 kg/m<sup>3</sup>

olarak hesaplamıştır. Koçer ve Kürklü (2020), zeytin, nar ve bağ budama artıklarından üretilen peletlerin parça yoğunluklarının peletleme nemiyile ters orantılı olduğunu bildirmiştir. Çalışmada üretilen peletlerde, nem içeriği artışının yanı sıra pelet çapı artışının da parça yoğunluğunu düşüren bir etken olduğu görülmektedir. En yüksek parça yoğunluğu P6-14 peletlerinde  $1024 \text{ kg/m}^3$ , en düşük parça yoğunluğu P8-17 peletlerinde  $787 \text{ kg/m}^3$  olarak elde edilmiştir (Çizelge 2). Üretilen peletlerin görselleri incelendiğinde, P6-14 peleti dışındakiler gevşek ve düşük dayanımlı yapısıyla dikkat çekmektedir (Şekil 3).

Üretilen çim peletlerinin pelet dayanıklılık dirençleri ve kırılma dirençleri, peletleme neminin ve pelet çapının artışıyla düşüş göstermiştir. Dayanıklılık direnci ve darbe direnci test sonrası pelet görünümleri Şekil 5’de yer almaktadır.



Şekil 5. Çim peletlerinin dayanıklılık direnci (PDI) ve darbe direnci (IR) test sonrası görünümleri

Yüksek nem içeriği ve pelet çapının artması peletin silindirik ve yoğun yapısının bozulmasına neden olarak partiküllerin bir arada tutunmasını engellemiştir. Dayanıklılık direnci testi sonrasında peletler ufalanarak toz haline gelmiştir. En yüksek dayanım %95.97 ile P6-14 peletlerinde, en düşük dayanım %78.83 ile P8-14 peletlerinde tespit edilmiştir. EN ISO 17225-6 standardında pelet dayanıklılık direnci sınır değerleri A sınıfı için  $\geq 97.5$ , B sınıfı için  $\geq 96$  olarak belirlenmiştir (EN ISO 17225-6, 2014). Çalışma kapsamında üretilen peletler ilgili standarda göre standart sınıflarında yer almamaktadır. Peletleme nemindeki artış hammadde çeşidine bağlı olarak pelet dayanıklılığına farklı düzeylerde etki edebilmektedir. Theerarattananoon ve ark., (2011), materyal nem içeriğinin %10’dan %16’ya arttırılmasıyla buğday ve mısır saplarında dayanıklılık direnci azalırken, sorgum saplarında dayanıklılık direncinin arttığını bildirmiştir. Harun ve Afzal, (2015) sert ve granüler yapıdaki odunsu materyal ile otsu yapıdaki tarımsal artıkların değişken oranlardaki karışımlarından pelet üretmiştir. Karışım içerisinde otsu biyokütle oranının artmasıyla peleti oluşturan partiküllerin yapışkanlık özelliğinin arttığını ve peletlerin daha kolay üretilerek fiziksel açıdan daha dayanıklı yapıda olduğunu bildirmiştir. Tumuluru (2018), aynı nem içeriğinde üretilen buğday samanı, çam ve ardıç peletlerinde pelet çapı artışının peletlerin dayanıklılık direncini düşürdüğü sonucuna varmıştır. Birçok biyokütle kaynağı için ideal düzeyde olan %14 nem içeriğinin, tamamen otsu yapıda olan çim biçme artıkları için yüksek nem sınıfına dahil olduğu sonucuna varılmıştır.

Darbe direnci testinde peletleme nem içeriğinin artışı peletlerin kırılmaya karşı gösterdiği direnci düşürmüştür. Peletleme neminin %14 düzeyinde olması, genellikle peletlerin uçlarında kırılmalara neden olmuştur. Nem içeriğinin ve pelet çapının artmasıyla peletler sıkışık ve yoğun formlarını yitirmeye başladığı için 8 mm çapındaki peletlerde uç noktalardan kırılma ile birlikte bölünmeler de meydana gelmiştir. Yapılan çalışmalarda yüksek parça yoğunluğuna sahip ( $1200\text{-}1250 \text{ kg/m}^3$ ) peletlerin kırılma dirençlerinin %99.9 düzeyinde oldukça dayanıklı yapıda olduğu bildirilmiştir (Biswas et al. 2011). Theerarattananoon et al., (2011), pelet kırılma dirençlerini yüksek ( $IR \geq 80$ ), orta ( $70 \geq IR \geq 80$ ) ve düşük kaliteli ( $IR \leq 70$ ) olarak sınıflandırmıştır. Bu sınıflandırmaya göre çalışmada üretilen peletler yüksek kaliteli sınıfına girmesine rağmen diğer fiziksel parametrelerde %14-17 peletleme neminde ve 6-8 mm pelet çapında üretilen çim peletlerinin oldukça düşük kalitede olduğu görülmektedir. Ayrıca, uzun peletlerin kısa peletlere göre kırılmaya daha yatkın olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Tarasov et al. 2013; Said et al. 2015). Çalışmada elde edilen



verilere göre, artan peletleme nemi ve pelet çapında pelet boyları artış göstererek daha kırılğan yapıya sahip olmuşlardır.

### Sonuç

Çalışmada peyzaj alanlarından çıkan çim biçme artıkları %14 ve %17 nem içeriğinde peletlenerek 6 ve 8 mm çapında peletler elde edilmiştir. Pelet üretimi sırasında enerji tüketim değerleri ve üretim kapasitesi, pelet üretimi sonrasında pelet fiziksel özellikleri test edilmiştir. Peletleme neminin artışı çim peletlerinin fiziksel kalitelerine negatif yönde etki etmiş olup, düşük yoğunluklu ve dayanıksız peletler üretilmesine neden olmuştur. Aynı nem düzeyindeki 6 mm çapındaki peletler 8 mm çapındaki peletlere göre daha dayanıklı ve fiziksel açıdan daha stabil yapıdadır. Pelet kalıbı çapının daralması, pelet üretimi sırasında sürtünmeyi artırarak kalıp sıcaklığının artışına neden olmuş ve daha yoğun formda peletler elde edilmiştir. Üretilen peletlerden 6 mm çap ve %14 peletleme nemindeki peletlerin nem içeriği, çap ve yığın yoğunluğu değerleri EN ISO 17225-6 standartlarını sağlamıştır. Çap değerlerindeki 1 mm'den fazla sapma nedeniyle 8 mm çapındaki peletler standart dışı kalmıştır. Pelet depolama etkinliğinin önemli bir göstergesi olan yığın yoğunluğu değeri EN ISO 17225-6 standardına göre sadece 6 mm çap ve %14 nem içeriğinde üretilen peletlerde sağlanmıştır. Fakat tüm peletlerin dayanıklılık direnci değeri standart değerin altında kalmıştır.

Çim materyali yüksek nem içeriğine gerek olmaksızın yüksek yoğunlukta sıkıştırılabilecek otsu bir biyokütle kaynağıdır. Bu kapsamda, daha kaliteli peletlerin elde edilmesine yönelik, çim artıklarının daha düşük nem düzeyinde peletlenmesi ilgili çalışmaların yapılması önerilir.

Odunu, daha iri partikül boyutlarında, peletlenmesi için yüksek sıkıştırma gücü gereken diğer biyokütle kaynaklarının peletlenmesinde, çim materyalinin karışım materyali olarak kullanılmasının peletleme işleminde bağlayıcı etki sağlayacağı öngörülmektedir.

### Kaynaklar

- Adapa, P., Tabil, L., Schoenau, G., 2009. Compaction characteristics of barley, canola, oat and wheat straw. *Biosystems Engineering*. 104:335–344.
- Agar, D.A., Rudolfsson, M., Kalén, G., Campargue, M., Da Silva Perez, D., Larsson, S.H., 2018. A systematic study of ring-die pellet production from forest and agricultural biomass. *Fuel Processing Technology*. 180:47–55.
- Aghayev, E., 2019. Investigation of pretreatment methods to improve biogas yield of agricultural wastes. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara 186.
- Amiri, H., Kianmehr, M.H., Arabhosseini, A., 2019. Effect of particle size, die rotary speed and amount of urea on physical properties of the produced pellet. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 16:2059–2068.
- Anonim(a), 2021. [http://www.milagri.it/index.php?option=com\\_content&view=article&id=70&Itemid=537&lang=en](http://www.milagri.it/index.php?option=com_content&view=article&id=70&Itemid=537&lang=en). Erişim 5 Ocak 2021
- Anonim(b), 2021. <https://www.heatit.ee/en/premium-pellets>. Erişim 5 Ocak 2021
- Anonim(c), 2021. <https://www.lanordica-extraflame.com/en/products/pellet-stoves>. Erişim 5 Ocak 2021
- Anonim(d), 2021. [http://termodinamik.com.ua/files/PELLET\\_STOVE\\_HYBRID.PDF](http://termodinamik.com.ua/files/PELLET_STOVE_HYBRID.PDF). Erişim 5 Ocak 2021
- Anonim(e), 2021. [http://www.uniclass.it/wp-content/uploads/2019/01/Manual-AUDAX-LASIAN-STOVE-83119L-01\\_EN\\_Sept16.pdf](http://www.uniclass.it/wp-content/uploads/2019/01/Manual-AUDAX-LASIAN-STOVE-83119L-01_EN_Sept16.pdf). Erişim 5 Ocak 2021
- Anonim(f), 2021. <http://www.red365.it/en/p280-erica.html>. Erişim 5 Ocak 2021
- ASAE, 2001. S269.4: In Cubes, Pellets, and Crumbles—Definitions and Methods for Determining Density, Durability, and Moisture Content.
- ASAE S319.3, 2003. Methods for determining and expressing fineness of feed materials by sieving. 2008:S319.2
- ASTM E871-82, 2019. Standard test method for moisture analysis of particulate wood fuels. West Conshohocken, PA.
- Azócar, L., Hermosilla, N., Gay, A., Rocha, S., Díaz, J., Jara, P., 2019. Brown pellet production using wheat straw from southern cities in Chile. *Fuel*. 237:823–832.
- Biswas, A.K., Yang, W., Blasiak, W., 2011. Steam pretreatment of Salix to upgrade biomass fuel for wood pellet production. *Fuel Processing Technology*. 92:1711–1717.
- Carroll, J.P., Finnan, J., 2012. Physical and chemical properties of pellets from energy crops and cereal straws. *Biosystems Engineering*. 112:151–159.
- Chandrasekaran, S.R., Hopke, P.K., Hurlbut, A., Newtown, M., 2013. Characterization of emissions from grass pellet combustion. *Energy and Fuels*. 27:5298–5306.



- Diken, B., 2017. Çim peletinin gazlaştırma performansının saptanması üzerine bir araştırma. namık kemal üniversitesi.
- Emami, S., Tabil, L.G., Adapa, P., George, E., Tilay, A., Dalai, A., Drisdelle, M., Ketabi, L., 2014. Effect of fuel additives on agricultural straw pellet quality. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 7:92–100.
- EN 15103, 2009. Solid biofuels – Determination of bulk density. CEN/TS. London, EN: CEN.
- EN 15210-1, 2009. Solid biofuels - Determination of mechanical durability of pellets and briquettes - Part 1: Pellets. CEN/TS. London, EN: CEN.
- EN ISO 17225-6, 2014. Solid Biofuels Fuel Specifications and Classes. Part 6: Graded Non-Woody Pellets. Ireland, UK.
- ENplus, 2015. Pellet Quality Requirements. Place du Champ de Mars 2 1050 Brussels, Belgium.
- Filbakk, T., Jirjis, R., Nurmi, J., Høibø, O., 2011 The effect of bark content on quality parameters of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) pellets. *Biomass and Bioenergy*. 35:3342–3349.
- Garcia-Maraver, A., Rodriguez, M.L., Serrano-Bernardo, F., Diaz, L.F., Zamorano, M., 2015. Factors affecting the quality of pellets made from residual biomass of olive trees. *Fuel Processing Technology*. 129:1–7.
- Harun, N.Y., Afzal, M.T., 2015. Chemical and mechanical properties of pellets made from agricultural and woody biomass blends. *Transactions of the ASABE*. 58:921–930.
- Hiloidhari, M., Das, D., Baruah, D.C., 2014. Bioenergy potential from crop residue biomass in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 32:504–512.
- Kaliyan, N., Vance Morey, R., 2009. Factors affecting strength and durability of densified biomass products. *Biomass and Bioenergy*. 33:337–359.
- Kirsten, C., Lenz, V., Schröder, H.W., Repke, J.U., 2016. Hay pellets - The influence of particle size reduction on their physical-mechanical quality and energy demand during production. *Fuel Processing Technology*. 148:163–174.
- Koçer, A., Kürklü, A., 2020. Environmental Effects Production of pellets from pruning residues and determination of pelleting physical properties. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects* 00:1–13.
- Limousy, L., Jeguirim, M., Dutournié, P., Kraiem, N., Lajili, M., Said, R., 2013. Gaseous products and particulate matter emissions of biomass residential boiler fired with spent coffee grounds pellets. *Fuel*. n107:323–329.
- Mani, S., Tabil, L.G., Sokhansanj, S., 2006. Effects of compressive force, particle size and moisture content on mechanical properties of biomass pellets from grasses. *Biomass and Bioenergy*. 30:648–654.
- Niedziółka, I., Szpryngiel, M., Kachel-Jakubowska, M., Kraszkiewicz, A., Zawislak, K., Sobczak, P., Nadulski, R., 2015. Assessment of the energetic and mechanical properties of pellets produced from agricultural biomass. *Renewable Energy*. 76:312–317.
- Orçun, E., 1979. Özel Bahçe Mimarisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ege Üniversitesi No152, 106s, İzmir.
- Platace, R., Adamovics, A., Ivanovs, S., Gulbe, I., 2017. Assessment of ash melting temperature of Birch and grass biomass Pellet mixtures. *Engineering for Rural Development*. 16:103–107.
- Pradhan, P., Mahajani, S.M., Arora, A., 2018. Production and utilization of fuel pellets from biomass: A review. *Fuel Processing Technology*. 181:215–232.
- Said, N., Abdel Daiem, M.M., Garcia-Maraver, A., Zamorano, M., 2015. Influence of densification parameters on quality properties of rice straw pellets. *Fuel Processing Technology*. 138:56–64.
- Serrano, C., Monedero, E., Lapuerta, M., Portero, H., 2011. Effect of moisture content, particle size and pine addition on quality parameters of barley straw pellets. *Fuel Processing Technology*. 92:699–706.
- Tarasov, D., Shahi, C., Leitch, M., 2013. Effect of Additives on Wood Pellet Physical and Thermal Characteristics: A Review. *ISRN Forestry*. 2013:1–6.
- Theerattananon, K., Xu, F., Wilson, J., Ballard, R., Mckinney, L., Staggenborg, S., Vadlani, P., Pei, Z.J., Wang, D., 2011. Physical properties of pellets made from sorghum stalk, corn stover, wheat straw, and big bluestem. *Industrial Crops and Products*. 33:325–332.
- Tumuluru, J.S., 2014. Effect of process variables on the density and durability of the pellets made from high moisture corn stover. *Biosystems Engineering*. 119:44–57.
- Tumuluru, J.S., 2018. Effect of pellet die diameter on density and durability of pellets made from high moisture woody and herbaceous biomass. *Carbon Resources Conversion*. 1:44–54.
- Ungureanu, N., Vladut, V., Voicu, G., Dinca, M.N., Zabava, B.S., 2018. Influence of biomass moisture content on pellet properties - Review. *Engineering for Rural Development*. 17:1876–1883.
- Valdés, C.F., Marrugo, G., Chejne, F., Cogollo, K., Vallejos, D., 2018. Pelletization of Agroindustrial Biomasses from the Tropics as an Energy Resource: Implications of Pellet Quality. *Energy and Fuels*. 32:11489–
- Wongsiriamnuay, T., Tippayawong, N., 2015. Effect of densification parameters on the properties of maize



residue pellets. *Biosystems Engineering*. 139:111–120.

Yılmaz, H., Topakçı, M., Karayel, D., Çanakçı, M., 2020. Comparison of the physical properties of cotton and sesame stalk pellets produced at different moisture contents and combustion of the finest pellets. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*.

Zawiślak, K., Sobczak, P., Kraszkiewicz, A., Niedziółka, I., Parafiniuk, S., Kuna-Broniowska, I., Tanaś, W., Żukiewicz-Sobczak, W., Obidziński, S., 2020. The use of lignocellulosic waste in the production of pellets for energy purposes. *Renewable Energy*. 145:997–1003.



Araştırma Makalesi/Research Article

## Çanakkale Çimenlik Kalesi'nin Tarihi Kentsel Peyzaj Elemanı Olarak İrdelenmesi

Füsun Erduran Nemutlu 

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü  
Sorumlu yazar: fusunerduan@gmail.com

Geliş Tarihi: 02.07.2020

Kabul Tarihi: 24.02.2021

### Öz

Çimenlik Kalesi, Osmanlı İmparatorluğu'nun yükselme döneminde ilk padişah olan Fatih Sultan Mehmet (II. Mehmet-1451-1481) tarafından yaptırılmıştır. Çanakkale boğazından İstanbul'a gelebilecek savaş gemilerini engellemek amacı ile inşa edilmiştir. Çanakkale boğazının en dar yerinde, Gelibolu yarım adasındaki Kilitbahir Kalesi ile karşılıklı olarak planlanmıştır. Çalışmanın amacı, Kale'nin kent dokusu bütününde tarihi peyzaj elemanı olarak irdelenmesidir. Bu doğrultuda kale ve park alanı, mekânsal, işlevsel ve estetik açıdan analiz edilerek öneriler getirilmiştir. Çalışma sonucunda kale ve park alanının kentsel gelişimden kopuk olduğu, yoğun olarak turizme yönelik kullanıldığı ve park alanının bitkisel tasarım, bitki türü ve niteliği açısından yetersiz olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çanakkale, Kale-i Sultaniye, Kentsel peyzaj tasarımı, Tarihi peyzaj

### Examination of Çanakkale Çimenlik Castle as a Historical City Landscape Element Abstract

Çanakkale Province has a historical importance from the ancient period to the present day. Thus, the urban area bears the traces of different civilizations and historical events. It was established on both sides of the Bosphorus, which separates the continents of Europe and Asia and carries its name. It has a geography that admires the world. Çimenlik Castle was built by Fatih Sultan Mehmet (II. Mehmet-1451-1481), the first sultan during the rise of the Ottoman Empire. It was built to prevent warships that can come to Istanbul from the Dardanelles. It was planned mutually with the Kilitbahir Castle on the Gelibolu peninsula, in the narrowest part of the Dardanelles. Çimenlik Castle played a very important role in the First World War (1914-1918). The development of the city has been formed around the castle since these periods. Today, the Çimenlik Castle, which is evaluated with in the scope of the historical site and located in the city center, is managed by the Çanakkale Bosphorus and Garrison Command and has been opened for tourism-recreation. The aim of the study is to examine Kale as a historical landscape element in the whole urban texture. Accordingly, suggestions were made by analyzing the castle and park area in terms of spatial, functional and aesthetic aspects. As a result of the study, it has been determined that the castle and park area is disconnected from urban development, it is used intensively for tourism, and the park area is insufficient in terms of plant design, plant type and quality.

**Keywords:** Çanakkale, Kale-i Sultaniye, Historical landscape, Urban landscape design

### Giriş

Çanakkale ili, bölge ölçeğinde antik dönemden günümüze tarihi öneme sahiptir. Kentsel alan açısından da farklı medeniyetlerin ve tarihi olayların izlerini taşımaktadır. İl, Avrupa ve Asya kıtalarını birleştirecek şekilde konumlanmış olup, eşsiz boğaz manzarası ile tüm dünyayı kendine hayran bırakan bir coğrafyaya sahiptir. Bu nedenle kentin kullanımında ve gelişiminde sahip olduğu hassas tarihi-kültürel değerlerin korunması çok önemlidir.

Tarihi kentsel alanlar, geçmişin canlı tanıkları olup, yazılı kaynaklarda var olmayan bilgileri öğrenmemizi sağlar ve nesiller arasındaki devamlılığı sağlarlar (Çelik ve Yazgan, 2009). Bu nedenle tarihi yapı ve mekânların günümüz kullanımına uyarlanması, tasarımı, yönetimi ve tanıtılmasında sadece yapısal olarak değil, çevreleri ile bir bütün olarak değerlendirilmesi zorunludur. Bu kapsamda incelenen "Çimenlik Kalesi ve Park Alanı", günümüzde hem açık müze hem de kültürel etkinlik alanı olarak Çanakkale'nin önemli kentsel odak noktasıdır.





Bölge tarihinde kentin ve boğazın savunulmasında kullanılan Çimenlik Kalesi, Fatih Sultan Mehmet devri eserlerindedir ve çevresi kentin ilk yerleşim alanıdır. Günümüzde ise kale ve park alanı tarihi değeri yanı sıra, rekreasyonel potansiyelinin yüksek olması ile değer taşımaktadır. Kale çevresindeki yapılar ve park alanı sergi, konser ve konferans gibi kültürel etkinlikler için yılın her dönemi yoğun olarak kullanılmaktadır. Ancak alan kent kimliğinin bir parçası olarak peyzaj mimarlığı açısından niteliğine ve işlevlerine uygun bir tasarıma, yeterli donanımlara ve bitkisel kompozisyonlara sahip değildir. Can (1993) tarihi alanlar ile ilgili çalışmasında bu durumu, koruma sadece yıkıma engel olarak mevcut değerleri gelecek nesillere aktarmanın ötesinde çok daha geniş işlevler yüklenmek şeklinde açıklamaktadır. Bu anlayışı oluşturabilmek için ihtiyaç olunan işlevler belirlenmeli ve disiplinler arası çalışılmalıdır. Ayrıca tarihi alanları koruma yaklaşımı, tüm kentsel kullanım alanlarının doğru yönetilmesi ile sürdürülebilir olacaktır. Aksi takdirde yükselen yapılar arasında kaybolarak etkileri küçülecek ve kent kimliğinden uzaklaşacaktır.

Kentlerin kendine özgü nitelik taşıyan; fiziksel, kültürel, sosyo-ekonomik, tarihsel ve bilimsel faktörlerle şekillenen alanları kente kimlik kazandırır ve sosyal açıdan ortak kimliğin parçalarını oluştururlar (Özsüle, 2005). Ancak kentler, fiziksel, sosyal ve ekonomik açıdan çok dinamik ve kültürel peyzaj değerlerinin kaybı ve değişimi de belirgindir (Antrop, 2004). Bu nedenle kentsel kültürel envanterler bilimsel verilerle ortaya konularak yıllara göre değişimleri analiz edilmelidir. Elde edilen veriler yerel yönetimlerin ve kurumların çalışmalarını yönlendirecek, peyzaj yönetimi ve politikaları oluşturmalarını sağlayacaktır.

Tarihi nitelik taşıyan kentsel yerleşimlerin dönemlere bağlı olarak kültürel değerlerinin ortaya konulması çok önem taşımaktadır. Çünkü tarihi mekânların, günümüz kentsel gelişme sürecindeki nüfus artışı, kentleşme, çevresel bozulma, afet, iklim değişikliği, artan eşitsizlik ve yoksulluk gibi sorunların etkisinde hızla bozuluma uğraması kaçınılmazdır (Çelik Çanga ve Erduran Nemutlu, 2020). Aynı zamanda günümüzde kentler teknolojiye ve betonlaşmaya teslim olmakta, fiziki çevre özgünlüğünü ve kültürel anlamını hızla kaybetmekte, bazen de turizm kullanımının beklentileri doğrultusunda en yüksek kar elde etme felsefesi ile şekillenmektedirler. Çanakkale kentinde de bu sorunları görebilmekteyiz. Bu sorunlardan en önemlisi kent merkezinde yer alan ve kente kimlik kazandıran Çimenlik Kalesi'nin çevresinde hızla yükselen yapılaşma ile kuşatılması ve kent bütününden kopuk olarak kendi içinde kalmaya başlamasıdır. Aynı zamanda kalenin kentsel tasarımıdaki görsel etkisinin zamanla kaybolmaya başlaması ve peyzaj tasarımı açısından yetersiz olması, bu çalışmanın yapılma gerekçesini oluşturmuştur.

Çalışmanın amacı, Kale'nin kent dokusu bütününde tarihi peyzaj elemanı olarak irdelenmesidir. Çalışmada kale ve park alanı, mekânsal, işlevsel ve estetik açıdan analiz edilerek tasarım açısından sorunları ve ihtiyaçları belirlenmiş, öneriler getirilmiştir. Bu doğrultuda zamanın izlerinin gelecek nesillere sürdürülebilir olarak aktarımının önemi de ortaya konulmuştur.

### **Kentsel Tasarımda Tarihi Alanların Önemi**

Tarihi yapı ve alanlara sahip kentlerde, sosyo-kültürel ve estetik kaynaklar tüm kenti etkilemektedir. Bu noktada kentsel alanlarda koruma-kullanma dengesinin göz önünde bulundurulması kaçınılmazdır. Bu dengeyi sağlayacak olan, geçmişten günümüze aktarılan bu değerlerin günümüz şartları ile kullanımalarının yönetilmesi veya çağımıza dönüşümüdür.

Tiesdell ve ark. (1996), 'değişimi yönetmek' konusunda, tarihi alanları değişimin içine olduğu gibi bırakmak ne kadar yanlış ise koruma niyetiyle onları izole etmekte o kadar yanlıştır saptamasında bulunmaktadır. Tarihi alanlarda da bu değişimin ve izin verilen müdahalenin derecesi esastır. Bu değişim ve müdahale kontrollü ve planlı olduğu takdirde hem tarihi değere sahip çevrelerin korunması hem de bugünün gereksinimlerine cevap veren mekânların oluşturulması mümkündür (Ardıçoğlu, 2014).

Tarihi alanlar genelde kentin ilk yerleşim alanı olarak kentin çekirdeğini oluşturmaktadır. Kent tarihinde önemli olaylara sahne olan bu mekânlar kentsel tasarımda günümüz ihtiyaçlarına göre işlevlere sahip olduğunda hem kullanıcılarına tarihi yerinde tanıtılarak kent hafızası niteliği taşır, hem de kentsel peyzaj tasarımının ilgi odağı olabilirler. Ayrıca öğretici, ilgi çekici olması yanı sıra ortak tarihi paylaşan bireyler arasında duygusal bağlantı kurulmasını sağlayarak sosyal ilişkileri de olumlu yönde etkilerler. Bu yönden Çanakkale Çimenlik Kalesi, kentsel tarihi önemi yanı sıra rekreasyonel açıdan da kentli için önemli bir yapısal elemandır. Bu nedenle kente kimlik kazandıran alan, tarihi olayların anlamlandırılması yönünde tasarımlarla zenginleştirilmelidir.

Açık hava müzesi niteliğinde olan tarihi kent mekânları, tarihi kent merkezlerinin ticari, yönetsel ve diğer işlevlerle aşırı yüklenmesine neden olabilirler (Ahunbay, 2004). Bu durum kentlere göre değişiklik gösterse de genelde bu aşırı yükler ölçeğin kaybedilmesine, kent kimliğinin değişmesine yol açabilir. Bu bağlamda kale ve yakın çevresi, kente gelenlerin en yoğun ziyaret ettiği ve bazen taşıma kapasitesi üzerinde kullanılan bir alandır. Kalenin modern kent dokusu arasında kaybolmasının engellenmesi için kentsel bütünlük içinde kültürel çalışmalar yapılmalıdır. Unutulmamalıdır ki kültürel kaynak ve değerler kullanılmadıkça ve geleceğe taşınmadıkça kaybolmaya mahkûmdur. Bu bağlamda kalenin yapısal özellikleri, açık alanlarının nitelikleri ile bir arada incelenmeli ve kent ile bağlantısı geliştirilmelidir.

Kaleler askeri önemi olan şehirlerde genelde, stratejik yol üzerinde, geçit ve dar boğazlarda, gerekli askeri kuvveti barındırarak, savunma ve güvenliği sağlamak için yapılan kalın duvarlı, burçlu, mazgallı yapılardır. Kale mimarisi, tarihin ilk devirlerinden itibaren tekniğin ve askerlik ile savaş usullerinin ilerleyişine uyarak gelişme gösterse de benzerlikleri vardır (Anonim, 2016 a). Ancak bugünkü şartlarda artık kalenin savunma amaçlı kullanımı gerekli değildir ve müze niteliğindedir. Kentsel açıdan kent tarihinin yerinde yaşatılmasını ve kentlinin ortak geçmişine sahip çıkma duygusunu artıran önemli bir elemandır. Ayrıca turizm ve rekreasyonun en önemli odak alanıdır. Bu nedenle çalışma alanı ve yakın çevresinin kentsel gelişim ile bütünlük planlaması yapılarak kente sosyal, ekonomik ve estetik yönden katkı sağlanabilir.

Tarihi kent planlaması ile ilgili The Council of Europe tarafından tarihi nitelikli kentsel alanlar ve yapılar için birçok proje geliştirilmiştir. Bunlardan biri 1998-2001 yıllarında, tarihi Tiflis (Gürcistan) kentinin pilot bölge seçildiği, miras varlıklarının halka tanıtılması ile tarihe bağlılık yaratılan, ve kentin tamamını kapsayan kent planlamasının yapıldığı çalışmadır (Bouzou, 2018).

### Materyal ve Yöntem

Bu çalışmanın ana materyalini, Çanakkale ili, Merkez ilçesinde yer alan Çimenlik Kalesi ve Park alanı oluşturmaktadır. Yardımcı materyal olarak alana ilişkin literatür bilgileri, resmi ve özel yazılı belgeler, yerinde çekilen fotoğraf ve analizler kullanılmıştır. Türkiye'nin kuzey-batısında, topraklarının büyük bölümü Marmara bölgesi sınırları içinde kalan Çanakkale İli, 25° 40' - 27° 30' doğu boylamları ve 39° 27' - 40° 45' kuzey enlemleri arasında yer alır. Yüz ölçümü 9.887 km<sup>2</sup>'dir. İl'in en önemli konumsal niteliği, Asya (Anadolu-Bıga yarımadası) ve Avrupa (Trakya-Gelibolu yarımadası) kıtalarında topraklarının bulunması ve dünyada az rastlanan ve kendi adını taşıyan boğaz ile ikiye bölünmüş olmasıdır (Anonim, 2017). Çimenlik Kalesi, Fevzi Paşa Mahallesinde yer almakta olup, 1976 yılında "Anıtsal Yapı" olarak sit statüsüne alınmıştır (Tombul, 2015). Kalenin içinde yer aldığı Fevzi Paşa Mahallesi ise, Edirne Koruma Kurulu tarafından, 1995 yılında kentsel sit ilan edilmiştir. Koruma amaçlı imar planı Çanakkale Belediye Meclisi tarafından 15 Temmuz 1996 tarihinde katılımcı bir süreçle hazırlanmış olup, 14 Kasım 1996 tarihinde Edirne Koruma Kurulu tarafından onaylanmıştır (Anonim, 2013) (Şekil 1).



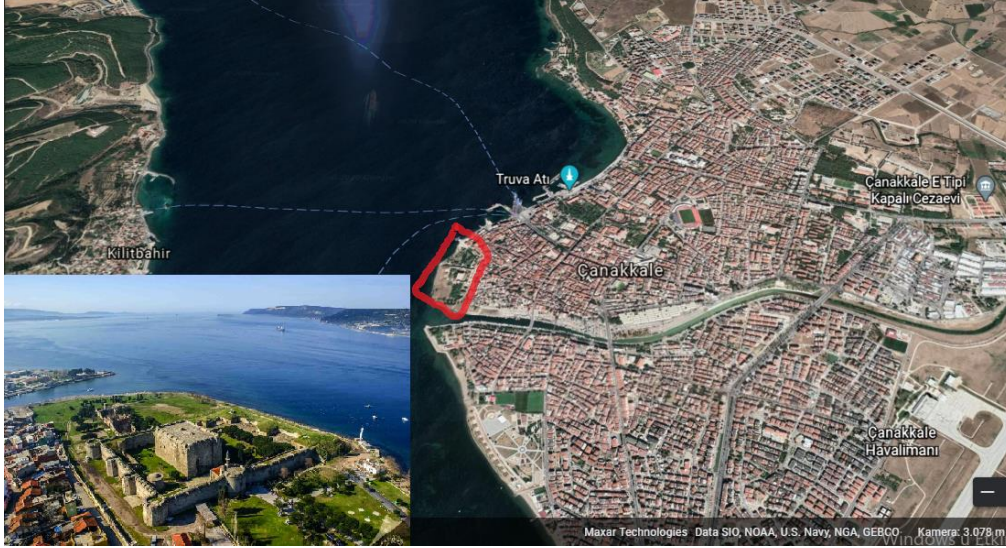
Şekil 1. Çanakkale Boğazı'nın iki yakasında Çimenlik ve Kilitbahir Kaleleri'nin konumu (Anonim, 2016b); Kale bölgesi kentsel sit sınırları (Anonim, 2011).

Çalışmanın yönteminde ilk aşamada konu ile ilgili, yayınlar ve literatür bilgileri elde edilmiştir. Çimenlik Kalesi'nin geçmişten günümüze kadar kullanımı ve tarihiyle ilgili sözlü, yazılı ve resmi belgeler ilgili kuruluşlardan temin edilerek değerlendirilmiştir. İkinci aşamada, alanın kullanımı geçmişten günümüze tarihi açıdan incelenmiş, alan yerinde gözlemlenerek tasarımı irdelenmiş ve detaylı fotoğraflar çekilmiştir. Üçüncü aşamada, kalenin çevre ile bağlantıları, kent dokusundaki rolü,

fiziki açıdan işlevleri mekânsal olarak yapılan analizler yardımı ile irdelenmiştir. Aynı zamanda park alanındaki mevcut bitkilerden örnekler toplanarak teşhis edilmiştir. Son aşamada ise analizler doğrultusunda alanın peyzaj mimarlığı açısından değerlendirilmesi yapılarak tüm bilgiler sentezlenmiş, günümüz şartlarına uygun olarak ihtiyaçlar doğrultusunda öneriler getirilmiştir. Ayrıca alanın rekreasyonel kullanımına yönelik Auto CAD ve 3ds max (2010) programı kullanılarak, kıyıda bir oturma alanı tasarımı ve onun önünde boğazda yaşanan çarpışmayı açıklayan haritanın zemine işlendiği küçük bir meydan önerisi yapılmıştır.

### Bulgular

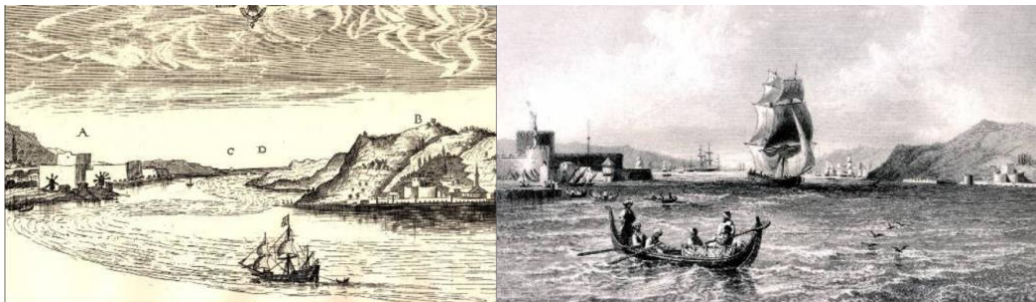
Günümüzde Milli Savunma Bakanlığı, Boğaz ve Garnizon Komutanlığı tarafından yönetilmekte olan alanın çevre ile bağlantıları Şekil 2’de görsel olarak belirtilmiştir. Kentsel alanda yer alan ve çalışma alanı ile yakın ilgili olan alanlar harita üzerinde işaretlidir. Tüm kent dokusu dikkate alındığında çalışma alanı konum olarak kentsel düğüm noktası niteliğindedir. Günümüz Çanakkale’sinin hızlı gelişen yapı adaları arasında kütleli etkisini koruyamamış olsa da kıyıda Kilitbahir Kalesi ve Boğaz manzarası hakimiyeti ile çok değerli bir alandır.



Şekil 2. Çimenlik Kalesi'nin kent ve çevre ile bağlantısı (Anonim 2020 ve Anonim 2019a)

### Çimenlik Kalesi'nin Tarihi Gelişimi ve Kentsel Alanda Önemi

Günümüzde Çimenlik Kalesi olarak isimlendirilen Kale, tarihi dönemlerde ‘Kala-i Sultaniye’, ‘Boğaz Hisarı’, ‘Çanakçılar Kalesi’ olarak isimler almıştır. Osmanlı dönemi resmi kayıtlarında ise Çanakkale ili ve Boğazı’na Kala-i Sultaniye (en kuvvetlisi) denilmiştir (Hatip, 2009). Bu ismin söylenmesi zor olduğundan zamanla değişime uğramıştır. Utkular (1953)’in çalışmasında ise Kale’nin çevresinin yeşilliğinden esinlenilerek ‘Çimenlik’ adı verildiği belirtilmektedir. Fatih Sultan Mehmet, Çanakkale Boğazı’nın İstanbul’un savunulmasındaki öneminden dolayı, 1462-1463 yıllarında, boğazın en dar yerinde, Rumeli sahilinde (Sestos) Kilitbahir Kalesi’ni, Anadolu sahilinde ise (Abydos) Çimenlik Kalesi’ni karşılıklı olarak inşa ettirmiştir (Hatip, 2009). Boğazın bu kısmı olası saldırılarda düşman gemilerinin yakalanabilmesi için en uygun jeomorfolojik özelliktedir (Şekil 3).





ve mayınlar, komutanların büstleri, Nusret Mayın Gemisi maketi sergilenmektedir. Girişten itibaren yönlendirmeler mevcuttur. Girişin sol tarafında hediyelik eşya satışı, kafeterya, sergi ve konferans salonu, sosyal ve kültürel etkinlikler için yoğun kullanılmaktadır. Yapılan son restorasyonlar ile açık ve kapalı müze niteliği zenginleştirilmiş ve açık alanda çocuklara yönelik tanıtım alanları yapılmıştır. Sergi salonunun girişe bakan duvarı Çanakkale Deniz Zaferi'nin 90. yılı anısına yapılan seramik kabartma pano ile kaplıdır (Şekil 5). Bina girişinde müze gemi Acar, cam bir platformun üzerine 2018 yılında yerleştirilerek tanıtılma açılmıştır. Acar, ulu önder Mustafa Kemal Atatürk'ün, İstanbul Boğazı'nda gezinti ve 'Savarona' yatına gitmek için kullandığı gezinti teknesidir. Gemi Acar, 1936-37 yıllarında Almanya'da yapılmış olup, Mustafa Kemal Atatürk tarafından İstanbul Boğazında gezinti yapmak ve Savarona Yatı'na gitmek için kullanılmıştır (DHA, 2018) (Şekil 6).



Şekil 5. Çimenlik Kalesi girişi (2020)

Kalenin kuzey duvarının cadde bölümüne bakan tarafı otopark olarak kullanılmakta ve bu durum araç yoğunluğuna neden olmaktadır. Araçlar geçişi zorlaştırmakta, tehlike yaratmakta olup dış duvar görsel olarak kirliliği, çok bakımsız ve yıkık durumdadır. Alana sadece sahil yolundan giriş çıkış yapılmaktadır. Alanın devamında kentleşme güneydoğu yönüne doğru gelişim göstermiştir. Ancak kale, dikenli tel ve yüksek duvarlarla çevrelenerek bu bağlantıdan koparılmış olup, askeri bir müze niteliğindedir. Kale duvarının arkasındaki yol oldukça dar ve geçişe kapalı durumdadır. Kale önünden sahilden eski bir yol vardır ancak artık kapalıdır. Kale'den Sarıçay'a uzanan ara sokakların düzensiz, korku uyandıracak derecede güvensiz olması ve tanımsız bölgeler bulunması, Kale'nin kentin yeni gelişim alanı ile bağlantısını koparmaktadır. Bu nedenlerle Kale, rekreasyon açısından ve kent içi bağlantılar açısından kentli kullanımının daha az olduğu tarihi bir alandır (Şekil 6). Oysa kentlerin en önemli simgeleri olan kaleler kentlinin tarihi mekansal açıdan algılamasını sağlayan önemli alanlardır. Bu yönden Ankara Kalesi, Diyarbakır Kalesi gibi kentli ile bütünleşmiş örnekler verilebilir. Ayrıca Avrupa'da Osmanlı İmparatorluğu'nun izlerini yansıtan önemli kaleler de kentlerin odağı durumundadır ve günlük yaşam ile iç içedir. Bu örnekler ile karşılaştırıldığında alanın kent ile bütünleşmediği görülmektedir. Günümüzde askeri kışla olarak alanda personel bulunması ve askeri deniz müzesi elamanlarının korunması gereğinden yönetimi Boğaz Garnizonu'na bağlıdır. Bu durum alanı toplumdan koparmaktadır. Yeni yapılan kafeterya ve rekreasyon elemanları park alanının kullanımını artıracaktır.

Çalışma alanının sahilinde yer alan, mimari yapısı ile ilgi çeken estetik yönetim binası 1954 tarihinde yapılmıştır. Diğer mimari niteliği ile ilgi çeken yapı ise müzedir ve 1927 tarihinde yapılmıştır. Park alanında ziyaretçilerin en fazla ilgisini çeken ise, 18 Mart 1915 'Deniz Zaferi'nin kahramanı olan, mayın dökücü Nusret Mayın Gemisi'nin bire bir ölçekli olan maketidir. Ayrıca hemen önündeki kıyı alanında tören alanı, komutan heykelleri ve Çanakkale savaşları anı duvarı vardır. Çanakkale savaşı ile ilgili görseller ve mayın grup komutanı Binbaşı Nazmi Bey ile Nusret Mayın Gemisi komutanı Yüzbaşı Tophaneli Hakkı beyin heykellerinin bulunduğu tören alanı askeri törenlerde de kullanılmaktadır (Şekil 7).



Şekil 6. Çimenlik Kalesi'nde yer alan mekanlar (2020). (Uydu ve hava görüntüleri: Anonim, 2019 b, Anonim, 2020)

Kale ve park alanı kültürel etkinlikler ve konserler için yılın farklı dönemlerinde kullanılmaktadır. Alanda kafeterya ile birlikte, 2020 yılı başında çim alan üzerinde ziyaretçilere ve çocuklara yönelik eğlenceli bilgi panoları yerleştirilmiştir. Ancak alan henüz peyzaj mimarlığı açısından niteliğine ve işlevlerine uygun bir tasarıma sahip değildir. Alan dezavantajlı vatandaşların tekerlekli sandalyeleri ve çocuk arabaları ile kullanımları açısından uygun zemin tasarımına sahip değildir (Şekil 7). Alan kuzeydoğu yönünden poyraz, güney batı yönünden ise lodos rüzgârına açıktır ve buna yönelik koruyucu bitkilendirme yapılmamıştır.



Şekil 7. Park alanında denizcilik terimleri ve malzemeleri tanıtımı (2020)

Kale içinde ve Nusret Mayın Gemisinde ise savaş dönemine ait anlatımlar ve canlandırmalar yapılmaktadır. Kale içinde yer alan baruthane, gerek mimari yapısı, gerekse kullanım amacı yönünden ender rastlanan yapılardan olup günümüzde Piri Reis Galerisi olarak kullanılmaktadır. Baruthanenin yanında kalenin güneybatı iç surlarına bitişik inşa edilmiş halen duvarları duran okul olarak kullanılmış yığma bir bina mevcuttur.

Deniz kıyısında yer alan ve ziyaretçilere tanıtılan Nusret mayın gemisinin orijinali 1962'de özel sektöre satın alınmış ve Kaptan Nusret adıyla kuru yük gemisi olarak hizmet vermiştir. Ancak 1990 yılında Mersin açıklarında alabora olmuştur ve 1999 yılında bir grup gönüllü tarafından su yüzüne çıkarılmıştır. Tarsus Belediyesi 2003 yılında gemiyi alarak, Çanakkale Savaşları ile ilgili tanıtımın da yapıldığı park alanında anıt haline getirmiştir (Şekil 8). Çimenlik Kalesi'nde yer alan Nusret Mayın Gemisi'nin bire bir ölçülerindeki maketi ise İstanbul Tersanesi Komutanlığı tarafından 2011 yılında inşa edilmiştir (Anonim, 2016c).



Şekil 8. Mersin Tarsus'da yer alan, Nusret Mayın gemisinin orijinali ve park alanı (2010).

### Çimenlik Kalesi Park Alanının İrdelenmesi

Çanakkale kent merkezi, boğaz kıyısı boyunca gelişim göstermiştir ve bu nedenle açık alan potansiyeli açısından yüksektir. Ancak kentsel yeşil alan varlığı nitelik ve nicelik açısından yetersizdir. Çimenlik Kalesi park alanı ise yeşil potansiyeli yüksek olması nedeni ile kent ekosistemi ve rekreasyonu açısından çok önemli katkı sağlamaktadır (Şekil 9).



Şekil 9. Kentsel yeşil alan analizi ile Kale park alanı ilişkisi (Anonim, 2012).

Alanda kullanılan peyzaj bitkileri yerinde incelenmiş, Tablo 1'de nitelikleri ve kullanımları açısından analiz edilmiştir. Tabloda bitkilerin Latince, (A) ve Türkçe isimleri (B) belirtilerek, genetik özellikleri (C) ortaya konulmuştur. Bitkilerin sahip oldukları ölçü, form, renk, doku olarak sınıflandırılan tasarım öğeleri (D) dikkate alınarak tasarım ilkelerine göre kullanım durumu analiz edilmiştir. Aynı zamanda sahip oldukları estetik özellikleri de değerlendirilmiştir (E). Buna göre tasarım bitkileri açısından çeşitliliğin çok az olduğu, sadece belli türlerin fazla oranda kullanıldığı belirlenmiştir. Alanda etkin olarak, sirkülasyon sistemini vurgulayan bir bitkilendirme yapılmıştır. Bu kullanım zemin çizgisini üçüncü boyuta taşıdığı için iyidir. Ancak farklı bitki türlerinin tabakalı olarak kullanıldığı, ölçü, renk, doku, biçim yönünden alan kullanımını hem görsel hem de işlevsel olarak destekleyen estetik kompozisyonlara yer verilmemiştir.

Alanda ağırlıklı olarak Kızıl çam (*Pinus brutia* Henry.) ve Fıstık çamı (*Pinus pinea* L.) kullanılmıştır. Bunun en önemli nedeni resmi kanallar ile bitki temini yapılması ve bitkisel tasarım için bütçe ayrılamamasıdır. Alana farklı dönemlerde yapılan bakımlar sırasında yeni bitki türleri de dikilmektedir. Yer örtücü, tek ve çok yıllık çiçekler ise giriş bölümünde kullanılmakta olup, mevsimsel olarak çeşitlilik görülmektedir. Alan genel karakter olarak askeri nitelikte olduğu için daha çok kasvetli ve ciddi bir etki yaratılmıştır. Ancak alanın açık hava müzesi olması ve turizm açısından yoğun kullanılması nedeni ile daha renkli tasarımlara yer verilmelidir.



Tablo 1. Çalışma alanındaki peyzaj bitkilerinin nitelikleri ve tasarım açısından değerlendirilmeleri.

A- Latince ismi	B- Türkçe ismi	C-Niteliği	D-Tasarım öge ve ilkelerine göre değerlendirilmesi	E- Estetik açıdan değerlendirilmesi
<i>Campsis radicans</i> Seem.	Acem borusu	Sarılıcı, turuncu çiçekli. Yaprak dökken.	İyi. Alanda duvar arıtma duvarını kapatmak amacı ile kullanılmıştır	İyi. Alanın genel kullanımı bölgesi dışında yer almakta olduğundan görülememekte
<i>Cupressus arizonica</i> var. 'glauca' Greene.	Arizona Servisi	Herdem yeşil, pul yapraklı konifer, ağaç.	Çok iyi, Alanda vurgu etkisi yaratmıştır.	İyi. Alanın ciddi konseptine uygundur.
<i>C. sempervirens</i> var. <i>Pyramidalis</i> Nyman	Piramidal Akdeniz Servisi	Herdem yeşil, pul yapraklı konifer, uzun ağaç	İyi, Alanda monotonluğa neden olmuştur.	İyi. Alanın ciddi konseptine uygundur.
<i>C. sempervirens</i> var. <i>horizontalis</i> Mill.	Dallı Akdeniz Servisi	Herdem yeşil, pul yapraklı konife, uzun ağaç.	İyi, Alanda arka fon olarak etkilidir	İyi. Doymun koyu etki yaratmaktadır, ancak kasvetlidir.
<i>Euonymus japonica</i> L.	Taflan	Orta boylu, herdem yeşil çalı.	Zayıf. Deniz kıyısında, oturma alanında yaşlı örnekleri iyi değil.	Zayıf, yetersiz.
<i>E. Japonica</i> var. <i>aurea</i>	Alacalı taflan	Sarı alacalı herdem yeşil, orta çalı.	Orta. Sınır elemanı olarak girişte kullanılmıştır. Sağlıklı değiller.	Zayıf, etkisiz, girişte çarpıcı hale getirememiş.
<i>Laurus nobilis</i> L.	Defne	Herdem yeşil ağaççık.	Çok iyi. Oturma ve oyun alanı çevresinde, tabakalı bitkilendirmeyi sağlamış ve insan ölçeğini korumuş.	İyi. Süs niteliği düşük bir bitkidir. Tüm yıl alanda etkisi yoğundur
<i>Nerium oleander</i> L.	Zakkum	Herdem yeşil, pembe çiçekli, uzun çalı.	Çok iyi. Oturma alanları ve yürüyüş yolları yakınında.	Çok iyi. Çiçek etkisi uzun süren rüzgâra dayanıklı tüm yıl etkili.
<i>Olea europea</i> L.,	Zeytin	Herdem yeşil ağaççık.	Orta. Bahçenin işlevine uygun değil.	Orta. Yapraklarının rengi tüm yıl etkili ancak kompozisyon yapılmamış.
<i>Platanus orientalis</i> L.,	Çınar	Yaprak dökken, uzun, ağaç	İyi. Gölge etkisi ile açık müze kullanımını sağlar.	İyi. Etkili. Dallarının ve yapraklarının ilginç görüntüsü ile etkili.
<i>Pinus brutia</i> Henry.	Kızılcım	Herdem yeşil, iğne yapraklı, uzun ağaç.	Orta. Alanda yolu belirlemiş ama çok yaşlı örnekler.	Zayıf. Alanı çok kapatmış ve süs niteliği yok.
<i>Pinus pinea</i> L.	Fıstık çamı	Herdem yeşil, iğne yapraklı, uzun ağaç.	İyi. Alanda yolu belirlemiş.	İyi, etkili. Yumuşak, çizgileri ile etkili.
<i>Rosa</i> spp.	Gül	Renkli çiçekli, yaprak dökken çalı.	Çok iyi. Alanın hareketlendiriyor.	Çok iyi. Farklı renk etkileri uzun sürer.
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Biberiye	Herdem yeşil, mor çiçekli kısa çalı.	İyi. Kullanım yerlerine dikkat edilmeli, bakımsız. Çabuk yaşlanır.	Çok iyi. Çiçekleri küçük ama etkili, yaprakları kokulu

Park alanında yer alan yapısal donatılar ve zemin kaplaması incelendiğinde bakım onarım yönünden önemli problemler belirlenmiştir. Boğaz manzarasının izlenebilmesi için tasarlanan oturma alanlarına iniş yeri, basamak veya rampa yapılmamıştır ve oturma alanının önünde geçiş yoktur. Ayrıca ters yönde yapılan oturma birimine geçiş verilmemiştir. Mevcut donatılar yetersiz ve eski olup, zemin kaplamaları yürüyüşü ve tekerlekli araç kullanımını zorlaştırmakta ve tehlike yaratmaktadır (Şekil 10).





Şekil 10. Park alanı sahilinde oturma üniteleri (2020)

### Sonuç Tartışma ve Öneriler

Kentsel alanların mekânsal hafızası, açık müze niteliği taşıyan tarihi alan ve bölgelerdir. Bu alanların korunarak günlük yaşam ihtiyaçları doğrultusunda kullanılması, kentin kimlik kazanımına katkı sağlamaktadır. Bu nedenle kent ekonomisinin ve turizminin odak alanlarını oluşturan tarihi alanların en önemlilerinden olan kaleler, yakın çevreleri ile ele alınmalıdır. Bu bağlamda çalışmada Çimenlik Kalesi'nin kent dokusundaki rolü geçmişten günümüze fiziki açıdan ve işlevsel olarak irdelenmiştir. Çünkü fiziki çevre kentsel karakteri yansıtmaktadır.

Alan, kentin kuruluşundan günümüze kadar bel kemiği niteliği taşımıştır ve günümüzde hem açık müze hem de kültürel etkinlik alanıdır. Yapılan çalışmada öncelikle Çimenlik Kalesi'nin tarihi ve kültürel açıdan kent gelişimindeki önemi ortaya konulmuştur.

Çalışma sonucunda kalenin yakın çevresindeki yerleşim ile zaman boyutunda farklı yönlerde gelişimi belirlenmiştir. Kentsel sit alanı ilan edilen Kale çevresi, çok hızlı yapılaşmış ve ticari merkeze dönüşmüştür. Kale ise askeri niteliğini korumuş ve kent dokusundan kopuk kalmış, turizm açısından yoğun kullanılmıştır. Yerinde yapılan inceleme ve yetkililerle yapılan görüşmelere göre bunun en önemli nedeni çalışma alanının askeri nitelik taşımasıdır. Askeri yapısı nedeni ile kent ile tam bir bütünsellik taşıyamamıştır.

Çalışma alanının kent ile tam olarak bütünleşebilmesi için sivil idareye geçmesi gereklidir. Bu durumda bazı tarihi ve askeri malzemelerin güvenliğinin sağlanması, ancak sıkı önlemler ile olabilecektir. Kale park alanı, böylece halkın en yoğun açık alanları kullandıkları gece saatlerinde de hizmet verebilecektir. Bu durumda açık alanda yer alan top, denizaltı vb. malzemelerden bazıları seçilerek ışıklandırılmış cam mobilyalar içinde ve kameralı koruma sağlanılarak sergilenmelidir. Böylece bakım ve sergilenmesi de kolaylaşacaktır. Diğer korunması gereken askeri malzemeler ise girişte yer alan askeri müze ve çevresinde sergilenerek, bu alanın askeri kimliği devam ettirilebilir.

Yapılacak bu düzenleme ile Kale'nin sahilinde yer alan ve daha önce kullanılan eski yol (günümüzde iz olarak bellidir) açılarak, Sarıçay'a geçiş sağlanabilir. Bu tasarım kıyasal rekreasyon alanı olarak kullanım potansiyelini artıracaktır. Aynı zamanda kentin yeni kordon ile bağlantısını da sağlayacaktır. Sarıçay'dan yeni kordona sadece yayaların geçişine izin verilen tarihi yapısal nitelikte bir yaya köprüsü inşa edilerek, sahil yolu eski ve yeni kordon birbirine bağlanarak yaklaşık 7 km'lik bir yürüyüş bandı haline getirilebilir. Bu planlamanın gerçekleştirilmesi ile hem kale bölgesinin yarı askeri kimliği devam edecek, hem de günümüz kentsel gelişimi ile bütünleştirilecektir.

Çelik ve Yazgan (2007)'nin çalışmalarında belirttiği gibi tarihi çevreleri koruma ve yenilemede; tarihsel ve kültürel sürekliliğin sağlanması, amaçlanmalıdır. Bu temel ilke Çimenlik Kalesi için çok önemlidir. Bunu sağlayabilmek için iç kalede günümüzde yapılan canlandırma ve askeri kimlik korunmalıdır. Çimenlik Kalesi sahil bandının kentin yeni gelişim alanı ile bütünleştirilmesi önerisi ise aynı çalışmada belirtilen; kent peyzajının ve geleneksel yerleşim modelinin beraber korunması düşüncesini desteklemektedir. Ayrıca kale park alanını her saat gezilebilme imkânının yaratılması, kentlinin her mevsim kullanımını da artırabilecektir.

Tiesdell ve ark. (1996), nın tarihi alanların yönetimi konusunda vurguladıkları değişimin yönetilmesi olgusu açısından bakıldığında kale, kentten izole edilmiş bir konumdadır. Bu durum alanın askeri niteliğinin devam etmesi ile bağlantılı olmuş, kale müze olarak genelde turizmi desteklemiştir. Ancak kent gelişiminde kentten koparılmadan değişime entegre edilmesi gereklidir. Ardiçoğlu (2014) bu durumu, tarihi kentlerde değişimin ve izin verilen müdahalenin derecesinin iyi

belirlenmesi ve yönetilmesi ile başarılabilceğini belirtmektedir. Böylece tarih yerinde korunurken bugünün gereksinimlerine cevap veren mekânlar oluşturulabilecektir.

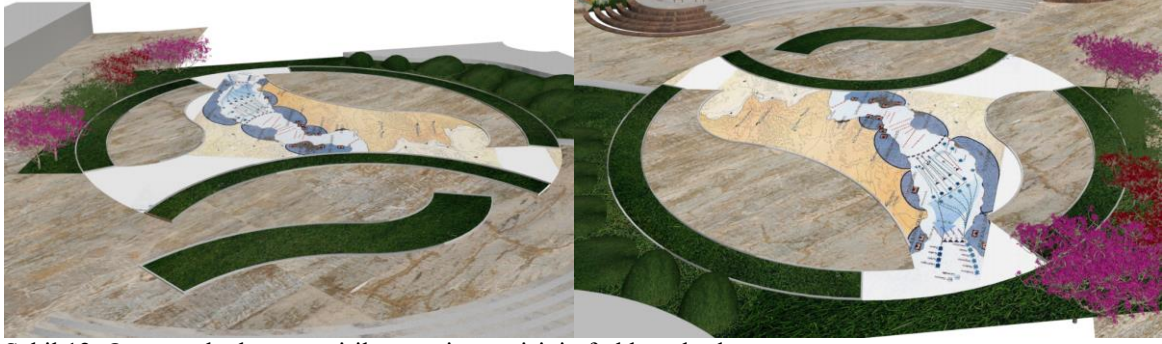
Kale park alanı boğaz manzarasına hakim olduğundan dinlenmek amacı ile yoğun kullanılmakta ve bazı kültürel etkinliklere de açılmaktadır. Alanın mevcut yeşil alanı ise kentsel ekolojije önemli destek sağlamaktadır. Bu yönleri ile kentsel açıdan doğal ve kültürel potansiyeli çok önemlidir. Ancak alanın bitkisel materyal açısından zenginleştirilmesi ve farklı kompozisyonlar yapılması gereklidir. Deniz Savaşına ait top, mermi vb. malzemelerin tanıtıldığı açık alanda yer alan Kızılcım ağaçları oldukça yaşlı olup gövdeleri çok düzensiz gelişmiş ve eğridir. Bu ağaçların bozuk olanları seyreltilerek daha ferah bir ortam yaratılarak, sunulan askeri malzemelere daha iyi ışık gelmesi sağlanabilir. Bu bitkileri destekleyecek; budanarak şekil vermeye uygun, parlak yaprakları ile top ve diğer siyah renkli malzemeler ile kontrast yaratabilecek, Alev ağacı kullanılabilir (*Photinia serratifolia* (Desf.) Kalkman). Kıyıdan ve kuzeyden gelen sert rüzgarları kırabilmek amacı ile doğal bitki örtüsünde yer alan, alana iyi uyum sağlayabilecek ve dayanıklı Meşe (*Quercus ithaburensis* Decne., *Q. trojana* Webb., *Q. coccifera* L.) ve Erguvan türleri (*Cercis siliquastrum* L.) kullanılmalıdır. Ayrıca sahilin tuzlu deniz etkisinden etkilenmeyecek ve hoş kokulu çiçekleri ile oturma alanlarına gölgesi ile de etkili olacak İğde ağacı (*Eleagnus angustifolia* L.) kullanılmalıdır. Sonbaharda kokulu çiçekleri ve herdem yeşil yaprakları ile etkili çalı formunda olan bodur İğde (*Eleagnus pungens* Thunb.) hem rüzgar etkisini azaltabilecek hem de tarihi objelere iyi bir arka fon oluşturabilecektir. Alanda yol kenarlarına dikilen Taflan bitkileri hastalık ve zararlılara dayanıksız olup tarihi alan ile uyum göstermemektedir. Onun yerine Kurtbağrı (alacalı) (*Ligustrum ovalifolium* var. *aurea*) ve Şimşir (*Buxus sempervirens* L.) kullanılması daha uygun olacaktır. Alanda tarihi duvarları kapatan, fazla kasvetli ortam oluşturan ve tarihi yapıların görünümünü zorlaştıran yaşlı ağaçlar gençleştirilmeli, bazılarının yerine daha ince dokulu, Gülibrişim (*Albizia julibrissin* Duraz.), Huş (*Betula verrucosa* Ehrh.) veya beyaz hoş kokulu çiçekli Akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) kullanılmalıdır. Alanda vurgu yapılarak ilgi çekilmesi istenilen noktalara, renk etkisi ile etkili ve arka fon olabilecek Güvey kandili (*Koelreuretia paniculata* Laxm.), Ateş dikenini (*Pyracantha coccinea* Roem.), Kelebek çalısı (*Buddleia davidii* Franch.), Oya ağacı (*Lagerstromia indica* L.), Koca yemiş (*Arbutus unedo* L.) dikilmelidir.

Oturma alanları ve çocuk oyun alanı çevresine çiçeklerinin kokusu ve gölge etkisi ile etkili İhlamur (*Tilia tomentosa* Moench.) ve çocukların boyu ile orantılı olup renkleri ile dikkat çeken, kırmızı yapraklı Akçaağaç (*Acer palmatum* Thunb.) ve Oya ağacı (*Lagerstromia indica* L.) önerilmiştir. Ayrıca bu bölümlerin yapısal elemanları sağlıklılaştırılmalı ve modern tasarım getirilmelidir (Şekil 11).



Şekil 11. Sahil kenarı için tasarım önerisi

Seyir terasının arka bölümünde yer alan oturma birimlerine işlevsel bir nitelik kazandırılması çok önemlidir. Günümüzde çim alana bakan ve geçişi sorunlu olan oturma birimleri yenilenerek önu küçük bir meydana dönüştürülmelidir. Meydanın zemininde Çanakkale Boğazının Çanakkale Savaşı Haritası'nın yer alması, ziyaretçilerin tarihi yerinde daha iyi analiz etmesini sağlayacaktır (Şekil 12). Çalışma alanını ziyaret eden kişilerin burada 'Çanakkale Deniz Savaşı'nı yorumlaması sağlanabilir.



Şekil 12. Oturma alanlarına getirilen zemin önerisinin farklı açılardan görünüşü

### Kaynaklar

- Ahunbay, Z., 2004. Tarihî Çevre Koruma ve Restorasyon. Yapı Yayıncılık: 28. 188s.
- Anonim, 1981. Yurt Ansiklopesi: Cilt, 3. 7095s. İstanbul.
- Anonim, 2005. <https://www.canakkaletravel.com/galeri/cimenlik-kalesi.html> (Erişim 28.12.2019).
- Anonim, 2011. Çanakkale imar planı. Çanakkale Belediyesi İmar Müdürlüğü Kayıtları, 2012.
- Anonim, 2012. TMMOB Peyzaj Mimarları Odası ve Çanakkale Valiliği ortak çalışması, (27 Ağustos-09 Eylül). [http://www.peyzajmimoda.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=5276](http://www.peyzajmimoda.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=5276).
- Anonim, 2013. Kültür ve Turizm Kayıtları. <http://www.canakkale.bel.tr> (Erişim 1 Mart 2013).
- Anonim, 2015. <http://www.kulturvarliklari.gov.tr/TR,133569/canakkale-cimenlik-kale-i-sultaniye-kalesi-restoredil-.html>. (Erişim 8.04.2017).
- Anonim, 2016 a.<http://www.turkcebilgi.com/ansiklopedi/kale>. (Erişim:08.02.2016)
- Anonim, 2016b. [http://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87anakkale\\_\(il\)](http://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87anakkale_(il)); <https://www.google.com.tr/maps/place/Çanakkale>, (Erişim:08.02.2016)
- Anonim, 2016c. [http://www.canakkalesehiterimiz.com/kilitbahir\\_ve\\_cimenlik\\_kalesi.php](http://www.canakkalesehiterimiz.com/kilitbahir_ve_cimenlik_kalesi.php). (Erişim:08.02.2016)
- Anonim, 2017. Çanakkale İli 2016 Yılı İl Çevre Durum Raporu. T.C. Çanakkale Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, ÇED ve Çevre İzinlerinden Sorumlu Şube Müdürlüğü. (Erişim: 08.02.2018). [file:///C:/Users/Fisun/Desktop/Canakkale\\_icdr2016.pdf](file:///C:/Users/Fisun/Desktop/Canakkale_icdr2016.pdf)
- Anonim, 2018. <https://www.gestcard.com.tr/gestcardweb/gestcard/blog/canakkalenin-yoncasi-kilitbahir-kalesi.html> (Erişim 28.12.2019).
- Anonim, 2019a. (Orhan Özgülbaş'ın fotoğrafı), (Erişim: 02.01.2020). <https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/canakkale/gezilecekyer/cimenlik-kalesi>.
- Anonim, 2019b. <https://i.pinimg.com/originals/ff/28/82/ff28824f32cd2ee1e58078b59fa15e6.jpg> (Erişim: 02.01.2020).
- Anonim, 2020. Google Earth' 2020. (Erişim: 29.12.2020).
- Antrop, M., 2004. Landscape change and the urbanization process in Europe. Landscape and Urban Planning. (67): 9-26.
- Ardıçoğlu, R., 2014. Kent içindeki tarihi alanların iyileştirilmesi ve kentle bütünleştirilmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 210 s.
- Bouzou, B., 2018. Technical co-operation and consultancy programme: historic towns. An integrated approach to cultural heritage. (J. Bold and R. Pickard eds.) The Council of Europe's. ISBN 978-92-871-8529-7: 109s. Strazbourg. <https://rm.coe.int/an-integrated-approach-to-cultural-heritage-the-council-of-europe-s-te/1680792e6f> (Erişim: 28.12.2020).
- Can, C., 1993. Kentsel koruma alanları ve koruma sorunları. Ankara Ün. Dil ve Tarih-Coğrafya Fak. Dergisi. 1.2 (36): 307-314. [dtcfdergisi.ankara.edu.tr/index.php/dtcf/article/download/4858/4765](http://dtcfdergisi.ankara.edu.tr/index.php/dtcf/article/download/4858/4765).
- Çelik Çanga, A., Erduran Nemutlu, F., 2020. Landscape design for historic places. trends in landscape, agriculture, forest and nature science. Cambridge Scholar Publishing, ISBN(10):1:1-5275-4300-5, ISBN(13):978-1-5275-4300-3. p:146-153.
- Çelik, D., Yazgan, M., 2007. Kentsel peyzaj tasarımı kapsamında tarihi çevre korumaya yönelik yasa ve yönetmeliklerin irdelenmesi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi. 9(11): 1-10.
- Çelik, D., Yazgan, M., 2009. Kentsel peyzaj tasarımı kapsamında tarihi çevre yenileme çalışmalarının araştırılması (Beypazarı örneği). Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi. 6(3): 235-244.
- D.H.A., 2018. CNN Türk. (Erişim: 29.12.2020). <https://www.cnnturk.com/yasam/aturkun-gezi-teknesi-muze-olarak-ziyarete-acildi?page=5>.
- Hatip, S. M., 2009. Bahriye Şehri Kala-i Sultaniye (Çanakkale). Ankara Deniz Kuvvetleri Komutanlığı Basımevi Amirliği. s: 240. ISBN : 9789754095180. Cebeci/Ankara. <https://earth.google.com/web/search/%c3%87anakkale+%c3%87imenlik+Kalesi/>



- Özsüle, Z., 2005. Geleneksel yerleşimlerin korunması açısından kültürel peyzaj değerlendirmesi: Mudanya örneği. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Sevim, M., 2002. Gravürlerle Türkiye IV: Anadolu I. Kültür Bakanlığı Yayınlar Dairesi Başkanlığı Yayınları: Cilt 1. ISBN: 9751717434. 263s. Ankara.
- Tiesdell, S., Oc, T., Heath, T. 1996. Revitalizing Historic Urban Quartes. Cornwall Architectural Press: 135s.
- Tombul, M., 2015. Çanakkale Kültür Envanteri. Matsis Matbaa, Zero Prodüksiyon Ltd. Şti. ISBN 978-605-4701-63-6. 670s. İstanbul.
- Utkular, İ., 1953. Çanakkale Boğazındaki Fatih Kaleleri. İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yayınları. Pulhan Matbaası. 9s. İstanbul.
- Uzunçarşılı, İ. H., 1991. Osmanlı Tarihi: Cilt, 1. 639s. Ankara.





Araştırma Makalesi/Research Article

# Ankara İmrahor Vadisi ve İncesu Deresinin Biyofilik Tasarım Yaklaşımı İçinde Değerlendirilmesi

İzel Gökten<sup>1</sup>  Abdullah Kelkit<sup>2\*</sup> 

<sup>1</sup>ÇOMÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı ABD, Çanakkale

<sup>2</sup>ÇOMÜ, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Çanakkale

\*Sorumlu yazar: akelkit@comu.edu.tr

Geliş Tarihi: 08.12.2020

Kabul Tarihi: 10.05.2021

## Öz

Gelişen teknolojiyle birlikte insan ile doğa arasındaki temel bağın zamanla kaybolduğu görülmektedir. Doğadan uzaklaşmış bir yaşam çevresi fiziksel ve zihinsel sağlık problemlerine neden olmaktadır. Vadiler, insan sağlığı ve yaşamı için mutlak gerekli olan doğa kavramının tam karşılığı niteliğindedir. Mikroklima koşulları yönünden diğer coğrafi şekillere göre önemli farklılıklara sahip olan vadiler, tarih boyunca yaşam, üretim ve yerleşim yeri olarak tercih edilmişlerdir. Çalışma, Ankara İmrahor Vadisi ve İncesu Deresi'nde yürütülmüştür. Çalışma alanında planlara aykırı uygulamaların gerçekleştiği, çevre koruma ve kullanım politikalarının yetersiz olduğu ve kentin getirdiği olumsuzluklar yüzünden doğal değerlerini kaybetme tehlikesiyle karşı karşıya kaldığı tespit edilmiştir. Çalışmada biyofilik tasarım yaklaşımı hedef alınarak insan ve doğa arasındaki kaybolan bağın yeniden kurulması amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda İmrahor Vadisi'nin, biyofilik tasarım yaklaşımı ile kentleşmenin getirdiği psikolojik sorunlara karşı çözüm üretebileceği aynı zamanda halkın rekreasyonel ihtiyaçlarını karşılayabilen önemli potansiyellere sahip doğal bir yapı olduğu tespit edilmiştir. İnsan ve doğa arasındaki bağ temel alınarak biyofili kavram, tasarım ve planlama çalışmaları kapsamında biyofilin 14 maddelik parametresi içinde İmrahor Vadisi ve İncesu Deresi değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda Peyzaj Mimarlığı bakış açısıyla çalışma alanına yönelik biyofilik planlama ve tasarım amaçlı çözüm önerileri getirilmiştir. Bu çalışma, Peyzaj Mimarlığı meslek disiplini açısından ülkemizde yapılan ilk örnek çalışmalardan biri olup bir kaynak niteliği taşımaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Ankara, Biyofilik Tasarım, İmrahor Vadisi, İncesu Deresi.

## Evaluation of Ankara Imrahor Valley and Incesu Stream Within Biophilic Design Approach

### Abstract

With the advancing technology, it is seen that the basic connection between man and nature has disappeared over time. A living environment away from nature causes physical and mental health problems. Valleys are the exact equivalent of the concept of nature, which is necessary for human health and life. The valleys, which have significant differences compared to other geographical forms in terms of microclimate conditions, have been preferred as living, production, and settlement places throughout history. The study was carried out in Ankara Imrahor Valley and Incesu Stream. It has been determined that practices contrary to plans were realized in the study area, environmental protection and usage policies were insufficient, and the city faced the danger of losing its natural values due to the negativities brought by the city. The aim of the study is to re-establish the lost link between man and nature by targeting the biophilic design approach. As a result of the study, it has been determined that Imrahor Valley is a natural structure that can produce solutions to the psychological problems caused by urbanization with a biophilic design approach and at the same time meet the recreational needs of the people. Within the scope of biophile concept, design and planning studies based on the connection between human and nature, the Imrahor Valley and Incesu Creek were evaluated within the 14-item parameter of the biophile. As a result of the evaluations, biophilic planning and design solutions were proposed for the study area from the Landscape Architecture perspective. This study is one of the first exemplary studies conducted in our country in terms of the Landscape Architecture professional discipline and is a resource.

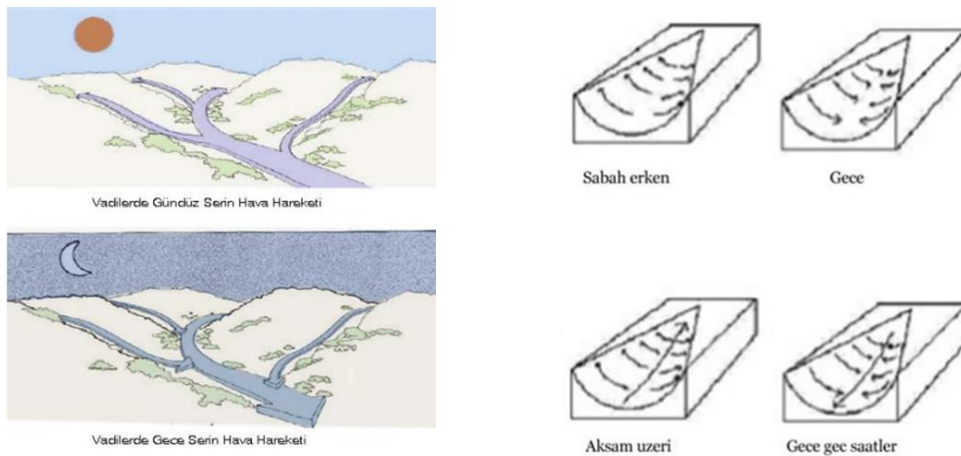
**Key words:** Ankara, Biophilic Design, Imrahor Valley, Incesu Stream

## Giriş

Biyofili kavramına göre insan içinde, tarihler boyu doğaya karşı duyulan ve sonradan öğrenilmeyen içsel bir bağ bulunmaktadır (Fromm, 1964; Wilson, 1984; Tilbury, 1995; Khan ve Peter, 1997; Kellert, 1997; Kellert, 2005). Günümüzün popüler yaşam alanları olarak bilinen modern kavramı adı altında teknoloji ve endüstriye dayalı olarak gelişen kent yapılarının artmasıyla birlikte insan ile doğa arasındaki temel bağ zamanla kaybolmuş ve insanın doğadan uzaklaşması kaçınılmaz olmuştur. Ankara ise, insan ve doğa arasındaki bağın kaybolmasının görüldüğü kent örneklerindedir. Çünkü teknolojik müdahaleler ile hızlı bir değişim süreci yaşamakta ve bu süreç içerisinde insanlara yapay ve sağlıklı bir çevrede yaşama zorunluluğu getirmektedir. Kentteki vadi sistemlerinin de doğal yapısı nüfus artışı, planlara aykırı ve denetimsiz çalışmalar yüzünden her geçen gün tahrip olmaktadır. Kent içinde bulunan doğal yapının zamanla yok olduğu görülen Ankara'da bulunan İmrahor Vadisi ve içinden geçen İncesu Deresi, bu duruma en iyi örnek olmuştur.

Zamanın teknolojisinde ketleşmenin getirdiği olumsuz etkileri iyileştiren, doğayı koruyan, sürdürülebilir, içinde biyoçeşitliliği barındıran, doğayla uyumlu tasarım ve planların gerçekleştiği bir kent olgusuna ihtiyaç doğmuştur (Davey, 2001). Tasarım, planlama ve yönetimde doğayı ön planda tutan biyofilik kentlerdir (Beatley, 2010). Bu yüzden zamanla doğal yapısını kaybetmiş alanların korunması, insan ve doğa arasındaki kaybolan bağın yeniden kurulması yeni bir yaklaşım olan biyofilik tasarım yaklaşımıyla gerçekleştirilmelidir. Kellert ve Calabrese (2015) tarafından, biyofilik tasarım, "kentsel yaşam ortamları yüzünden doğa ve insan arasındaki bozulan bağın yeniden kurulmasını sağlayarak, insanların sağlıklı olmalarını sağlayan, refah düzeylerini arttırmayı amaçlayan yaklaşım" olarak tanımlanmıştır. Bu durumda kent içinde biyofili kavramıyla planlanmış ve tasarlanmış yaşam alanlarına yer verilmesi önemli bulunmuştur.

Bu çalışmada kentin getirdiği olumsuzluklar yüzünden her geçen gün doğasının olumsuz etkilendiği, içerisinden bir akarsuyun geçtiği önemli potansiyellere sahip Ankara kentinde bulunan İmrahor Vadisi, biyofilik tasarım yaklaşımı içinde değerlendirilerek peyzaj mimarlığı bakışıyla incelenmiştir. Çalışma alanının bir vadi olmasının nedeni; biyofilik kent kavramı içinde insan sağlığı ve yaşamı için mutlak gerekli olan doğa kavramını karşılamasıdır. Aynı zamanda ekolojik, biyolojik ve mikroklima koşulları yönünden diğer coğrafi şekillere göre önemli bir farklılığa sahip olması ve vadilerin insan evrimi boyunca yaşam, konaklama, üretim ve yerleşim yeri olarak tercih edilmesinden dolayı çalışma alanı olarak seçilmiştir (Öztaş, 2004). Vadi'ler bir taban ve iki yamaçtan oluşmaktadır. Vadi tabanında bulunan akarsu yatağı ile yamaçlar arasındaki yükseklik farkları vadi içerisinde hava akımlarına neden olmaktadır (Yılmaz, 2009). Akarsu vadileri, lokal hava akımı özellikleriyle diğer ekosistemlere göre farklı iklimsel karakterlere veya mikroklimaya sahiptirler (Şahin, 1996). Şahin'e (1996) göre, günün erken saatlerinde vadi tabanından, vadi yamaçlarına doğru hava akımı hareketi gerçekleşmektedir. Bu hareket vadilerde gece geç saatlerde tersine dönmektedir. Akşamüzeri ve gece geç saatlerde oluşan hava akımı hareketi ise, vadi tabanında bulunan akarsu boyunca bir akarsu kaynağına, bir akarsu ağızına doğru hareketlenmektedir (Şahin, 1996) (Şekil 1).



Şekil 1. Günün değişen zamanlarında görülen vadi içi hava akımları (Robinette, 1983; Şahin, 1996)

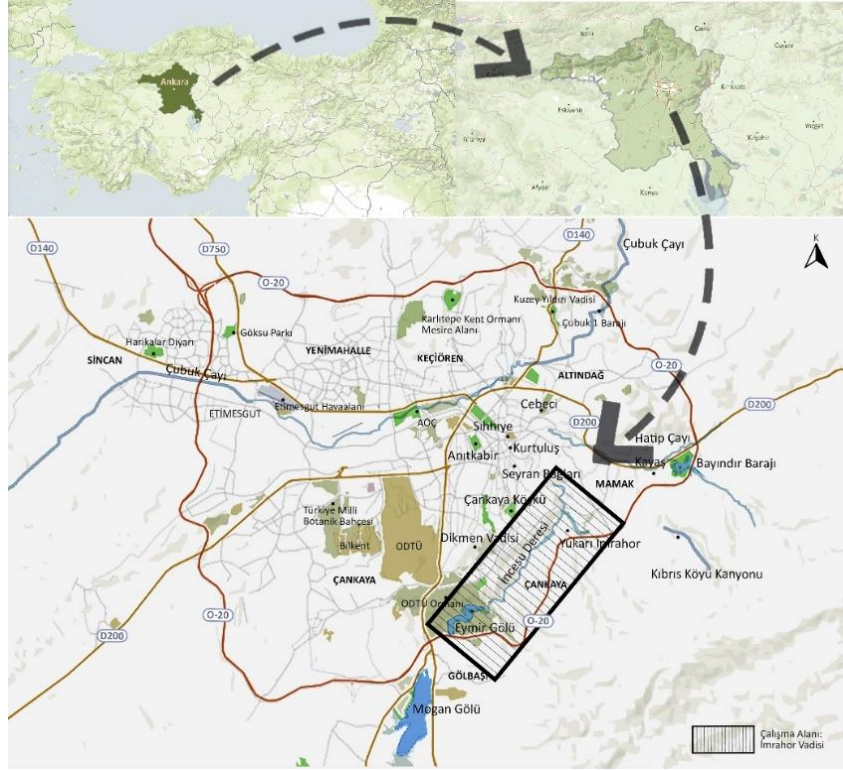
Vadilerde görülen gece ve gündüz rüzgar hareketleri kentlerdeki hava kirliliğinin önlenmesi açısından önemli bir yeri vardır. Kent üzerinde biriken kirli hava, vadilerde oluşan hava hareketleri ile kente doğru taşınır ve böylece kentteki hava kalitesi yükseltilmiş olmaktadır (Yılmaz, 2008). Kısacası kentlerdeki hava kalitesinin korunması ve sürekliliğinin sağlanması vadiler sayesinde olmaktadır. Vadiler, kirlenen kent havasının temizlenmesini sağlarken halkın rekreasyon ihtiyaçlarını karşılamakta, insan sağlığı ve yaşamı açısından hayati önem taşımaktadırlar.

Çalışma kapsamında biyofilik tasarım yaklaşımı ile ilgili pek çok teorik ve uygulama olmasına rağmen peyzaj mimarlığı meslek disiplini içinde İmrahor Vadisi'ne yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Elde edilen bulgular dahilinde araştırma sonuç ve önerilerin başta peyzaj mimarlığı meslek disiplinine ve benzer peyzaj alanlarına rehber niteliğinde katkı sağlaması hedeflenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Çalışmanın ana materyalini; Ankara il sınırları içerisinde yer alan İmrahor Vadisi ve İncesu Deresi oluşturmaktadır. İmrahor Vadisi, Mamak ve Çankaya ilçe belediye sınırları içinde yer almaktadır. İçinde bulundurduğu endemik bitki türleri başta olmak üzere, İncesu Deresi, Eymir ve Mogan gölleri su sistemleriyle bağlantılı olmasıyla da önemli akarsu vadisi özelliklerine sahiptir ve aynı zamanda kent merkezine yakın bir bölgedir (Şekil 2).



Şekil 2. Ankara İmrahor Vadisi ve yakın çevresi (Mapbox, 2020'den değiştirilerek)

Çalışma alanının Ankara İl merkezine uzaklığı 12,6 km'dir. Güneyinde Ankara Çevre Yolu, kuzeyinde İmrahor Köprüsü ve Doğukent Bulvarı ile sınırlanmaktadır. Kuzeydoğusunda 25-30 dk'lık mesafede Bayındır Barajı (Mavi göl) ve güneybatısında 15-20 dk'lık mesafede kalan Mogan ve Eymir Gölü bulunmaktadır. Ankara kent merkezinden gelen İmrahor Vadisi içerisinden geçip Eymir Gölü'ne kadar uzanan önemli ulaşım akslarına sahiptir. Diğer sahip olduğu ulaşım aksları Mühye köyü bağlantıları ve vadi içi ikinci derece yollardır. Ulaşımın oldukça kolay olması, kent ile ilişkisinin rahatça kurulması, bölgenin diğer önemli cazibe merkezlerine yakın olması nedeniyle yöre halkı tarafından tercih edilmesini sağlamaktadır. Bölgenin tarihi dokusuna bakıldığında eski tuğla fabrikalarının varlığı da tarihi bir öneme de sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, paintball ve carting alanları ile mevcut bitki örtüsü ve hayvan varlığı da materyal olarak değerlendirilmiştir.





İmrahor Vadisi'nin turizm ve ekonomik anlamda büyük bir potansiyele sahip olduğu öngörülmektedir. Bu anlamda bölgenin sahip olduğu potansiyeller açısından bilimsel yöntemlerle incelenmesi önem arz etmektedir. Zamanla yerleşim alanlarının artması ve gerçekleştirilen konutlaşma projeleri ile baskılanan İmrahor Vadisi'nin doğal değerlerini kaybettiği tespit edilmiştir. Sahip olduğu potansiyeller ve tehditler bakımından İmrahor Vadisi ve İncesu Deresi çalışma alanı olarak tercih edilmiştir. Bu çalışma, biyofilik tasarım yaklaşımı ile peyzaj mimarlığı meslek disiplini kapsamında İmrahor Vadisi'ndeki alan kullanımlarının değerlendirilmesini içermektedir.

Çalışma materyalini; çalışma alanı, çalışma alanına ait araç ve gereç, konuyla ilgili tanım, kavram ve kapsamı içeren geniş bir literatür çalışması, kitap, makale, yüksek lisans ve doktora tezleri ve bilimsel araştırma proje raporları, yazılı ve sözlü kaynaklar, imar planları ve imar planı tarihli açıklama raporları, yerinde gözlemler, haritalar, fotoğraflar ve uydu görüntüleri oluşturmaktadır.

### **Yöntem**

Çalışmanın yöntemi; literatür araştırması, arazi gözlemi ve verilerin toplanması, veri inceleme, analiz edilme, verilerin değerlendirilmesi ve öneriler getirilmesi aşamalarından oluşmaktadır. Bu kapsamda 'Biyofilik Tasarım' yöntem olarak kullanılmıştır. Biyofilik Tasarım yaklaşımı ile alanın değerlendirilmesi aşamasında Kaya (2019)'nın çalışmasından yararlanılmıştır.

Çalışma alanında arazi gözlem ve çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Biyofilik tasarım yaklaşımı ile alanda geniş bir inceleme ve değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Bu değerlendirme ile birlikte çalışma alanının mevcut alan kullanımlarının biyofilik tasarım yaklaşımı ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Son aşamada, alan kullanımlarının neler olması gerektiğine yönelik bir öneri listesi oluşturulmuştur. Gerçekleştirilen öneriler, peyzaj mimarlığı meslek disiplini planlama ve tasarım ilkeleri doğrultusunda biyofilik tasarım yaklaşımı vadi içi alan kullanımına yöneliktir.

Çalışmanın değerlendirme aşamasında oluşturulan çizelge ile biyofilik tasarım yaklaşımı kapsamında alan üzerinden incelemeler yapılmıştır. Alanla ilgili biyofilik tasarım kavramına yönelik ilke ve öneriler oluşturulmuştur. Bu şekilde elde edilen yeni veriler değerlendirilerek sonuçlara varılmaya çalışılmıştır. Çalışma yöntemine ait biyofilik tasarım yaklaşımı ile alanın değerlendirilmesi aşaması aşağıdaki ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

İmrahor Vadisi için Browning ve ark. (2014) tarafından tanımlanan biyofilik tasarımın on dört parametresi kapsamında bir liste oluşturulmuş ve liste içinde mevcut alan kullanımları tek tek görselleri ile verilerek biyofilik tasarım yaklaşımı ile incelenmiştir. Liste içeriğinde seçilen alanın insan psikolojisi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Oluşturulan liste ile çalışma alanındaki tasarım unsurlarının varlığı tek tek sorgulanmış ve varlığı tespit edilen alanların uygulanabilirliği irdelenmiştir. Biyofilik tasarımın on dört parametresinin, peyzaj mimarlığı meslek disiplini alansal uygulama ve faydaları üzerine bir rehber olması amaçlanmıştır. Seçilen alanın biyofilik sınıflandırma kapsamında incelenmesinden elde edilen bulguların başta peyzaj mimarlığı meslek disiplinine daha sonra İmrahor Vadisi'ne ne yönde faydalı olacağı tablodan görülmektedir.

Son aşamada, genel değerlendirme tablosunun verileri doğrultusunda elde edilen bulgular ile çalışma alanı olarak seçilen İmrahor Vadisi için kullanılabilir bir biyofilik tasarım öneri listesi oluşturulmaya çalışılmıştır.

### **Bulgular ve Tartışma**

#### **Biyofilik Tasarım Yaklaşımı ile Alanın Değerlendirilmesi**

Çalışma alanı, kenti çevreleyen vadiler sisteminin en önemli yeşil akslarından biridir. İmrahor Vadisi, kente temiz hava akımı sağlamak gibi büyük bir potansiyele sahip olmasına karşın gün geçtikçe vadi tabanları ve vadi yamaçlarında bu potansiyeli engelleyen projeler ile karşı karşıya kaldığı görülmektedir. Vadi'nin, biyofilik tasarım yaklaşımı ile kentleşmenin getirdiği psikolojik sorunlara karşı çözüm üretebileceği aynı zamanda halkın rekreasyon ihtiyaçlarını karşılayabilen önemli potansiyellere sahip doğal bir yapı olduğu düşünülmektedir. Bu düşünceden yola çıkarak çalışma alanı biyofilik tasarım yaklaşımına ait 14 tasarım parametresi Çizelge 2'de ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Yapılan araştırmalar ve analizler sonucunda elde edilen bulgular bir bütün olarak değerlendirildiğinde seçilen çalışma alanı biyofilik tasarım anlayışıyla incelenmiştir. Biyofilik tasarımın 14 parametresi kapsamında incelenen listede bir çok parametre tespit edilmiştir. Bunun dışında eksikliği görülen ve tehlikede olan parametrelerin varlığı da dikkat çekmiştir.

Çizelge 2. 14 Biyofilik Tasarım parametresi kapsamında çalışma alanı inceleme listesi

TASARIM PARAMETRELERİ		GÖRSEL	AÇIKLAMA
1	Doğayla Görsel Bağlantı		Alanın topoğrafik yapısından dolayı eğim artmaktadır ve böylece manzara noktaları oluşmaktadır. Yakın çevredeki konutlar vadi manzaralı olarak projelendirilmektedir.
2	Doğayla Görsel Olmayan Bağlantı		Alan, doğayla görsel olmayan bağlantının bireyler tarafından algılanmasına olanak sağlamaktadır.
3	Ritmik Olmayan Duyusal Uyarı		Doğal bir alan olan vadi, barındırdığı ağaçları, çalılırları, çiçekleri ve su sistemleri ile doğada yine kendiliğinden var olan çeşitli canlılar ve ekolojik unsurlar gibi doğal değişkenlerin birlikte olması, ritmik olmayan duyusal uyarıların varlığını göstermektedir.
4	Termal ve Hava Akışı Değişkenliği		Yakın çevredeki yüksek katlı konutlar, vadimin sağladığı temiz hava akımını engellemektedir.
5	Suyun Varlığı		Vadi içerisinde doğal İncesu Deresi bulunmaktadır.
6	Dinamik ve Diffüz Işık		Çalışma alanında köy, ticari işletmeler, otopark gibi farklı birimlere ait yapay aydınlatma elemanları bulunmaktadır. Aydınlatma elemanları yetersiz ve uyumsuz bulunmuştur.
7	Doğal Sistemlerle Bağlantı		Alanın kendisi doğal bir sistemdir. Mogan gölü ile Eymir gölüne doğal bir su sistemi içerisinde bağlı bulunmaktadır.
8	Biyomorfik Formlar ve Desenler		Alanın topoğrafik yapısı biyomorfik form ve desenlere örnek oluşturmaktadır.
9	Doğa ile Malzeme Bağlantısı		Vadi sistemi içerisinde sadece araç yolu bulunmaktadır. Zemin kaplama malzemesi olarak doğal malzeme olmayan asfalt kullanılmıştır.
10	Karmaşıklık ve Düzen		Öneri tasarımlar ile karmaşıklıkların düzene kavuşturulması sağlanabilir.
11	Olasılık		Öneri tasarımlar sonucunda gözetleme kuleleri ile olasılık parametresi sağlanabilir.
12	Sığınak		Eski tuğla fabrikaları sığınak olarak önerilmektedir. Ancak mevcut durumu kullanılabilir halde değildir.
13	Gizem		Eski tuğla fabrikaları alandaki gizemi arttırmaktadır.
14	Risk - Tehlike		Vadideki kontrolsüz hayvan varlığı risk oluşturmaktadır.



Biyofilik tasarım anlayışıyla İmrahor Vadisi'ne bakıldığında; çalışma alanında doğal sürecin devam ettiği fakat insan olgusuyla bir araya henüz gelemediği görülmektedir. Gün geçtikçe alandaki yapısal alanların kapladığı alan büyümekte, doğal alan azalmakta ve doğaya olan zarar artmaktadır. Bu durum biyofilik tasarım yaklaşımıyla çelişmektedir. Alanda karmaşık ve düzen, olasılık öğeleri bulunmamaktadır. Alandaki eski tuğla fabrikaları biyofilinin gizlilik ilkesini karşılamaktadır. Eski tuğla fabrikaları insanlar üzerinde geçmişe karşı merak uyandırmakta ve ilgi çekmekte, aynı zamanda gizem duygusunu harekete geçirmektedir. Önemli temiz hava koridorlarından biri olan İmrahor Vadisi, gerçekleştirilen konutlaşma projeleri ile biyofilinin termal ve hava akışı değişkenliğini engellemekte ve kentin mikroklimasını olumsuz yönde etkilemektedir. Alan içerisinde paintball, carting gibi geçici aktivite alanları bulunmaktadır. Çocukların doğayı deneyimleyebileceği doğal malzemelerle tasarlanmış aynı zamanda görme, dokunma, koklama ve duyma gibi duyu organlarının gelişimini sağlayan çocuk oyun alanlarına rastlanılmamıştır. Kısaca doğa içinde gerçekleşen ya da doğa temalı aktivite alanları bulunmamaktadır. Araç yolları dışında yaya yürüyüş ve gezinti yolları gibi ulaşım aksları da yer almamaktadır. Doğal malzemeli herhangi bir ulaşım aksına rastlanılmamıştır. Araç yollarının malzemesi ise asfalttır. Alanın genelinde koruma ve kullanım kararları alınmadığını söylemek mümkündür. Bundan dolayı biyofilideki doğal malzeme kullanımı ve sürdürülebilirlik ilkelerini karşılamamakta olduğu anlaşılmaktadır. Alanın bitkisel özellikleri incelendiğinde; endemik bitkilerin olduğu tespit edilmiştir. Fakat inşaat malzemelerinin çalışma alanı içine bilinçsizce depolanması başta endemik bitkiler *Solanum cornutum* Lam. (İtüzümü), *Verbascum stachydidifolium* var. *adspersum* (Sığır kuyruğu), *V. ancyritanum* (Sığır kuyruğu) ve *V. stenostachyum* (Sığır kuyruğu) olmak üzere diğer bitkilerin de zarar görmesine neden olmaktadır. Alandaki mevcut doğal bitki örtüsü ve İncesu Deresi'nin varlığı insanlar ve doğa arasındaki görsel ve görsel olmayan bağlantıyı kurmaktadır.

### Sonuç ve Öneriler

Biyofililiyi temel alan ve doğanın iyileştirici gücünden yararlanan yurtiçi ve yurtdışı uygulama örnekleri bulunmakla birlikte ülkemizde bu konuda mimari ve iç mimarlık meslek disiplinlerinde uygulama çalışmalarına rastlanılmasına rağmen peyzaj mimarlığı meslek disiplinini ilgilendiren mekanlarda uygulanan başarılı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu durumun en önemli sebepleri; meslek çalışmalarının ve eğitim kurumlarının müfredatlarının bu konuda yetersiz oluşu, çalışan meslek gruplarının konu hakkındaki bilgi eksikliği ile birlikte tasarımlar gerçekleştirilmesi, karar verici ve uygulayıcı mekanizmalarca peyzaj alanlarına yeterli önem verilmemesi, halkın doğanın iyileştirici gücü ve doğa koruması gibi konulardaki bilinç eksikliğinin bulunması vb sayılabilir. Bu konuda bilincin yükseltmesi ile gerçekleştirilecek politikalar kapsamında biyofilinin teoride kalmayarak, uygulanmış projelerin ülkemizde de görüleceği ve sayısının artacağı düşünülmektedir. İmrahor Vadisi gibi benzer nitelikte doğal alanların korunması adına peyzaj mimarları ve diğer meslek gruplarının planlama ve tasarım alanında biyofililiyi temel alan ortak çalışmalar yürütülmeli, biyofilik planlama kararları ve tasarım yaklaşımları ele alınmalıdır. Biyofilik planlama ve tasarım sosyal, psikolojik, ekonomik, turizm, sağlık, çevre gibi farklı konular ve farklı meslek disiplinleriyle çalışılarak ülke ölçeğinde uygulanabilirliği daha kapsamlı bir şekilde irdelenmelidir. Daha faydalı peyzaj alanları gerçekleştirebilmek için şehirler biyofilik yaklaşımla planlanmalı ve bütün peyzaj alanlarında biyofilik tasarım yaklaşımları altında incelemeler yapılmalı ve tasarımlar bu yönde gerçekleştirilmelidir.

Çalışma kapsamında kentlinin dış mekandaki gereksinimlerine cevap verebilecek aktif ve pasif etkinliklere olanak tanınmıştır. Rekreasyonel, estetik ve terapik açıdan kullanım uygunluğu, günün stresinden uzaklaşıp ruhsal iyileşme, sosyalleşme olanağı tanınması, flora ve fauna varlığı ile ekosistemin korunması gibi bir çok fayda sağlayacaktır. Aynı zamanda korunması sağlanmış ve biyofilik tasarımların gerçekleşeceği öngörülen, çevreyle uyumlu kentsel turizm faaliyetlerine de katkı sağlayacağı ön görülmektedir. Sunulan önerilerin gerçekleştirilmesi durumunda kentin çekiciliğinin ve tanıtımının önemli miktarda artacağı beklenmektedir. İmrahor Deresi, Ankara için önemli ekolojik ve su sistemlerindedir. Mevcuttaki dere ıslah edilerek genişletilme çalışmalarına gidilmelidir. Ekoloji, doğa koruma ve kullanımı, biyofili ve turizm konularında önemli bir yere sahip olan dere, kentin ekolojik ve su sisteminin önemli bir halkasıdır.

### Çizelge 3. Tasarım Öneri Listesi

TASARIM ÖNERİLERİ	MEVCUT DURUM	ÖNERİ TASARIM	TASARIM ÖNERİLERİ	MEVCUT DURUM	ÖNERİ TASARIM
1.Su kenarı alışıp malzemeli yürüyüş yolları			7.Hobi Bahçeleri		
"Suyun varlığı", suya yakın olabilmek fikri insan psikolojisi ve sağlığı için hem biyofili açısından hem de tasarımı açısından önemlidir. Su kenarı alışıp malzemeli yürüyüş yolları suya yakın merdivenler ve su kenarında alışıp deck önerileri verilmiştir. Suyun sesi biyofili tasarımıdaki "ritmik olmayan duysal uyarı", suyun varlığı "doğayla görsel bağlantı" ve "doğayla görsel olmayan bağlantı" maddelerine karşılık gelmektedir.			Biyofiliye göre toprağı kazmak, bitkilerle yakınlık kurmak gibi doğaya ait faaliyetlerin gerçekleştirilmesi insan sağlığı açısından olumlu sonuçlar doğurmaktadır. Bu bağlamda özel olarak tasarlanmış hobi bahçeleri dışında kişinin her yerinden gelen her yaş grubu için düşünülmüş hobi bahçeleri önerilmektedir. Bu tema kapsamında kaybedilmiş üretme becerisi, kaybedilmiş paylaşma duygusu, kaybedilmiş tüm bağların yeniden doğa sayesinde onarılacağı düşünülmektedir.		
2.Köprü			8.Özel Doğaya Dokun Alanı		
Mevcuttaki alanı daha etkin kullanabilmek adına doğal malzemeler ile tasarlanmış mevcut doğal dokuya zarar vermeden insanların doğa içerisinde mevcut su varlığını üzerinden geçerek, yaşa sirkülasyonunun aktif kullanılacağı köprüler önerilmektedir. Köprü önerisi, su kenarı yürüyüş yolları ve alışıp deckler destekleyici tasarım önerilerindedir.			14 maddelik biyofili parametresinin içerisinde yer alan "ritmik olmayan duysal uyarı" parametresine örnek olarak özel doğaya dokun alanı önerisinde bulunmaktadır. Kamusal alanlarda da doğa ile yakın temasta bulunabilecek bireylerin, doğada kendiliğinden var olan kış sesleri, güney, hava gibi doğal değişiklikler ile birlikte tasarlanan bitkisel tasarımlarla desteklenerek doğaya yakın olacakları alanların tasarlanması önerilmektedir. Buradaki amaç kalabalık içerisinde de kendini doğaya yakın hissetmek olmuştur.		
3.Doğa İçi Yürüyüş Yolu			9.Açık ve Kapalı Sığınak Alanları		
İmrahor Vadisi ekolojik açıdan son derece önemli doğal bir sistemdir. Ankara'nın iklimsel özellikleri ve çevre tahribat çalışmalarından dolayı mevcut bitki varlığı yoğun bulunmamaktadır. Bu yüzden alana yapılacak tasarımlar, mevcut bitki varlığını arttırmalıdır. Gerçekleştirilecek tasarımlarda zaman algısı kriteri de göz önüne alınmalıdır. Uzun yıllar içinde büyüyen mevcut ormanlarla birlikte doğal malzemeli doğa içi yürüyüş yolları önerilmektedir.			Açık sığınak alanlarının yanı sıra doğal malzemeler ile tasarlanmış oturma, dinlenme ve sığınma amaçlı kullanılan, her mevsime uygun düşünülen kapalı sığınak alanı tasarımı önerilmektedir. Eski çağlardaki sığınma alanlarına benzeyen bu sığınaklar insanın evrimsel olarak var olan iç güdüsündeki doğa sevgisini yeniden onaracağı düşünülmektedir.		
4.Seyir Terası ve Seyir Kulesi			10.Tarihi Tuğla Fabrikası Önü Yansıyan Su Bölgesi		
Alanın mevcut topografik durumu önemli seyir noktalarının tasarımına yer vermektedir. Doğal malzemeler ile tasarlanacak seyir terasları dışında seyir kulesi tasarımı önerileri de verilmektedir. İnsanlığın uyanma, merak, doğada var olabilmek iç güdülerini karşılayan seyir kulesi tasarımı önerisi seyir terasları gibi biyofili temelli 14 maddesinin içerisinde "doğa ile malzeme bağlantısı", "doğayla görsel bağlantı" ve "olasılık (gözetleme)" maddelerini tamamlayacağı düşünülmektedir.			Bireylerin doğa ile iç içe oldukları tasarımlardan sonra sembolik olarak bir kaç tasarıma ihtiyaç vardır. Örneğin; ışık, bitki, ve zaman algısına dayanan ve bahçe sanatının temellerini yansıtan, değişen ışık koşullarına, sıcaklık ve nemdeki dalgalanmalara, yağışa ve buharlaşmaya duyarlı olan atmosferik bir yansıyan su bölgesi tasarımı önerilmektedir. Suyla dolu olan tasarımlar, çevresindeki doğanın var olan güzelliklerini yansıtarak doğanın kendisine dönüşmesini sağlayacaktır. Yeni bir yaşamın gelişmesine ve büyümesine yol açacaktır.		
5.Bitkisel Tasarım			11.Gizemli Su Bölgesi		
Çalışma alanı kapsamında eğimin uygun görüldüğü yerlerde çim anfü veya uygun bitkisel tasarım önerileri getirilmektedir. Mevcut topografyaya uygun olarak yapılan öneri tasarımların, doğayı korusun ve uygun kullanılmasını açısından önemli bulunmaktadır. Çalışma alanı içerisinde yol kenarlarında ve eğimli alanlarda, su kenarında ve hatta su içinde sucul bitkisel tasarım önerileri getirilmelidir.			Yansıyan su bölgesi önerisi dışında suyun varlığını ve önemini anlatan başka bir sanatsal sergi alanı önerilmektedir. Biyofili temelli 14 maddelik parametresindeki "suyun varlığı", "risk ve tehlike", "gizem" ve "doğal sistemlerle bağlantı" maddelerini içermektedir.		
6.Biyomorfik form ve desenli mekanlar			12.İmrahor – Mamak Viyadüğü		
Biyofili temelli önemli parametrelerinden biri de "biyomorfik formlar ve desenler" dir. Bu parametre, doğada var olan bir çiçeğe ait desenin bir tasarıma aktarılması ya da doğanın farklı topografik özelliklerinin gerçekleştirilen veya gerçekleştirilecek tasarımlara uygulanması durumudur. Önerilen bu parametrenin önemli, doğayı taklit eden ve doğadan ilham alan tasarımlara öncül olmaktadır.			Çalışma alanının kuzeydoğusunda yer alan İmrahor-Mamak Viyadüğü çalışma alanının sınırları içerisinde kalmak ve çevresi tamamen kırsal bırakılmaktadır. Alan son derece karmaşık ve düzensizdir. Gerçek yönlendirme/bilgilendirme tabelalarının eksikliği gerek aydınlatma elemanlarının tehlikeli olduğu alanda yeni bir tasarımla getirilmesi düşüncesini doğurmuştur. Alanın daha düzenli ve okunur olması açısından önemli bulunan tasarım düşüncesi içerisinde; doğaya daha yakın bir bitkisel tasarım örgüsü yer almaktadır.		

Dere potansiyelinin artırılması ve bölgesel, bölgesel ve yerel olarak tanıtılması teşvik edilmelidir. Su kenarı doğal malzemeli yürüyüş yolları, doğa içi yürüyüş yolları, köprü, seyir terası ve seyir kulesi, bitkisel tasarım, biyomorfik form ve desenli mekanlar, hobi bahçeleri, özel doğaya dokun



alanı, açık ve kapalı sığınak alanları, tarihi tuğla fabrikası önü yansıyan su bahçesi, gizemli su bahçesi, İmrahor-Mamak viyadüğü Çizelge 3’de Tasarım Öneri Listesi’nde mevcut durum ve öneri tasarım alanları ile birlikte açıklamalarına yer verilmiştir. Liste dışında çalışma alanına bakıldığında henüz bireylerin kullanımına açık bir yer değildir. Geçici bir kaç aktive alanı dışında sürekli bir aktive alanına rastlanılmamıştır. İmrahor Vadisi’ne yönelik gerçekleştirilen tasarım önerilerinden biri de çocuk oyun alanları olmuştur. Burada dikkat edilen kriter çocuk oyun alanlarının tamamen doğal malzemelerden, ahşap görünümlü bir malzeme değil, gerçek bir ağaç kütüğünden yapılmış oyuncakların kullanılması olmuştur. İlerleyen teknoloji ile doğadan bağı kopmuş çocukların yeniden kopan bağlarını iyileştirmek adına tırmanabilecekleri, temiz oksijen alabilecekleri, oynarken aynı zamanda öğrenebilecekleri alanların tasarımı önerilmektedir.

Tedavi edici olarak kabul edilen ‘doğanın’ iyileştirici gücünden yararlanmak adına İmrahor Vadisi’nde bir bahçe tasarımı önerilmektedir. Önerilen bahçe herhangi bir aktivite alanından uzak, bireylerin kendilerini iyi hissettikleri, bitkiler ile uğraşabilecekleri ve gerekli aktiviteleri yapabilecekleri bir terapi bahçe türüdür. Öneri terapi bahçesi gizli tasarlanmış bir konumdadır. Terapik gizli bahçe, biyofilinin ‘gizem’, ‘karmaşık ve düzen’, ‘doğal sistemlerle bağlantı’, ‘ritmik olmayan duysal uyarı’, ‘termal ve hava akışı değişkenliği’, ‘doğayla görsel olmayan bağlantı’ gibi pek çok maddesini karşılamaktadır.

Biyofiliye göre doğada spor yapan insanların kapalı alanlarda spor yapan insanlara göre daha sağlıklı, daha mutlu ve daha enerjik hissettikleri yapılan araştırmalarda tek tek kanıtlanmıştır. Bundan dolayı tüm alanı kapsayan doğa içi yürüyüş yolları, koşu yolları ve bisiklet yolu önerileri getirilmiştir. Tasarım önerileri kapsamında çalışma alanının hemen her noktasında, her alanında görülebilecek kent mobilyaları da önemli bir kriterdir. Oturma- dinlenme elemanları, aydınlatma elemanları, yönlendirme-bildilendirme tabelaları, çöp vb. tamamının doğal malzemeli olmasına dikkat edilmelidir. Bir çok kullanıcıya ev sahipliği yapacağı düşünülen çalışma alanında yeşil bir otopark önerisi getirilmesi de kaçınılmaz olmuştur.

**Not:** Bu makale birinci yazarın yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

### **Kaynaklar**

- Beatley, T., 2010. Biophilic cities: integrating nature into urban design and planning. What are biophilic cities. Washington. DC: Island Press, 191p.
- Browning, W.D., Ryan, C.O. ve Clancy, J.O., 2014. 14 Patterns of biophilic design-improving health & well-being in the built environment. New York: Terrapin Bright Green. LLC., 60p.
- Davey, P., 2001. Designing our future. Architectural Review. 209 (1247): 26-27.
- Fromm, E. O., 1964. The Heart of man: Its genius for good and evil. Harper&Row Paper back Edition Publisher. 65p.
- Kaya, H., 2019. Biyofilik tasarım ve iyileştiren mimarlık: Çocuk hastaneleri üzerine bir değerlendirme. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 129s.
- Kellert, S. R., 2005. Building for life: Designing and understanding the human- nature connection. Washington, DC: Island Press., 250p.
- Kellert, S.R., 1997. Kinship to mastery: Biophilia in human evolution and development Washington. DC: Island Press.
- Kellert, S.R., Calabrese, E., 2015. The practice of biophilic design. University of Vermont, Press., 25p.
- Khan, J.R., Peter, H., 1997. Developmental psychology and the biophilia hypothesis: Children's affiliation with nature. Developmental Review. 17(1), 1-61.
- Öztan, Y., 2004. Yaşadığımız çevre ve peyzaj mimarlığı. Tisamat Basım Sanayi, Ankara.
- Şahin, Ş., 1996. Dikmen vadisi peyzaj potansiyelinin saptanması ve değerlendirilmesi üzerine bir araştırma. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Doktora Tezi. 175s.
- Tilbury, D., 1995. Environmental education for sustainability: defining the new focus of environmental education in the 1990s. Environmental Education Research. 1(2): 195- 212.
- Wilson, E.O., 1984. Biophilia, the Human bond with other species. Harvard University Press, Cambridge (Massachusetts). 157p.
- Yılmaz, T., 2008. Büyükesat Vadisi’nin kent peyzajı ve tasarımı kapsamında incelenmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Doktora Tezi. 153s.
- Yılmaz, T., 2009. Vadilerde fiziki yapıya bağlı bitkilendirme olanakları, Ankara Büyükesat Vadisi örneği. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi. 1(1).



Araştırma Makalesi/Research Article

## Anadolu'ya Ait Yerel Mısır Popülasyonlarının Protein Bant Dizileri Yardımıyla Karakterizasyonu

Şule Akbulut<sup>1\*</sup>  Fatih Kahrıman<sup>2</sup>  Cem Ömer Egesel<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı, Çanakkale/Türkiye

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Çanakkale/Türkiye

<sup>3</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Çanakkale/Türkiye

\*Sorumlu yazar: suleakbulut11@gmail.com

Geliş Tarihi: 23.07.2020

Kabul Tarihi: 31.05.2021

### Öz

Mısır (*Zea mays*) insan ve hayvan beslenmesinin yanı sıra endüstrinin çok farklı kollarında da geniş bir kullanım alanına sahip önemli bir tahıl türüdür. Mısır tanesinin kimyasal bileşiminin bir kısmını oluşturan protein miktarı çevresel ve genetik faktörler sonucu değişmekle birlikte ıslah çalışmaları yardımıyla ihtiyaca yönelik olarak modifikasyona tabi tutulabilir. Yerel mısır popülasyonlarının protein miktarı ve protein fraksiyonları bakımından genetik çeşitliliğinin ve tanelerindeki kimyasal bileşimin değişkenliğinin saptanması oldukça önemlidir. Bu çalışmada yerel mısır popülasyonlarına ait 120 genotipte tanedeki albumin-globulin, glutelin ve zein içerikleri kantitatif olarak belirlenmiştir. Ayrıca, seçilen 30 genotipin SDS-PAGE analiziyle protein fraksiyonları moleküler ağırlıklarına göre tespit edilmiş ve kümeleme yöntemiyle istatistiksel olarak aralarındaki ilişkileri ortaya koyan bir dendrogram elde edilmiştir. SDS-PAGE analizi sonucu oluşan bantlar, albumin-globulin için 5-83 kDa arasında, glutelin için 9-71 kDa arasında, zein için 4-72 kDa arasında bulunmuştur. Protein fraksiyonları için kümeleme analizi ile oluşturulan akrabalık ağaçlarında genotipler ikişer ana grupta toplanmıştır. Kümeleme analizinin bir sonucu olarak, albumin-globulin için en benzer genotipler TR50515 ve TR38232 iken, zein ve glutelin için en benzer genotipler TR38451 ve TR44385'tir. Elde edilen veriler sonucu yerel mısır popülasyonlarının oldukça geniş bir varyasyona sahip olduğu ortaya koyulmuş ve farklı protein kalite özelliklerine sahip çeşitlerin geliştirilmesi için yürütülecek ıslah çalışmalarında kullanılabilecek genotipler tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Mısır, Albumin-globulin, Zein, Glutelin

### Characterization of Anatolian Maize Landraces by Protein Band Sequences

#### Abstract

Maize (*Zea mays*) is an important cereal species that has a wide application in many different industries along with its global use as food and feed. Although the ratio of protein, which forms part of the chemical composition of maize grain, changes due to environmental and genetic factors, it can be modified according to needs with the help of breeding studies. Determining the genetic variability of landraces and the variation of chemical compounds in the grain are of importance for breeding purposes. In this study, the contents of albumin-globulin, glutelin and zein in corn grains of 120 genotypes belonging to local maize populations were determined quantitatively. Additionally, protein fractions of 30 selected genotypes were classified according to their molecular weights by SDS-PAGE analysis, and a dendrogram was obtained to show the statistical relationships among them through the clustering method. The bands formed by SDS-PAGE analysis were between 5-83 kDa for albumin-globulin, 9-71 kDa for glutelin, and 4-72 kDa for zein. Genotypes were collected in two main groups in similarity trees created by cluster analysis for protein fractions. As a result of the cluster analysis, the most similar genotypes for albumin-globulin were TR50515 and TR38232, while the most similar genotypes for zein and glutelin were TR38451 and TR44385. It has been revealed that the local maize populations have a quite wide variation and the genotypes that can be used in breeding studies to develop varieties with different protein qualities have been identified.

**Keywords:** Maize, Albumin-globulin, Zein, Glutelin

#### Giriş

Mısır genetik değişkenliği oldukça geniş olan bir bitki olmakla beraber, tropikal, subtropikal ve ılıman tarımsal bölgeleri kapsayan çok çeşitli çevresel koşullar üzerinde dünya çapında başarıyla yetiştirilmektedir. Tek yıllık bir C4 bitkisi olması nedeniyle fizyolojik olarak verimli olmasının yanı



sıra farklı çevrelere adaptasyonu da üst seviyededir. Son zamanlarda modern dünyanın yaygın kullanılan gıda bitkisi ve çok yönlü kullanılan en önemli tahıllardan biri haline gelmiştir. İnsan beslenmesinde buğday ve çeltikten sonra en çok kullanılan bitkidir (Özcan, 2009; Patel ve ark., 2018).

İnsan beslenmesinde mısır önemli bir protein kaynağıdır, ancak esansiyel amino asitlerin, özellikle lizin ve triptofanın düşük miktarda bulunması nedeniyle düşük protein kalitesine sahiptir (Shewry, 2007). Mısır tohumları %8-10 protein içerir ve bunların %70'i depo proteinleri olarak sınıflandırılır. Farklı kimyasal ortamlardaki çözünürlüklerine göre, endosperm proteinleri albuminler, globulinler, glutelinler ve prolaminler olarak dört gruba ayrılır (Flint-Garcia ve ark., 2009; Wu ve Messing, 2014). Bu gruptan albumin ve globulinler tuzlu su ortamında, glutelinler asit ortamda ve zeinler ise alkolde çözünen bileşenlerdir. Ayrıca glutelinler moleküler ağırlıklarına göre genellikle yüksek moleküler ağırlıklı (HMW-GS; 80-120 kDa) ve düşük moleküler ağırlıklı (LMW-GS; 30-80 kDa) olarak 2 gruba ayrılır (Galova ve ark., 2011).

Mısır tanesinin protein kalitesi tohum endospermde oldukça fazla bulunan prolaminlere (zeinlere) bağlıdır. SDS-PAGE yöntemiyle tanımlanan zeinler çözünürlükleri ile yapısal ilişkilerine göre  $\alpha$ -zeinler (22 ve 19 kDa),  $z$ -zeinler (15 kDa),  $\gamma$ -zeinler (27, 16 ve 50 kDa) ve  $\delta$ -zeinler (10 ve 18 kDa) olarak 4 farklı sınıfa ayrılırlar (Spalekova ve ark., 2019). Zeinler dışındaki tüm fraksiyonlar amino asit içeriği bakımından dengelidir ve lizin ile triptofan bakımından oldukça zengindir. Diğer proteinlerin oranını büyük ölçüde değiştirmeden lizin eksikliği olan DNA fraksiyonunun baskılanması, mısır tanesinde amino asit dengesinde iyileşme sağlamak için uygulanabilir bir yaklaşım olarak görülebilir (Priya ve ark., 2014). Şimdiye kadar mısırdaki protein kalitesinin düzelmesi, endosperm modifikasyonlarının yanı sıra kaliteli protein mısırının (QPM) gelişmesine yol açan resesif opak2 (*o2*) mutanlığı sayesinde olmuştur. Homozigot *o2* mutanlığı, endospermde zein miktarında bir azalmaya ve doğal olarak daha yüksek seviyelerde lizin ve triptofan içeren, zein dışındaki diğer proteinlerin oranında bir artışa neden olmaktadır (Gibbon ve Larkins 2005). Nitekim mısırdaki protein kalitesinin iyileştirilmesi esansiyel amino asitlerin artırılmasına yönelik bir ıslah stratejisi ile mümkündür (Prasanna ve ark., 2001). Bu nedenle protein kalitesi yüksek mısırların geliştirilmesine olanak sağlayabilecek genetik kaynakların taranması ve ümitvar olanların belirlenmesi zorunlu hale gelmiştir (Pfunde ve ark., 2015)

Birim alan veriminde hibrit çeşitler ve modern tarım teknolojileri sayesinde oldukça önemli artışlar meydana gelmiştir. Mısırın 2007 yılında dünyadaki üretimi 792 milyon 732 bin ton iken, 2019'da 1,149 milyar tona çıkmıştır (Özcan, 2009; Anonim, 2020). Türkiye'de ise 2020 yılında mısır bitkisinin ekiliş alanı 692 bin hektar ve üretim miktarı 6,5 milyon ton'dur (Anonim, 2021). Verimin yanı sıra mısırdaki kalite özelliklerinin geliştirilmesi birçok ıslah programının hedefleri arasındadır (Egesel ve Kahrıman, 2012). Mısırın çok yönlü kullanım alanına sahip olması bu bitki ile ilgili yapılacak çalışmalara duyulan ihtiyacı artırmaktadır. Yerel popülasyonlar, çevre ile birlikte sürekli evrimleştiklerinden yerel popülasyonların bulunduğu mısır tarlaları, hibrit çeşitlerin verimlerinin artırılması, hastalıklara ve diğer stres faktörlerine karşı dayanıklılık açısından performansını iyileştirmek için kullanılacak yeni yararlı alellerin potansiyel kaynağını oluşturmaktadırlar (Shanbao ve ark., 2009). Yerel popülasyonların metabolik özelliklerinin bilinmesi ekonomik değerlerinin de artırılmasına katkı sağlayabilmek için oldukça önemli bir adımdır (Uarrota ve ark., 2011). İstenen özellik bakımından üstün genotiplerle ilgili ıslah çalışmaları yapmak için genetik çeşitlilik esastır. Genetik çeşitliliğin belirlenmesi ve genotip tanımlamada moleküler belirteçlerin uygulanması, seleksiyon etkinliğini artırarak ıslah programlarını da hızlandırmaktadır (Agarwal ve ark., 2008; Muhammad ve ark., 2017). Mısır genetik kaynaklarının SDS-PAGE yöntemi ile genetik çeşitliliğinin belirlenmesi amacıyla farklı ülkelerin yerel mısır genotipleri üzerinde çeşitli araştırmalar yürütülmüştür (Vivodik ve ark., 2016; Spalekova ve ark., 2019). Türk yerel mısırlarına yönelik bu yöntem ile bazı araştırmalar yapılmış olsa da (Ünlü ve ark., 2018) bu genetik kaynaklarda protein fraksiyonlarının kantitatif ve kalitatif varyasyonları ile ilgili kapsamlı araştırmalara ihtiyaç vardır.

Bu çalışmanın amacı Türkiye'nin farklı yörelerinden toplanmış yerel mısır popülasyonlarının protein oranı ve protein fraksiyonları bakımından mevcut varyasyonunu incelemek ve bu bileşenler bakımından farklı değerlere sahip (yüksek, orta, düşük) popülasyonların SDS-PAGE yöntemi ile genetik yakınlıklarını araştırmaktır. Ayrıca incelenen protein fraksiyonlarının kalıtımına ilişkin değerlendirmeler ile ileride bu materyallerden hangi alanlarda faydalanabileceğinin belirlenmesi hedeflenmiştir.



## Materyal Yöntem

### Bitkisel Materyal

Bu çalışmada Karadeniz, Marmara, Ege, Güney Doğu Anadolu, Akdeniz, Doğu Anadolu bölgelerindeki at dişi ve sert tane yapısına sahip köy popülasyonlarından farklı sayılarda alınan 120 genotip kullanılmıştır. Standart çeşit olarak ise yedi adet ticari hibrit çeşit kullanılmıştır. Kullanılan yüz yirmi genotip içerisinde protein ekstraksiyonu sonrası belirlenen albumin-globulin, glutelin ve zein miktarlarına bakılarak her bir özellik için düşük, orta ve yüksek değerlere sahip 10'ar (toplam 30) genotip seçilmiş ve SDS-PAGE analizinde kullanılmıştır.

### Protein Ekstraksiyonu

Mısır endospermünde bulunan protein fraksiyonları için sırasıyla; albumin-globulin için 0,5 *N* NaCl solüsyonu, glutelin için %70 etanol ve %2 β- merkaptotanol, zein için %1 SDS ve %2 β- merkaptotanol solüsyonları hazırlanmıştır. Yağdan ve nemden uzaklaştırılan endosperm unları eppendorf tüplerin içine 100 mg olacak şekilde hassas terazide tartılarak koyulmuştur. Tüplerin içindeki örneklerin üzerine hazırlanan ekstraksiyon tamponları sırasıyla eklenerek 1 saat boyunca çalkalayıcı yardımıyla çalkalanmış ve iki kez ekstrakte edilmiştir. Albumin ve globulinler 4 °C'de, zein ve glutelin ise 22 °C'de ekstrakt edilmiştir. Numunenin ve ekstraksiyon tamponunun karışımları 10.000 g'de 10 dakika süreyle santrifüje tabi tutulmuştur. Aynı fraksiyondan gelen süpernatantlar toplanmış ve boya bağlama yöntemi ile konsantrasyonlar için ölçülmüştür. Zeinler ve glutelinler, referans olarak zein kullanılarak albumin ve globulinler, referans olarak albumin kullanılarak Bradford protein testi ile ölçülmüştür. Tüm bu işlemlerin devamında üst fazlardan alınan her bir fraksiyonun süpernatantlarından elde edilen ekstaktlardan 5µl alınarak üzerine 200 µl Bradford solüsyonu eklenmiş ve mikropilaka içindeki haznelere koyularak mikropilaka okuyucuda 595 nm'de absorbans değerleri kayıt altına alınmıştır.

### SDS-PAGE

Sodyum Dodesil Sülfat varlığında Poli Akrilamid Jel Elektroforezi için öncelikle gerekli solüsyonlar hazırlanmıştır.

%10'lük Amonyum persülfat: 1 g amonyum persülfat 10 ml saf su içerisinde çözdürülerek hazırlanmıştır.

Stacking jel solüsyonu (4X): 60,5 g tris base 850 ml saf su içerisinde çözdürülerek ve pH'ı HCl ile 6,8'e ayarlandıktan sonra son hacim 1000 ml'ye tamamlanmıştır.

%30'lük Acrylamide solüsyonu: 29,22 g acrylamide ve 0,78 g bisacrylamide 100 ml saf su içerisinde çözdürülmüştür.

Resolving jel solüsyonu (4X): 181,5 g tris base 850 ml saf su içerisinde çözdürülerek ve pH HCl ile 8,8'e ayarlandıktan sonra son hacim 1000 ml'ye tamamlanmıştır.

10X Running buffer: 30 g tris base, 144 g glisin ve 10 g SDS tartılarak 1000 ml saf su içerisinde çözdürülür. Her kullanım için 500 ml running buffer ve 4500 ml saf su karıştırılmış ve elektroferez tankı 5 litre running buffer ile doldurulmuştur.

Stok 4X yükleme tamponu: 4 ml gliserol, 2 ml mercaptoethanol, 1,2 g SDS, 5 ml 4X stacking solüsyonu, 0,03 g bromofenol karıştırılmış ve -20 °C'de saklanmıştır.

Santrifüjde ekstrakte ettiğimiz örneklerin üst fazından aldığımız süpernatantlardan elde edilen kısımdan 250 µL alınmıştır. Albumin-globulinler için %15'lik çözücü jel ve tankın üst kısmına eklenecek olan %4'lük ayırma jeli hazırlanmıştır. Zeinler için ise %12'lik çözücü jel hazırlanmıştır. Elektroferez tankının içinde iki ayrı jel koşturması için her birinden 2 jel karışımı hazırlanmıştır.

Çizelge 1. Elektroferez için gerekli jellerin hazırlanmasında kullanılan solüsyonlar

%4'lük Ayırma Jeli	%12'lik Çözücü Jel (Zeinler için)	%15'lik Çözücü Jel
<ul style="list-style-type: none"><li>16,8 ml saf su</li><li>2,6 ml %30 acrylamide solüsyonu</li><li>6,4 ml 4X stacking jel, Tris solüsyonu</li><li>0,01 µL %10 amonyum persülfat</li><li>26,8 µL TEMED</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>12,35 ml saf su</li><li>14,1 ml %30'lük stok acrylamide solüsyonu</li><li>18,8 ml 4X çözücü Tris solüsyonu</li><li>350 µL %10'lük amonyum persülfat</li><li>35 µL TEMED</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>8,8 ml saf su</li><li>17,625 ml %30 acrylamide solüsyonu</li><li>18,8 ml 4X çözücü Tris solüsyonu</li><li>350 µL %10'lük amonyum persülfat</li><li>35 µL TEMED</li></ul>





### Örneklerin Dikey Elektrofrezde Koşturulması

Elektrofrez tankının içine %15'lik albumin veya glutelinler için hazırlanan çözücü jel ve ardından üzerine %4'lük ayrıcı jel dökülmüştür (her jelin katılması için 30 dakika beklenmiştir). Zeinler için ise yalnızca %12'lik jel dökülmüştür. Üzerine 250 µL yükleme tamponu konulan örnekler vorteks yardımıyla çalkalanmış ve 95 °C'de 5 dakika boyunca sıcak su banyosunda bekletildikten sonra 3000 g'de santrifüj edilmişlerdir. 96 kuyucuklu mikroplatelere ilk kuyucuk boş bırakılarak, ikinci kuyucuğa 8 µL standart ve üçüncü kuyucuktan itibaren 8 µL örnek yüklenmiştir. Örnekler 100 V'da tam ayırım gerçekleşene kadar koşturulmuşlardır. Daha sonra jel tankından alınan jeller, 60 gr TCA, 1 gr Brilliant Blue ve 25 mL etanolün saf suyla 500 mL'ye tamamlanan karışım solüsyonuyla gece boyunca çalkalayıcıya bırakılmış ve ardından jellerin görüntüsü kaydedilerek Gelanalyzer programına yüklenmiştir. İlk ve son kuyucuklara koyulan standartların oluşturduğu 9 bant belirlenerek moleküler ağırlıkları 10, 15, 25, 35, 55, 70, 100, 130, 250 kDa olarak programa tanımlanmıştır. Moleküler ağırlıkları tanımlanan standartlara göre oluşan diğer örneklerin oluşturduğu bantların moleküler ağırlıkları program tarafından hesaplanmıştır.

### Verilerin Değerlendirilmesi

Tarla denemesi augmented deneme desenine göre kurulup 2018 yılında Çanakkale şartlarında yürütülmüştür. Çalışmadan elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde augmented deneme desenine uygun varyans analizi tekniği kullanılmıştır. Verilerin analizinde R-Project (R Core Team, 2018) programının 'augmentedRCBD' kütüphanesinden (Aravind ve ark., 2019) yararlanılmıştır. Yüz yirmi yedi genotip tarlada buldukları yere göre 6 bloğa, standart çeşitler ve köy popülasyonları olmak üzere iki gruba ayrılmışlardır.

### Bulgular ve Tartışma

Genotiplerin albumin-globulin, glutelin ve zein içerikleri önce kantitatif olarak belirlenmiştir.

Çizelge 2. Protein fraksiyonlarına ait varyans analizi tablosu

Varyans Kaynağı	SD	A-G		Glutelin		Zein	
		KO	P değeri	KO	P değeri	KO	P değeri
Standartlar	6	0,028	0,974	0,163	0,065	0,457	0,341
Genotip (BH)	126	0,144	0,499	0,078	0,423	0,676	0,044
Grup	1	0,982	0,013	0,470	0,016	0,133	0,560
Popülasyon	119	0,143	0,510	0,070	0,562	0,662	0,038
Blok (GH)	5	0,061	0,823	0,013	0,968	2,14	0,0009
Hata	30	0,142		0,072		0,386	

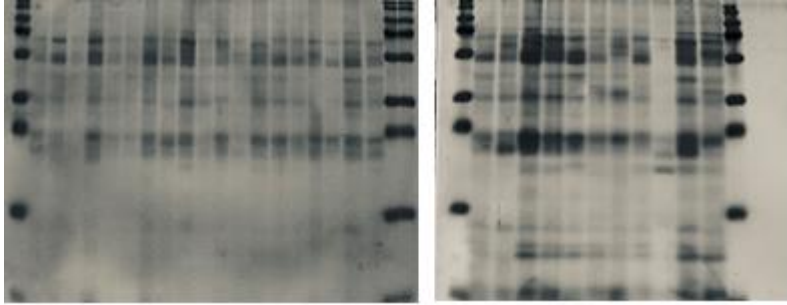
\*SD: serbestlik derecesi, A-G: Albumin-Globulin, GH: genotip etkisi hariç, BH: blok etkisi hariç, KO: kareler ortalaması

Varyans analizi sonuçları standart çeşitler ile köy popülasyonları arasında albumin-globulin ve glutelin içeriği bakımından önemli bir fark olduğunu ( $p=0,013$ ) göstermiş, zein içeriği bakımından köy popülasyonlarına ait genotiplerin varyasyona etkisi önemli bulunmuştur ( $p=0,044$ ) (Çizelge 2).

Yerel mısır popülasyonlarının albumin-globulin değerleri %0,06 ile %2,10 arasında değişmiş, ortalama albumin-globulin oranı %1,14 olarak belirlenmiştir. Standart çeşitlerin albumin-globulin oranlarına bakıldığında değer aralığı %0,87-%1,07, ortalama ise %0,96 olarak tespit edilmiştir. Glutelin oranları köy popülasyonlarında %0,87-2,23, standart çeşitlerde %1,56-1,99 arasında değişmektedir. Popülasyonlara ait ortalama değer %1,62, standartlara ait ortalama değer ise %1,7 olarak belirlenmiştir. Hem albumin-globulin hem de glutelin oranları bakımından grup içi farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmamış olmasına karşın sahip olunan aralıklar aslında göz ardı edilemeyecek bir varyasyonun mevcut olduğunu göstermektedir. Genotiplerin ortalama zein oranı %1,89 bulunmuş, ayrıca %0,09 ile zein oranı en düşük olan genotip Ege bölgesinden, %3,95 ile en yüksek zein oranına sahip genotip Karadeniz bölgesinden toplanan materyallerdendir. Ortalama %1,6 zein içeren standart çeşitlerin sahip olduğu varyasyonun istatistiki olarak önemli çıkmadığı görülmektedir. Endosperm depo proteinlerinin normal mısır tanesindeki proteinde ortalama olarak; albuminlerin %3 oranında, globulinlerin %3 oranında, zeinlerin %60 oranında ve glutelinlerin %34 oranında bulunduğu farklı çalışmalarda bildirilmiştir (Flint-Garcia ve ark., 2009; Priya ve ark., 2014; Yau ve ark., 1999; Wu ve Messing, 2014). Bunun dışında Mısır Araştırma Enstitüsü Zemun Polje (MRIZP), Belgrad, Sırbistan'da geliştirilen sekiz mısır melezinin tane özelliklerini karakterize etmek

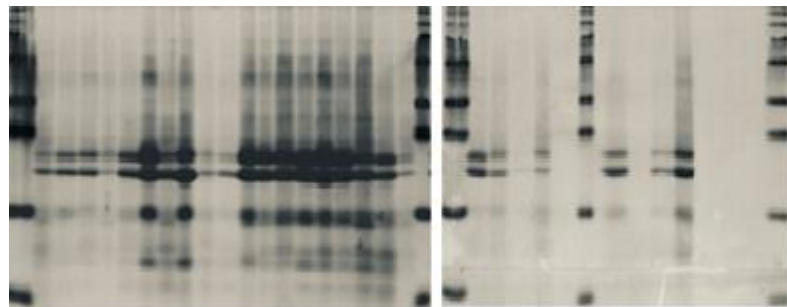
amacıyla yapılan çalışmada kuru madde miktarında ortalama olarak albumin %1,71 oranında, globulin %1,10 oranında,  $\alpha$ -zein %2,67 oranında, glutelin %2,23 oranında bulunmuştur (Zilic ve ark., 2011). Literatürde yer alan bu çalışmalara bakıldığında bizim çalışmamızdaki genotiplerde zein oranının biraz daha düşük, glutelin oranının orta seviyede, albumin-globulin oranının ise yüksek olduğu sonucuna varılabilir.

Protein fraksiyonlarının geniş anlamda kalıtım dereceleri albumin-globulin için 0,024, glutelin için 0,024 ve zein için 0,440 olarak bulunmuştur. Robinson (1966) tarafından yapılan değerlendirmeye göre, albumin-globulin ve glutelin bileşenlerine ait kalıtım dereceleri düşük ( $<0,30$ ), zeine ait kalıtım derecesi ise orta seviyededir ( $0,30 \leq$  ile  $<0,60$ ). Protein fraksiyonlarının kantitatif analiz sonuçlarına göre köy popülasyonları içerisinde zein, glutelin, ve albumin içeriğine göre ayrı ayrı olmak üzere 3'er adet düşük, 4'er adet orta ve 3'er adet yüksek değere sahip 10'ar adet (toplamda 30 adet) genotipin SDS-PAGE yöntemine göre jel görüntüleri Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'te gösterilmiştir. Albumin-globulin için yapılan SDS-PAGE analizi sonucu toplam 51 bant belirlenmiştir. 7 kDa moleküler ağırlığına sahip bant 15 genotipte görülürken, 22 kDa moleküler ağırlığındaki bant 21 genotipte gözlemlenmiştir (Şekil 1). Yau ve ark. (1999) tarafından albumin globulin için yapılan çalışmada SDS-PAGE sonucu oluşan bantların 5-54 kDa arasında değiştiği bulunmuştur. Bizim çalışmamızda neredeyse benzer bir sonuç bulunmuş, albumin-globulin açısından genotiplerin 5-83 kDa arasında değiştiği belirlenmiştir.

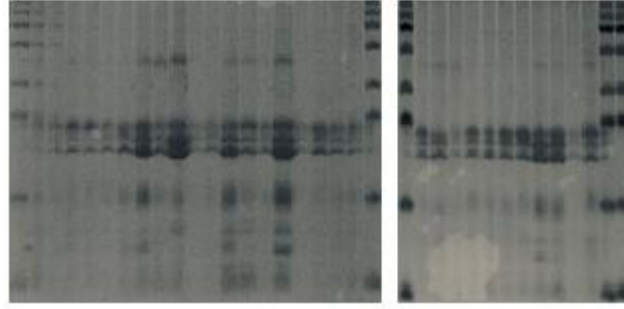


Şekil 1. Albumin-Globulin için yapılan SDS-PAGE analizi sonucu genotiplerin jel görüntüleri (İlk ve son kuyucuklarda yukarıdan aşağıya 250 kDa, 130 kDa, 100 kDa, 70 kDa, 55 kDa, 35 kDa, 25 kDa, 15 kDa ve 10 kDa moleküler ağırlığına sahip standartlar bulunmaktadır).

Glutelin için SDS-PAGE'de 47 bant gözlemlenmiş, 12 kDa moleküler ağırlığına sahip bant 19 genotipte, 13 kDa moleküler ağırlığına sahip bant 20 genotipte, 15 kDa moleküler ağırlığına sahip bant 22 genotipte, 19 kDa moleküler ağırlığına sahip bant 21 genotipte ve 21 kDa moleküler ağırlığına sahip bant 21 genotipte gözlemlenmiştir. Oluşan bantlar 9-71 kDa arasındadır (Şekil 2). Glutelinlerin moleküler ağırlıklarına göre genellikle yüksek moleküler ağırlıklı glutelin alt birimleri (HMW-GS; 80-120 kDa) ve düşük moleküler ağırlıklı glutelin alt birimleri (LMW-GS; 30-80 kDa) olarak 2 gruba ayrıldığı bildirilmiştir (Galova ve ark., 2011). Çalışmamızda SDS-PAGE yöntemiyle belirlenen glutelinlere ait bant dizilerinin tamamının 80 kDa'nın altında olduğu görülmektedir. Bu durumda yaptığımız analiz sonucu yalnızca düşük moleküler ağırlıklı glutelinlerin belirlendiği söylenebilir.



Şekil 2. Glutelin için yapılan SDS-PAGE analizi sonucu genotiplerin jel görüntüleri (İlk ve son kuyucuklarda yukarıdan aşağıya 250 kDa, 130 kDa, 100 kDa, 70 kDa, 55 kDa, 35 kDa, 25 kDa, 15 kDa ve 10 kDa moleküler ağırlığına sahip standartlar bulunmaktadır).

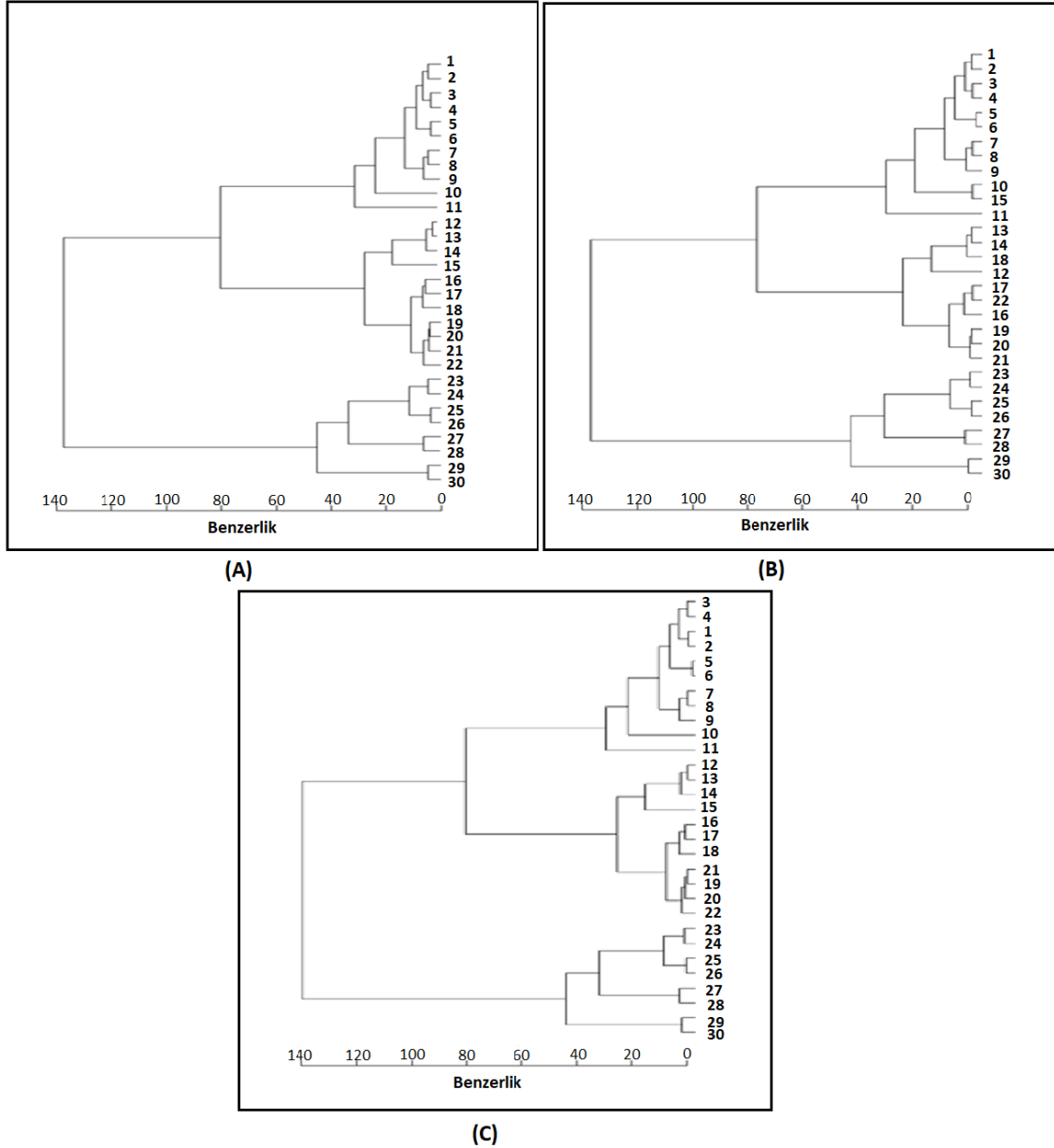


Şekil 3. Zein için yapılan SDS-PAGE analizi sonucu genotiplerin jel görüntüleri (İlk ve son kuyucuklarda yukarıdan aşağıya 250 kDa, 130 kDa, 100 kDa, 70 kDa, 55 kDa, 35 kDa, 25 kDa, 15 kDa ve 10 kDa moleküler ağırlığa sahip standartlar bulunmaktadır).

Zein fraksiyonları bakımından SDS-PAGE analizi sonucu farklı moleküler ağırlıklarda 28 adet bant oluşturduğu gözlenmiş, bu bantlardan 19-24 arası moleküler ağırlığa sahip olanlar bütün genotiplerde gözlemlenirken oluşan diğer bantlar polimorfizm göstermiştir. Zein fraksiyonlarına yönelik analizde oluşan bantlar 4-72 kDa arasındadır (Şekil 3). SDS-PAGE yöntemiyle tanımlanan farklı moleküler ağırlıktaki zeinlerin ise,  $\alpha$ -zeinler (22 ve 19 kDa),  $\zeta$ -zeinler (15 kDa),  $\gamma$ -zeinler (27, 16 ve 50 kDa) ve  $\delta$ -zeinler (10 ve 18 kDa) olarak sınıflandırıldığı çalışmalarda raporlanmıştır (Spalekova ve ark., 2019). Yaptığımız SDS-PAGE analizi sonucu özellikle 22-19 kDa bantların genotiplerin çoğunda görüldüğü gözlemlenmiştir. Genotiplerin %22'sinde 10-18 kDa olan bantlar bulunmakta, %27'sinde 10 kDa olan bant bulunmaktadır.

Spalekova ve ark. (2019) kümeleme analizi yöntemi kullanılarak 30 çeşit mısır arasındaki ilişkileri ortaya koymak için bir dendrogram oluşturmuş ve çeşitlerin 2 ana kümeye ayrıldığını bildirmişlerdir. SDS-PAGE ile elde ettikleri protein bantlarının boyutu, 5 ila 120 kDa arasında değişmiştir. Vivodik ve ark. (2016), Avrupa'ya ait 40 mısır genotipinde 23 protein bandı belirlerken, bu bantların moleküler ağırlıkları ise 20 ila 140 kDa arasında değişmiştir. Yapılan bu çalışmalara bakıldığında, bizim çalışmamızda da benzer bir şekilde belirlenen bant aralığının 4-131 kDa arasında olduğu görülmektedir fakat çalışmamızda belirlenen bant sayısı bu çalışmalara göre çok daha fazladır.

Elde edilen jel görüntülerinin sayısal skorlara dönüştürülmesinin ardından bu skorlara göre oluşturulan kümeleme dendrogramları Şekil 4'te sunulmuştur. Oluşturulan dendrogramların her biri 8 ve 22 genotip olmak üzere 2 ana kümeye ayrılmış ve ikinci büyük kümedeki 22 genotip de eşit bir şekilde kendi içinde iki gruba ayrılmıştır. Dendrogramların hepsinde ilk kümede 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 nolu genotipler (TR37630, TR48893, TR51719, TR51727, TR38040, TR37583, TR55471, TR55540) bulunurken diğer genotipler ikinci kümede yer almıştır. Protein bantlarının varlığı/yokluğu bakımından en benzer genotipler 22 genotip içeren ikinci kümede bulunmaktadır. Hem glutelin hem de zein bakımından birbirine en benzeyen iki genotip 5 ve 6 nolu genotipler (TR38451 ve TR44385) olurken, albumin-globulin bakımından birbirine en fazla benzerlik gösteren genotipler ise 12 (TR50515) ile 15 (TR38323) olmuştur (Şekil 4). Genotiplerin hepsi, üç dendrogramda da aynı kümelerde bulunurken yalnızca 15 numaralı genotip, glutelin için oluşturulan dendrogramda farklı bir kümede yer almıştır. Bu durumda genotiplerin her üç özellik bakımından da benzer ilişkilere sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 4. Genotipler arasındaki ilişkileri gösteren dendrogramlar (A- albumin-globulin bakımından, B- glutelin bakımından, C- zein bakımından aralarındaki ilişkiler). TR54196, TR53254, TR37998, TR37115, TR38451, TR44385, TR50551, TR42948, TR49234, TR38208, TR42868, TR50515, TR38323, TR42985, TR50642, TR42725, TR38401, TR37573, TR50511, TR50130, TR37876, TR49303, TR37630, TR48893, TR51719, TR51727, TR38040, TR37583, TR55471, TR55540 kodlu genotipler sırasıyla 1'den 30'a kadar numaralandırılmıştır.

### Sonuç ve Öneriler

Lizin ve triptofan miktarının az olmasından zeinlerin sorumlu olduğu bilindiğinden kantitatif analiz sonucu belirlenen zein içeriği en düşük olan TR37955, TR55507, TR50511, TR37986, TR50130, TR38323 kodlu genotipler QPM ıslah çalışmalarında değerlendirilebilir.

Otuz genotip için yapılan SDS-PAGE sonucu albumin-globulin bakımından en benzer genotipler 12 (TR50515) ve 15 (TR39323) numaralı genotiplerdir ve ikisi de Karadeniz bölgesine aittir. Hem glutelin hem de zein bakımından en benzer genotipler 5 (TR38451) ve 6 (TR44385) numaralı genotiplerdir. Bu genotiplerden ilki Ege bölgesine ait ikincisi ise Karadeniz bölgesinden toplanmış materyallerdir. Anadolu'daki popülasyonlar protein fraksiyonları bakımından oldukça geniş bir varyasyona sahip olmakla birlikte, farklı bölgelerde olsalar dahi aralarında akrabalık ilişkileri



bulunabileceği söylenebilir. Zein bakımından köy popülasyonlarının göstermiş olduğu genetik varyasyon ve bu özellik ile ilgili olarak tespit edilen kalıtım derecesinin boyutu ıslah açısından ümitvar olarak değerlendirilebilir.

**Not:** Bu makale Şule Akbulut'un "Anadolu'ya Ait Yerel Mısır Popülasyonlarının Protein Bant Dizileri Yardımıyla Karakterizasyonu" adlı yüksek lisans çalışmasına dayanılarak hazırlanmıştır.

### Teşekkür

Bu araştırma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri Başkanlığı tarafından FYL-2019-2821 numaralı proje olarak desteklenmiştir.

### Kaynaklar

- Agarwal, M., Shrivastava, N., Padh, H., 2008. Advances in molecular marker techniques and their applications in plant sciences. *Plant Cell Reports*. 27: 617-631.
- Anonim, 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations, <http://faostat.fao.org/faostat> (Erişim tarihi: 27.05.2021).
- Anonim, 2021. Türkiye İstatistik Kurumu Sitesi. <http://tuik.gov.tr> (Erişim tarihi: 27.05.2021).
- Aravind, J., Mukesh Sankar, S., Wankhede, D. P., Kaur, V., 2019. AugmentedRCBD: Analysis of augmented randomised complete block designs. R package version 0.1.1.
- Egesel, C. Ö., Kahriman, F., 2012. Determination of quality parameters in maize by NIR reflectance spectroscopy. *Journal of Agricultural Sciences*. 18:43-53.
- Flint-Garcia, S. A., Bodnar, A. L., Scott, M. P., 2009. Wide variability in kernel composition, seed characteristics, and zein profiles among diverse maize inbreds, landraces, and teosinte. *Theoretical and Applied Genetics*. 119: 1129–1142.
- Galova, Z., Balazova, Z., Chnapek, M., Vivodik, M., Oslovicova, V., 2011. Bielkovinové a DNA markery pšenice. Nitra: Slovak University of Agriculture.
- Gibbon, B. C., Larkins, B. A., 2005. Molecular genetic approaches to developing quality protein maize. *Trends in Genetics*. 21: 227–233.
- Muhammad, R.W., Qayyum, A., Ahmad, M.Q., Hamza, A., Yousaf, M., Ahmad, B., Younas, M., Malik, W., Liagat, S., Noor, E., 2017 Characterization of maize genotypes for genetic diversity on the basis of inter simple sequence repeats. *Genetics and Molecular Research*. 16 (1).
- Özcan, S., 2009. Modern dünyanın vazgeçilmez bitkisi mısır: genetiği değiştirilmiş (transgenik) mısırın tarımsal üretime katkısı. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*. 2(2): 01-34.
- Patel, P. C., Kathiria, K. B., Patel, B. N., Dave, P. B., Soni, N. V., 2018. Study of genetic architecture through haymen's graphical approach for quantitative and qualitative traits in quality protein maize (*Zea mays* L.) over environments. *Electronic Journal of Plant Breeding*. 9(4): 1476-1483.
- Pfunde, C. N., Mutengwa, C. S., Bradley, G., 2015. Genetic variation of selected quality protein maize inbred lines. *African Journal of Agricultural Research*. 10(44): 4087-4093.
- Prasanna, B., Vasal, S., Kassahun, B., Singh, N., 2001. Quality protein maize. *Current Science*. 81(10): 1308-1319.
- Priya, D., Ram, L., Srivastava, R. P., Kumar, A., Singh, R., 2014. Quality protein maize: Overview. *Journal of Biotechnology and Crop Science*. 3(3): 4-18, 2014.
- R Core Team, 2018 R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Robinson, H. F., 1966. Quantitative genetics in relation to breeding on centennial of Mendelism. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. pp.171.
- Shanbao, Q., Yuhua, W., Tingzhao, R., Kecheng, Y., Shibin G., Guangtang, P., 2009. Effective improvement of genetic variation in maize lines derived from R08xDonor backcrosses by SSRs. *Biotechnology*. 8: 358-364.
- Shewry, P. R., 2007. Improving the protein content and composition of cereal grain. *Journal of Cereal Science*. 46 (3): 239-250.
- Spalekova, A., Gregova, E., Galova, Z., 2019. Electrophoretic profiles of storage proteins in selected maize (*Zea mays* L.) genotypes. *Journal of Central European Agriculture*. 20(3): 911-918.
- Uarrota, V. G., Schmidt, C. E., Bouzon, Z. L., Maraschin, M., 2011. Histochemical Analysis and Protein Content of Maize Landraces (*Zea mays* L.). *Journal of Agronomy*. 10: 92-98.
- Ünlü E., Mutlu E., Polat M., Çeri S., Kahriman F., 2018. Diversity among Turkish maize landraces based on protein band analyses and kernel biochemical properties. *Journal of Crop Improvement*. 32:175-187.
- Vivodik, M., Galova, Z., Balazova, Z., Petrovicova, L., Hlozakova, T.K., 2016. Genetic variation and relationships of old maize genotypes (*Zea mays* L.) detected using SDS-page. *Potravinarstvo Slovak*



- Journal of Food Sciences. 10(1): 532-536.
- Wu, Y., Messing, J., 2014. Proteome balancing of the maize seed for higher nutritional value. *Frontiers in Plant Science*. 5: 240.
- Yau, J. C., Bockholt, A. J., Smith, J. D., Rooney, L. D., Waniska, R. D., 1999. Maize endosperm protein that contribute to endosperm lysine content. *American Association of Cereal Chemists*. 76(5): 668-672.
- Zilic, S., Milasinovic, M., Terzic, D., Barac, M., Ignjatovic-Micic, D., 2011. Grain characteristics and composition of maize specialty hybrids. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 9(1): 230-241.





Araştırma Makalesi/Research Article

## Lavandin (*Lavandula x intermedia*) Uçucu Yağının Mısır (*Zea mays* L.)’ın Çimlenme ve Fide Gelişimine Etkileri

Uğur Binbir<sup>1</sup>  Cafer Türkmen<sup>2\*</sup>  Yakup Çıkkılı<sup>2</sup>  Yalçın Coşkun<sup>3</sup>  İsmail Taş<sup>4</sup> 

<sup>1</sup>Balıkesir Büyükşehir Belediyesi Çiftçi Eğitim Merkezi, Burhaniye/Balıkesir, Türkiye

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Çanakkale, Türkiye

<sup>3</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lapseki Meslek Yüksekokulu, Lapseki/Çanakkale, Türkiye

<sup>4</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Çanakkale, Türkiye

\*Sorumlu yazar: turkmen@comu.edu.tr

Geliş Tarihi: 12.02.2021

Kabul Tarihi: 04.06.2021

### Öz

Bu çalışma bazı bitkiler üzerine allelopatik etkileri olduğu bilinen lavandin (*Lavandula x intermedia*) bitkisi uçucu yağının mısır tohumlarının çimlenmesi ve fide gelişim özelliklerine (çimlenme oranında azalma, fide yaş ve kuru ağırlığı, fide nispi nemi, kök ve fide uzunluğu) etkilerini araştırmak amacıyla laboratuvar koşullarında Petri kaplarında yürütülmüştür. Yapılan varyans analizleri sonucunda, lavandin uçucu yağının fide uzunluğu ve kök uzunluğu dışında incelenen tüm özellikler üzerine önemli etkiye ( $P<0.05$ ) sahip olduğu tespit edilmiştir. Fide kuru ağırlığı uçucu yağ dozunun 2 µL seviyesinden itibaren etkilenmeye başlamıştır. Fide yaş ağırlığı ise 4 µL seviyesinden itibaren etkilenmeye başlamıştır. Çimlenme oranında azalma ve fide nispi nemi için uçucu yağın olumsuz etkisi 6 µL seviyesinde başlarken, kök uzunluğu ile fide uzunluğu için bu önemli etki gerçekleşmemiştir. Uçucu yağ dozu artışına paralel olarak olumsuz etkinin seviyesi artmıştır. Sonuç olarak, lavandin bitkisi uçucu yağının mısır tohumlarının çimlenmesini ve fide gelişimini olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Mısır, Lavandin, Uçucu yağ, Allelopatik etki

### Effects of Lavandin (*Lavandula x intermedia*) Essential Oil on the Germination and Seedling Development of Corn (*Zea mays* L.)

#### Abstract

In this study, investigated the effects of lavandin (*Lavandula x intermedia*) plant essential oil, which is known to have allelopathic effects on some plants, on the seed germination and the seedling development of corn. Trials were carried out in Petri dishes under laboratory conditions. As a result of the analysis of variance, it was determined that lavender essential oil had a significant effect ( $P<0.05$ ) on all properties investigated except of seedling length and root length. The seedling dry weight has started to be affect from the essential oil dose of 2 µL. The seedling fresh weight has started to be affect from the level of 4 µL. The negative effect of essential oil for the germination rate reduction and relative humidity of the seedling started at 6 µL, while there is not affect for root length and seedling length. With the increase of essential oil dose the level of negative impact also increased. As a result, lavandin essential oil was determined negatively affect the germination and seedling development of corn seeds.

**Keywords:** Corn, Lavandin, Essential oil, Allelopathic effect

### Giriş

Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım değeri ve ekonomik açıdan önem arz etmesi; bu bitkilerin bünyesinde yer alan çok fazla sayı ve çeşitlilikte bitkiler tarafından sentezlenen sekonder metabolit bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Kompleks yapılı sekonder metabolitler farmasötik, antibiyotik, antioksidan, koku ve aroma verici, gıda ve içecek katkısı, keyif verici, insektisit, allelokimyasal, tozlaşma ile döllenmeyi teşvik edici ve büyüme düzenleyici olarak görev yapmaktadırlar (Baydar, 2009). Allelopati kelimesi yunanca “allelo” ve “pathy” kelimelerinin birleşiminden oluşmuş olup, bitki bünyesinde sentezlenen biyokimyasallar ya da bitkinin biyolojik olarak ayrışması sonucu ortaya çıkan maddelerin başka bitkilerin büyüme-gelişimini doğrudan veya dolaylı, olumlu-olumsuz olarak etkilemesi allelopati olarak tanımlanmaktadır (Rice, 1984). Bitkiler tarafından sentezlenen ikincil metabolit niteliğindeki biyokimyasallardan allelopatik etkiye sahip





olanlar allelokimyasal maddeler olup, bitkilerin bünyesinde bulunan ikincil metabolitlerin çoğu allelokimyasal özellikler taşır (Telci, 2006; Amini, 2013).

Bitki bünyesinde bulunan ikincil metabolitler genel olarak fenoller, alkaloidler ve terpenoitler olarak üç ana grupta sınıflandırılır (Baydar, 2013). Sekonder metabolitlerden terpen grubu bileşikler herbisit olarak kullanıldığında allelokimyasal etki bakımından en iyi sonuçları vermiştir (Duke, 1991). Terpen grubu bileşikler içerisinde herbisit olarak en etkili olanlar ise monoterpenler olarak bildirilmiştir (Robinson, 1983). Terpen grubu bileşikler bitki bünyesinde bulunan sekonder metabolitlerden olan uçucu yağların bileşiminin büyük çoğunluğunu oluşturmaktadır. Son yıllarda uçucu yağların yapısındaki terpen grubu bileşiklerden dolayı kimyasal herbisitlere alternatif maddeler olarak gösterilmektedir (Abraham ve ark., 2000).

Dünya tarım alanlarında yaklaşık 7000 yabancı ot türünden sadece 200–300 kadarının tarımsal üretime olumsuz etkisi olduğu belirtilmektedir (Paterson, 1985). Türkiye’de yaklaşık olarak 1800 yabancı ot türü bulunduğu, bunların sadece 25–30 kadarının ciddi oranda zarar verdiği ve bu yabancı otlar nedeniyle oluşan ürün kaybının yaklaşık %32 olduğu belirtilmektedir (Uluğ ve ark., 1993). Dünya’da tarım alanlarında kullanılan yabancı ot ilaçları (herbisitler), kullanılan pestisitlerin yaklaşık yarısını oluştururken, ülkemizde ise bu oran yaklaşık dörtte bir düzeyindedir (Delen ve ark., 2005). Herbisitler içinde yer alan 2,4-D’nin tahıllar içerisindeki geniş yapraklı yabancı otlara karşı etkisinin yüksek olması herbisit grubu ilaçların hızlı gelişimine neden olmuş ve yabancı otlar üzerine olan çalışmalar herbisitlere yönelmiştir (Kropff ve Walter, 2000). Yabancı ot mücadelesinde herbisit kullanımının artmasına paralel olarak çevre ve insan sağlığında tehlikeli olabilecek olumsuz etkilerinin de arttığı görülmektedir. Herbisitlere dayanıklı genetiği değiştirilmiş bitkilerin üzerine yapılan çalışmalardan istenilen çözüm elde edilmemiş, aksine herbisit kullanımı daha da artmasına neden olmuştur. Tarımsal ürünlerin ihracatında çevre dostu pestisitlerin kullanımı ihracatı olumlu etkilemektedir. Bu nedenle pestisitlerin gelişmiş ülkeler seviyesindeki kullanım standartlarında ve bilinçte kullanılması gerektiği bildirilmektedir (Delen ve ark., 2005). Çevre dostu yöntemlerden “Entegre Mücadele” yabancı ot mücadelesinde kimyasalların yerini alabilecek yöntem olması nedeniyle önem arz etmektedir.

Sürdürülebilir tarımda kimyasal yöntemler yerine alternatif yöntemler geliştirmek ve uygulamak önemli zorunluluk olarak düşünülmektedir. Bu alternatif yöntemlerden birinin; allelopatik maddelerin yabancı otlar, zararlılar ve bitki hastalıklarının mücadelesinde kullanılması olduğu bildirilmektedir (Uluğ ve ark., 1993). Aromatik bitkiden ekstrakte edilen uçucu yağların allelopatik etkilerinin incelendiği bir çalışmada, 20–80 ppm’lik *Cymbopogon citratus* uçucu yağının toprak yüzeyinden itibaren toprak derinliğinin 0.5 cm’lik kısmına *C. citratus* uygulanmasıyla buğday ve *Amaranthus* türleri tohumlarının çimlenme oranını olumsuz yönde etkilediği bildirilmiştir. Çalışma yapılan toprak çeşidinin ve eterik yağlarda etken maddelerden olan aldehitlerin çimlenmede etkili olduğu belirtilmiştir (Dudai ve ark., 1999).

Literatür incelemesi sonucunda, bitkiler arasındaki allelopatik ilişkilere yönelik çalışmalar genellikle yabancı ot kontrolüne yönelik olmuş ve kültür bitkileri üzerine allelopatik ilişkisi olan tıbbi aromatik bitkilerle az sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Son yıllarda ülkemizde organik tarıma ve tıbbi aromatik bitkilere yönelim artmış, bu bitkilerden biri olan lavandin ve lavantanın ekim alanları da artmıştır. Lavandin ve lavantanın uçucu yağı elde edildikten sonra kalan bitkisel atıkların organik materyal/gübre kapsamında toprağa gömülmesi durumunda, atıkların içerdiği az miktarlardaki kalıntı uçucu yağların ekilen kültür bitkilerinin çimlenmesi üzerine olumsuz etkileri bulunabilir. Bu etkilerin anlaşılması kapsamında planlanan bu çalışmada, mısır bitkisi tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine lavandin uçucu yağının bir allelopatik etkisinin olup olmadığı, varsa hangi oranlarda bu etkinin önemli olduğu laboratuvar şartlarında detaylı ortaya konmaya çalışılmıştır.

### **Materyal ve Yöntem**

Çalışmada, Balıkesir Büyükşehir Belediyesi Çiftçi Eğitim Şube Müdürlüğü (BAÇEM)’nin üç yaşındaki (sıra üzeri 1m x sıra arası 2m) lavanta bahçesinde yetiştirilen ve 2020 yılı temmuz ayındaki birinci hasadından elde edilen lavandin (*Lavandula x intermedia*) çiçekleri kullanılmıştır. Hasattan iki gün sonra su buharı distilasyonu yöntemi ile elde edilen uçucu yağ analiz edilerek 2020 yılı Ekim ayında BAÇEM Ar-Ge Laboratuvarları’nda deneme kurulmuştur. Kullanılan lavandin uçucu yağı



bileşiminin; yüksek oranda linalyl acetate (%38), linalol (%28), camphor (%4), alpha bisabolol (%3), 1-8 cineole (%3), lavandulyl acetate (%2.5) ve caryophyllene (%2) içerdiği belirlenmiştir (Çizelge 1).

Denemede kullanılan uçucu yağın temel bileşen analizleri, Bezmiâlem Vakıf Üniversitesi Fitoterapi Merkezi Tıbbi Bitki Teşhis ve Referans Laboratuvarı'nda bulunan GC-MS (Agilent 5977E Gaz Kromatografisi Kütle Spektrometresi, Santa Clara, CA, USA) cihazı ve bağıl yüzdeleri GC-FID (Agilent 7890B Gaz Kromatografisi Alev İyonlaşma Dedektörü, Santa Clara, CA, USA) kullanılarak belirlenmiştir. Numune hazırlık aşamasında, hekzan içerisinde %5'lik çözeltisi hazırlanan yağ sisteme Agilent G4513A otomatik enjeksiyon (Santa Clara, CA, USA) cihazıyla enjekte edilmiştir. Numune içeriklerinin belirlenmesi için taramalarda “Wiley 9-NIST 11 Mass Spectral Database” kütüphane olarak kullanılmıştır.

**Analizlerde seçilen GC-MS şartları;** cihazın iyon kaynak sıcaklığı: 230°C, iyonizasyon modu: 70 eV Elektron Enerjisi, membran sıcaklığı: 250°C, quadripol sıcaklığı: 150°C, kütle aralığı: 35-450 m/z olarak belirlenmiştir.

**Analizlerde seçilen GC-FID şartları ise;** cihazda kromatografik kolon olarak: “Agilent DB-WAX (60m x 0.25mm x 0.25 µm)” kullanılmış, uygulanan fırın sıcaklık programı: 70°C (15 dakika), 2°C/dakika → 180°C (5 dakika), 5°C/dakika → 230°C (15 dakika) olarak toplam 100 dakika olmuştur. Enjeksiyon bloğu sıcaklığı: 220°C, detektör sıcaklığı: 220°C, detektör enerji akışı: 70 eV, iyonlaştırma türü: Elektron enerjisi, iyon kaynağı sıcaklığı 230°C, taşıyıcı gaz: 1.5 mL/dakika He, enjeksiyon hacmi: 1 µL, split oranı: 40:1, FID Hidrojen akış hızı: 30 mL/dak., FID Hava akış hızı: 400 mL/dakika olarak uygulanmıştır.

**Çizelge 1.** Denemede kullanılan lavandin uçucu yağının bileşenleri

Bileşen	Oran (% V/V)	Bileşen	Oran(% V/V)	Bileşen	Oran (% V/V)
Alpha pinene	0.114	Santalene	0.150	Hexyl acetate	0.410
Camphene	0.124	Bornyl acetate	0.096	Alpha terpinolene	0.211
Beta pinene	0.102	Caryophyllene	2.091	Hexyl isobutyrate	0.141
Myrcene	0.601	Lavandulyl acetate	2.464	Hexyl butanoate	0.977
Limonene	0.514	Hexyl tiglate	0.495	Hexyl iso valerate	0.125
Phellandrene	0.245	Farnesene	1.361	Camphor	4.168
1-8 Cineole	2.779	Cryptone	0.388	Linalool	27.55
Cis ocimene	0.907	Lavandulol	0.178	Linalyl acetate	37.65
Trans Ocimene	1.466	Alpha terpineol	0.916	Alpha bisabolol	3.004
Amyl vinyl ketone	0.312	Borneol	5.212	Germacrene	0.808
Neryl acetate	0.522	Geranyl acetate	0.834	Nerol	0.148
Caryophyllene oxide	0.371	Geraniol	0.475	Epi Cadinol	0.258
Diğer Bileşikler	1.829	---	---	---	---

Denemede 72MAY99 atdışı mısır (*Zea mays* var. *indentata* Sturt.) çeşidi kullanılmış, yüzey sterilizasyonu için %2.5'lik sodyum hipoklorit (NaClO<sub>4</sub>) çözeltisinde tohumlar 5 dakika bekletilmiştir. Sterilizasyon işleminden sonra tohumlar steril saf su ile 2 defa yıkanmıştır. Daha sonra steril saf su içerisinde 24 saat süresince bekletilerek tohumların şişmesi ve aktive olması sağlanmıştır.

Tesadüf parselleri deneme deseninde dört tekrarlı planlanan ve 15 cm çapındaki steril Petri kaplarında yürütülen çalışmada, Petri kaplarının tabanına yerleştirilen birer adet filtre kağıdına farklı dozlarda (kontrol 0, 2, 4, 8 ve 12 µL) lavandin uçucu yağı hassas mikro pipetlerle uygulanmıştır. Petri kaplarına 30 mL musluk suyu eklenmiş ve her tekrerrür için 30'ar adet mısır tohumu rastgele bırakılmıştır. Petri kaplarından oluşabilecek buharlaşma ile uçucu yağ ve su kaybını engellemek için petri kapları parafilm ile kaplanmıştır. Deneme, 22-24°C ortam sıcaklığında ve 11 günlük süre sonunda tamamlanmıştır.

Çimlenme oranının tespiti için Uluslararası Tohum Test Birliği (ISTA, 2009)'ne göre, 7. günde çimlenen tohumların sayımı yapılarak, elde edilen değerler kullanılarak farklı yağ konsantrasyonları için çimlenme oranında oluşan % azalma değerleri aşağıdaki “Formül 1”e göre (Madidi ve ark., 2004) hesaplanmıştır.

$$\text{ÇOA} = \frac{1 - N_x}{N_c} \times 100$$

(1)

ÇOA: Çimlenme oranındaki % azalma

Nx: Farklı yağ uygulamalarındaki çimlenen % tohum oranı

Nc: Kontrol uygulamasındaki çimlenen % tohum oranı

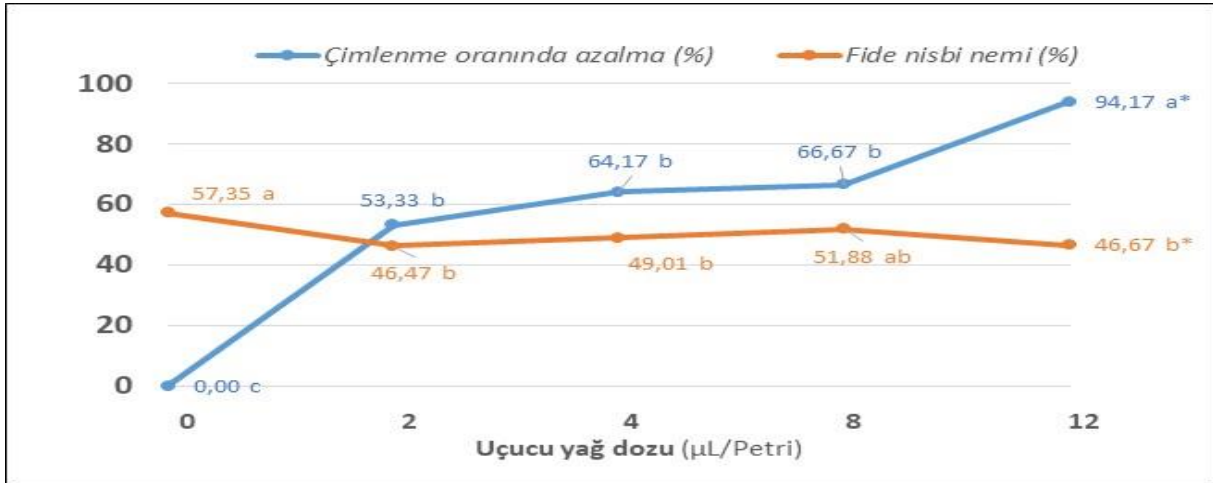
Denemenin 11. gününde Bağcı ve ark. (2003), tarafından bildirilen esaslar modifiye edilerek kök uzunluğu, fide (sürgün) uzunluğu ve fide yaş ağırlıkları ölçüldükten sonra fide kuru ağırlıkları belirlenmiş ve fide nispi nemleri hesaplanmıştır. Her konu için toplam yaş ve kuru tartım değerlerinin o değeri oluşturan materyal sayısına bölünmesiyle ortalamalar alınarak veriler elde edilmiştir. Toplamda her konu dört tekrarlı ve her tekrardaki 30 bitkinin kök ve sürgünleri birbirinden ayrıldıktan sonra etüvde 60°C’de 72 saat süresince kurutulmuş ve 0,01g’a hassas terazide tartımları yapılmıştır. Fide kuru ağırlıkları, fide yaş ağırlıklarına oranlanarak fidelerin nispi nem değerleri yüzde olarak hesaplanmıştır (Kacar ve İnal, 2010).

Denemelerden elde edilen veriler JMP 13 istatistik yazılımı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar, Tukey çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır.

### Bulgular ve Tartışma

Lavandin uçucu yağının farklı uygulama dozlarının mısır bitkisinin çimlenme ve fide özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmadan elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuştur. Yapılan varyans analizine göre; lavandin uçucu yağ uygulama dozlarının çimlenme oranı, fide yaş ağırlığı, fide kuru ağırlığı ve fide nispi nemi özelliklerinde istatistiki açıdan önemli ( $P < 0.05$ ) etkileri görülmüştür. Kök uzunluğu ve fide uzunluğu bakımından uygulamalar arasında istatistiki açıdan herhangi bir farklılık görülmemiştir ( $P \geq 0.05$ ). Uçucu yağ dozlarındaki artışa bağımlı olarak çimlenme oranındaki düşüş artmıştır. Fide kuru ağırlığı, fide yaş ağırlığı (Şekil 2) ve fide nispi nemi değerleri (Şekil 1) ise azalmıştır.

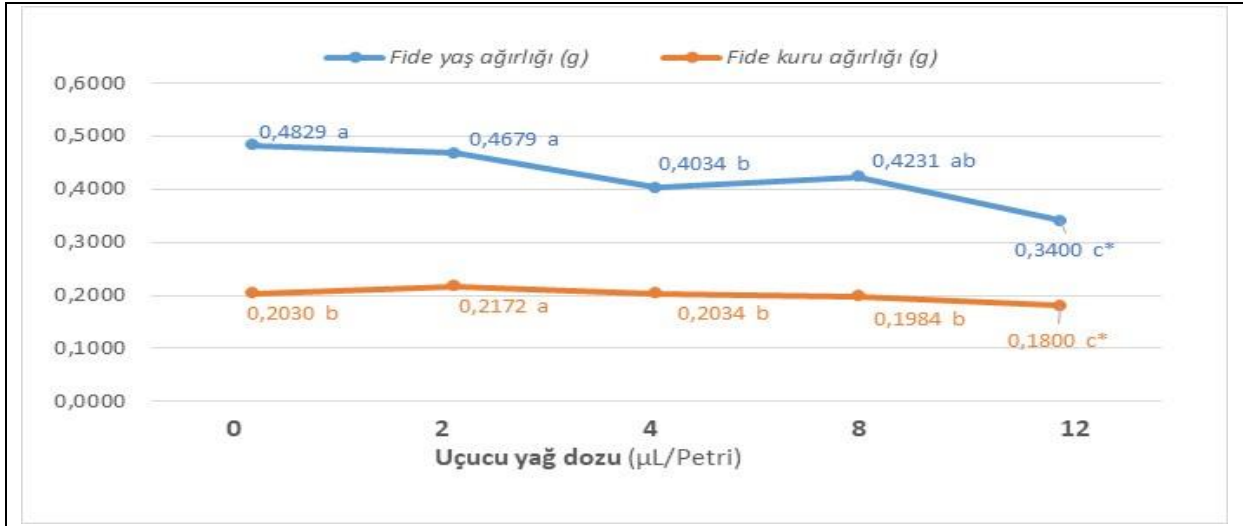
Çimlenme oranında azalma değerleri % 0–94.17 arasında değişim göstermiş, 2 µL uygulama dozundan itibaren çimlenme oranındaki düşüş yükselmiştir. Fide nispi nemi % 46.47–57.35 arasında değişim göstererek uçucu yağın 2 µL uygulama dozundan itibaren önemli oranda azalmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Lavandin uçucu yağı dozlarının mısırdaki çimlenme oranı azalma ve fide nispi nemine etkisi\*

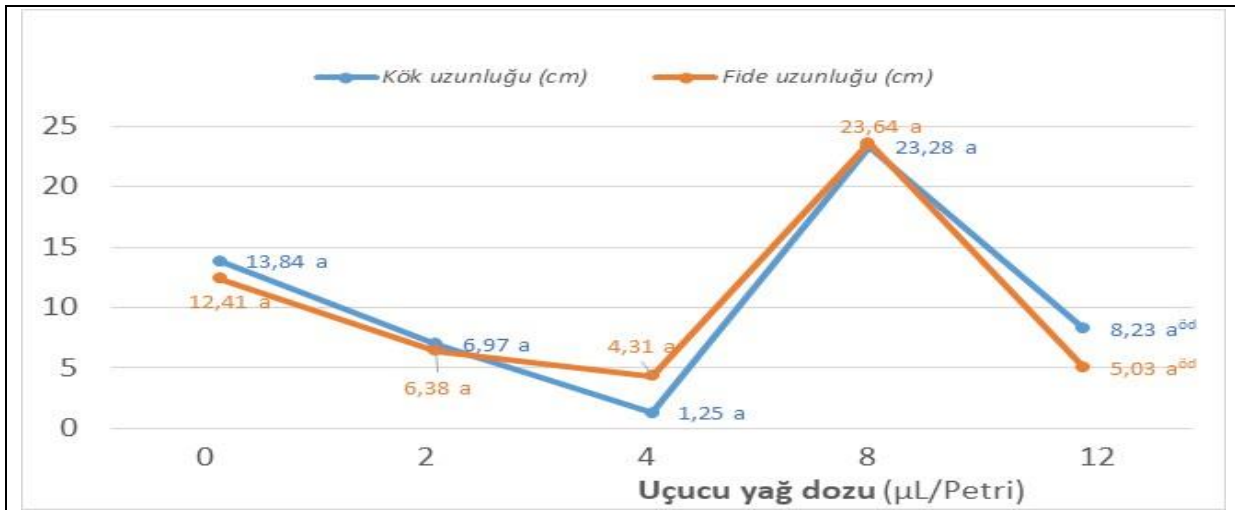
\*: Aynı hat üzerinde farklı harflerle ile gösterilen ortalamalar arası fark istatistiki açıdan önemlidir ( $p < 0.05$ ).

Fide kuru ağırlığı 0.1800–0.2172 g arasında değişim gösterirken, fide yaş ağırlığı 0.3400–0.4829 g arasında değişim göstermiştir. Fide yaş ve kuru ağırlığı değerlerinde genel olarak uçucu yağ artışına paralel olarak bir azalma gözlenmiştir (Şekil 2).



**Şekil 2.** Lavandin uçucu yağ dozlarının çimlenen mısır fidelerinin yaş ve kuru ağırlıkları üzerine etkisi\*  
\*: Aynı hat üzerinde farklı harflerle ile gösterilen ortalamalar arası fark istatistiki açıdan önemlidir ( $p < 0.05$ ).

Uçucu yağ uygulamalarının etkisiyle fide kök uzunlukları 1.25–23.28 cm, fide uzunlukları ise 4.31–23.64 cm arasında değişim göstermiştir (Şekil 3).



**Şekil 3.** Lavandin uçucu yağ dozlarının çimlenen mısır kök ve fide uzunluklarına etkisi\*\*  
\*\*: Aynı hat üzerinde aynı harflerle ile gösterilen ortalamalar arası fark istatistiki açıdan öd; önemli değildir ( $p \geq 0.05$ ).

Sonuçlardan anlaşılacağı gibi, lavandin uçucu yağ mısır tohumlarının çimlenmesini ve fide gelişimini olumsuz yönde etkilemiştir. Fidelerin kök ve gövde uzunluklarındaki değişim kontrolden itibaren 4 µL'lik uçucu yağ dozuna kadar azalma göstermiş, 8 µL'lik dozda en yüksek değere ulaşmış ve tekrar 12 µL dozunda ortalama bir seviyeye kadar azalmıştır. Bu dikkat çekici durumun nedeni olarak; uygulama dozlarına paralel artış gösteren allelopatik etki belirtilebilir. Petri kaplarında çimlenmeye bırakılan dört tekrarlı 30'ar tohumdan 8 µL uçucu yağ dozlarında %66.67 çimlenme kaybı yaşanması nedeniyle kalan tohumların yaklaşık 1/3'ü çimlenebilmiştir. Doğal olarak bu bitkiler, fazla sayıda çimlenme bulunduran petri kaplarındaki bitkilere göre hava, su ve ışık gibi temel fizyolojik faktörler için rekabet (Goldberg, 1990; Craine ve Dybzinski, 2013) gücünü artırarak kök ve fide boylarını artıracaktır. Çimlenme kaybı uçucu yağ 12 µL uygulanan Petri kaplarındaki tohumlarda çok daha fazla (%94.17) görülmüş ve petri kaplarında canlı kalmayı başaran 1–2 bitkiden elde edilen veriler standart sapmayı artırmıştır. Ayrıca, 12 µL dozunda fide nispi nemi içeriklerinin uçucu yağ doz artışına rağmen azalma göstermesi 12 µL uçucu yağın çimlenen mısır bitkisinin başta su alımı olmak üzere gelişim faktörlerini olumsuz etkileyebileceği (Rice, 1984; Duke, 2003) şeklinde yorumlanabilir. Sonuçlar lavantanın %15'lik n-hekzan ekstraktı ile elde edilen dozunun hem mısırdan



hem de mercimekte allelopatik etkileri olduğunu bildiren Kara (2016) ile uyumlu görülmektedir. Ancak çalışmamızda kullanılan lavandin yağının içeriğinin bilinmesi ve mikrolitre ölçekli dozlarla kontrollü koşullarda çalışılması bakımından farklılaşmaktadır. Nazemi ve ark. (2018), yaptıkları çalışmada seradaki topraklara uygulanan lavanta ekstraktının yabancı otların kontrolünde kullanılabileceği belirtilirken, uygulama yapılan topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin de kısmen olumsuz etkilendiği bildirilmiştir. Serada toprak şartlarındaki bu çalışma sonuçları da çalışmamızı destekler niteliktedir. Haig ve ark. (2009), yaptıkları çalışmada, lavantanın (*Lavandula* spp.) tek yıllık yabancı çim bitkisi üzerine (*Lolium rigidum*, ARG) fitotoksik etkisini detaylı araştırmışlar ve %10 luk ekstrakt uygulamasının 256 gün sonrasında bile etkisini göstererek ot çıkışını engellediğini bildirmişlerdir.

*Mentha spicata* uçucu yağı İngiliz çimi (*Lolium perenne* L.), yonca (*Medicago sativa*) ve domuz pıtrağı (*Xanthium strumarium* L.) bitkilerinin fide büyümesine kuvvetli negatif etkide bulunduğu ve uçucu yağ dozunun artışıyla negatif etkinin de arttığı açıklanmıştır (Önen, 2003). *Mentha piperita* (Nane) posasının çeltik bitkisinin fideleri üzerinde allelopatik etkiye sahip olduğu saptanmıştır (Singh ve Pandey, 2018). Kekik ve gül uçucu yağından elde edilen karvakrol ve geraniol bileşenlerinin buğday (Coşkun ve ark., 2017) ve mısır (Taş ve ark., 2017) tohumlarının çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine olumsuz etki gösterdiği araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir.

### Sonuç ve Öneriler

Damıtılmış lavanta atıklarının ekstraksiyonu sonrası elde edilen sikloheksanik bileşiklerin kimyasal bileşimi; GC ve GC/MS ile karakterize edilmiş, ana bileşenler arasında kumarin ve herniarin'in %33'ü bulunduğu bildirilmiştir. Diğer ana bileşenler arasında,  $\alpha$ -bisabolol (%9.6) ve *T*-cadinol (%5.0) olarak belirtilmiştir (Tiliacos ve ark., 2008). Çalışmamızda kullanılan lavandin uçucu yağının bileşenlerine baktığımızda; içeriğinde yüksek oranda bulunan linalyl acetate (%38), linalol (%28), camphor (%4), alpha bisabolol (%3), 1-8 cineole (%3), lavandulyl acetate (%2.5) ve caryophyllene (%2) bileşiklerinin (Çizelge 1) bulunduğu, bu bileşikteki bir yağın mısır tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine olumsuz etkileri olduğu bu çalışmayla anlaşılmıştır. Dolayısıyla lavanta bitkisinden uçucu yağları alındıktan sonra kalan bitki atıkları içerisinde de ekstraksiyon yöntemlerine ve bitki özelliklerine göre değişen miktarlarda uçucu yağ kalıntıları bulunabileceği göz önüne alındığında lavanta bitkisi atıklarının tarla şartlarında mısırın tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine allelopatik etkileri olabileceği öngörülebilir. Bu nedenle, çalışmamız gibi gelecek çalışmalar için daha hızlı, daha ekonomik ve pratik olan laboratuvar çalışmaları ile bu tür allelopatik bileşiklerin tek tek veya kombinasyonlar halinde incelenmesi faydalı sonuçlar elde edilmesini sağlayabilir.

Yapılan çalışma sonucunda, lavandin uçucu yağı uygulamalarının mısır bitkisinin kök ve fide uzunluğu özellikleri dışındaki incelenen diğer özellikler üzerine olumsuz etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Uçucu yağ dozu artışına paralel olarak bu olumsuz etkinin seviyesi de artmıştır. Ülkemizde lavanta yağına ve lavandin bitkisi tarımına olan ilginin artmasıyla lavanta ekim alanları ve lavanta yağı işleme tesisleri de artmaktadır. Dolayısıyla yağı alındıktan sonra kalan lavanta bitkisi atıklarının diğer organik atıklarda olduğu gibi organik madde kaynağı olarak uygun olup olmadığı sorgulanmadan topraklara uygulanması sektörde sıklıkla önerilmektedir.

Çalışmamızda kullanılan lavanta yağının düşük dozlarında bile olumsuz etkilerinin görülmesi yağı alındıktan sonra içerisinde halen bir miktar uçucu yağ barındıran lavanta atıklarının uygulandıkları topraklarda yetiştirilen kültür bitkileri için allelopatik etkiye neden olabileceğini düşündürmektedir. Başta lavanta olmak üzere uçucu yağ elde etmek amacıyla üretilen tüm tıbbi-aromatik bitkilerin uçucu yağları ve yağ bileşenlerinin gerek kültür bitkilerine gerekse yabancı otlara gösterebileceği allelopatik etkileri ile ilgili çalışmalar; önce laboratuvarında kontrollü koşullarda, sonra sera ve tarla şartlarında titizlikle yapılmalıdır. Bu araştırmaların yaygınlaştırılmasıyla tarımda kullanılan kimyasal gübreler ve pestisitler gibi toksik kimyasalların miktarları azaltılabilir, böylece daha sağlıklı organik ve sürdürülebilir tarım yapılabilir.

### Teşekkür

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Koordinasyon Birimi tarafından FBA-2019-2784 proje numarasıyla desteklenmiştir.



### Kaynaklar

- Abraham, D., Braguini, W.L., Kelmer-Brach, A.M., Ishii-Iwamoto, E.L., 2000. Effect of four monoterpenes on germination, primary root growth, and mitochondrial respiration of maize. *Journal of Chemical Ecology*. 26: 611-624.
- Amini, R.A., 2013. Allelopathic potential of little seed canary grass (*Phalaris minor* Retz) on seedling growth of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*. 3: 85-91.
- Bağcı, S.A. Ekiz, H., Yılmaz, A., 2003. Determination of the salt tolerance of some barley genotypes and the characteristics affecting tolerance. *Tr. J. Agriculture and Forestry*. 27:253-260.
- Baydar, H., 2009. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilimi ve Teknolojisi (3. Baskı). SDÜ Yayınları, (51).
- Baydar, H., 2013. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilimi ve Teknolojisi (Güncellenmiş 6. Basım), Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Coşkun, Y., Taş, İ., Oral, A., Türker, G., Tütenocaklı, T., 2017. Kekik ve Gül Uçucu Yağ Bileşenlerinin Buğday Tohumunda Çimlenme Üzerinde Etkileri. II. Çanakkale Tarımı Sempozyumu, Çanakkale - Türkiye, 14-15 Aralık 2017, ss.5-5.
- Craine, J.M., Dyzbinski, R., 2013. Mechanisms of plant competition for nutrients, water and light. *Functional Ecology*. 27(4), 833-840.
- Delen, N., Durmuşoğlu, E., Güncan, A., Güngör, N., Turgut, C., Burçak, A., 2005. Türkiye’de Pestisit Kullanımı, Kalıntı ve Organizmalarda Duyarlılık Azalışı Sorunları. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, 3-7 Ocak, Ankara.
- Dudai, N., Poljakoff-Mayber, A., Mayer, A.M., Putievsky, E., Lerner, H.R., 1999. Essential oils as allelochemicals and their potential use as bioherbicides. *Journal of Chem. Ecology*. 25(5), 1079-1089.
- Duke, S.O., 1991. Plant terpenoids as pesticides. *Toxicology of Plant and Fungal Compounds* (eds, R.F. Keeler and A.T. Tu), Marcel Dekker, pp. 269-296.
- Duke, S.O., 2003. Ecophysiological aspects of allelopathy. *Planta*. 217(4), 529-539.
- Goldberg, D.E., 1990. Components of resource competition in plant communities. *Perspectives on Plant Competition*. 27-49.
- Haig, T.J., Haig, T.J., Seal, A.N., Pratley, J.E., An, M., Wu, H., 2009. Lavender as a source of novel plant compounds for the development of a natural herbicide. *Journal of Chemical Ecology*. 35(9), 1129-1136.
- ISTA, 2009. International Rules for Seed Testing. The International Seed Testing Association (ISTA), Zurichstr 50, CH-8303, Bassersdorf, Switzerland.
- Kacar, B., İnal, A., 2010. Bitki Analizleri, 2. Baskı. Nobel Yayınları No:1241.
- Kara, Y., 2016. Allelopathic effect of different extract concentrations of *Lavandula angustifolia* (Miller) on seed germination and seedling growth of *Zea mays* L. and *Lens culinaris*. *Journal of Environmental Protection and Ecology*. 17(1), 199-205.
- Kropff, M.J., Walter, H., 2000. EWRS and the Challenges for Weed Research at the Start of A New Millennium. *Weed Research*. 40: 7-10.
- Madidi, S.E., Baroudi, B.E., Aameur, F.B., 2004. Effects of Salinity on Germination and Early Growth of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Cultivars. *Int J Agric Biol*. 6: 767-770.
- Nazemi, A.H., Asadi, G.A., Ghorbani, R., 2018. Allelopathic Potential of lavender’s extract and coumarin applied as pre-plant incorporated into soil under agronomic conditions. *Planta Daninha*. 36.
- Önen, H., 2003. Bazı bitkisel uçucu yağların biyoherbisidal etkileri. *Türkiye Herbol. Derg.* 6 (1):39-47.
- Paterson, D.T., 1985. Comparative ecophysiology of weeds and crops. (Editör: S.O., Duke) *Weed Physiology*. Vol.: I, Boca Raton, Florida, CRC Pres, pp: 101-129.
- Rice, E.L., 1984. Allelopathy. Academic Press, pp.,130-188.
- Robinson, J.B., 1983. *The Organic Constituents of Higher Plants*. Cordus Press.
- Singh, P., Pandey, A.K., 2018. Prospective of essential oils of the genus *Mentha* as biopesticides: A review. *Frontiers in Plant Science*. 9(1295), 1-13.
- Taş, İ., Coşkun, Y., Türker, G., Oral, A., Tütenocaklı, T., 2017. Effects of some essential oil components of rose and thyme on the germination of corn seed. *The International Joint Science Congress of Materials and Polymers, Ohrid, Makedonya*, 25-28 Ağ. 2017, pp.37-37.
- Telci, İ., 2006. Uçucu Yağlar ve Allelopati. Allelopati Çalıştayı, 13-15 Haziran, Yalova.
- Tiliacos, C., Gaydou, E.M., Bessière, J.M., Agnel, R., 2008. Distilled lavandin (*Lavandula intermedia* Emeric ex Loisel) wastes: a rich source of coumarin and herniarin. *J. of Essential Oil Research*. 20(5), 412-413.
- Uluğ, E., Kadioğlu, İ., Üremiş, İ., 1993. Türkiye’nin yabancı otları ve bazı özellikleri. *TKB, Adana Zirai Mücadele Araştırma Enst.*, Y. No: 78, Adana, 513s.





Araştırma Makalesi/Research Article

# Palandöken Dağı Korunan Bir Alpin Meranın Bitki Örtüsü, Yaygın Geniş Yapraklı Türlerin Yersel Dağılımı ve Bitki Türleri İle Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Şule Erkovan\*  Ali Koç 

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Eskişehir<sup>TÜRKİYE</sup>  
\*Sorumlu yazar: serkovan@ogu.edu.tr

Geliş Tarihi: 24.02.2021

Kabul Tarihi: 06.05.2021

## Öz

Canlı ve dinamik yapıya sahip mera vejetasyonları çok çeşitli faktörlerin etkisi altında şekillenmektedir. Yüksek rakıma sahip korunan mera alanında yürütülen bu çalışmada toplam 47 bitki türüne rastlanılmış, buğdaygiller familyasına dahil türlerin oranı 40,90, baklagiller familyasına dahil türlerin oranı 36,31 ve diğer familyalara dahil türlerin oranı 22,80 olarak bulunmuştur. Yersel değişkenlik homojen olmayan bir dağılım göstermiş, en homojen dağılım *Medicago papillosa* olduğu belirlenmiştir. Bitki türleri ve toprak özellikleri arasında önemli ilişkiler tespit edilmiştir. Buğdaygil türleri ordınasyon ekseninde merkezde yer alırken, diğer türler toprak özelliklerine bağlı olarak eksellere dağılmıştır. Sonuç olarak korunan mera vejetasyonlarında otlatmanın olumsuz etkisi olmamasına karşın bitkiler arası ve bitki çevre ilişkilerinin önemli olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Botanik kompozisyon, yersel dağılım, bitki toprak ilişkileri

## Vegetation of an Enclosed Alpine Rangeland of Palandoken Mountain, Spatial Distribution of Common Forb Species, and Relations Among the Plant Species and Soil Characteristics

### Abstract

Rangeland vegetation, which have active and dynamic structures, are formed under the effect of various factors. Totally 47 plant species were detected and 40,90 % of them were grass species, 36,31 % were legume species, and the 22,80 % of it were constituted of the other species. Spatial distribution of the species were determined as fragmental and *Medicago papillosa* was the most homogenous among the species. Significant relations were determined among the plant species and soil characteristics. While grass species were located at the center, other species dispersed through the axis according to the ordination analysis that conducted based on the soil characteristics. Results showed that despite the negative effect of the grazing did not exist, plant-plant and plant-environment relations could significantly affect the vegetation in enclosed rangelands.

**Keywords:** Botanical composition, spatial patterns, plant and soil relationships

## Giriş

Meralar hayvanlara yem üretmenin yanı sıra toprak ve su muhafazası, doğanın korunması ve güzelleşmesi gibi pek çok fonksiyonları vardır. Hayvancılığın temel yem kaynağı olan meralar, dünyada çiftlik hayvanların ihtiyaç duyduğu kaba yemin yaklaşık %70'ini karşılamaktadır (Lund, 2007). Bununla birlikte toprak yüzeyini kaplayarak toprakların yerinde tutulmasını ve yağış sularının toprağa infiltre olmasını sağlamak suretiyle erozyonu azaltmaktadırlar. Ayrıca yeşil renk maddesinden dolayı O<sub>2</sub> üretimi, renk çeşitliliğinden dolayı görünüm ve mesire yeri, yaban hayatı ve arıcılık için biyoçeşitlilik gibi avantajlar sağlamaktadır (Altın ve ark. 2011).

Mera bitki örtüleri canlı ve dinamik bir yapıya sahip olup çok sayıda türden meydana gelmektedir. Meralarda baskın türler buğdaygiller familyasına dahil türler olmasına rağmen farklı familyalara ait türler önemli rol oynamaktadırlar. Çünkü hem aynı türler arasında hem de farklı türler arasında etkileşim bulunmaktadır. Türler arasındaki bu etkileşim bitki örtüsü, iklim, çevre ve kullanım şartlarındaki değişimler tarafından şekillenmektedir. Bitki türleri arasında stresin olumsuz etkisini hafifletmek amacıyla türler arasında pozitif bir etkileşimin olduğu bilinmektedir (Cramer ve ark. 2010;





Grant ve ark. 2014). Ancak stres şartları ortadan kalktığına pozitif etki negatif, olumsuz veya rekabet olarak adlandırılan etkiye dönüşmektedir (Castanho ve ark. 2015). Olumlu veya olumsuz ilişkiler toplulukların oluşması, canlılığı ve yok olmasında çok önemli role sahiptir (Verdu ve ark. 2010).

Bitkilerin gelişimi ve tür kompozisyonu üzerine komşu bitki türlerinin etkileri tam olarak bilinmemektedir. Olumsuz çevre şartlarını iyileştirmede azot bağlayan bitkiler doğrudan veya dolaylı olarak pozitif yönde etkilemektedir (Kurokawa et al. 2010). Bu durum bitki örtüsünün tür bileşeninin şekillenmesinde etkili olmaktadır. Örneğin bozulmuş alanlarda baklagillerin yoğunluğu artarak ortamın iyileşmesine katkı sağlamakta (Venterink 2011) ve zamanla diğer bitkilerin ortama yerleşmesine öncülük etmektedir. Doğal bitki örtülerini meydana getiren türler arasındaki karşılıklı ilişkilerin bilinmesi bitki örtüsünün tür bileşeninin değişim yönü hakkında fikir verecektir. Bu bilgiler etkin bir şekilde değerlendirilerek değişim yönüne müdahale etmek mümkündür. Elde edilen bilgiler doğrultusunda otlatmanın düzenlenmesi veya uygun ıslah yöntemleri (gübreleme, üstten tohumlama, temizlik biçimi vb) ile bitki örtüsünün amaca uygun (otlatma için daha fazla üretim sağlanabileceği gibi türlerin korunması ve bitki örtüsünde çeşitliliğin muhafazası) bir şekilde yöneliminin sağlanması mümkün olabilir. Bu sayede ekosistemin işlevlerini sağlıklı bir şekilde sürdürebilmesine katkı sağlayacaktır.

Palandöken Dağlarında yüksek rakımlı (alpin) bir merada yürütülen bu çalışmanın amacı korunan mera alanlarında; I. botanik kompozisyonu belirlemek, II. kompozisyonda yaygın olan geniş yapraklı türlerin yersel dağılımını ortaya çıkarmak ve III. tür bileşeninde oranları %1'den daha fazla olan türlerin toprak özellikleri ile ilişkilerini belirlemektir.

### Materyal ve Metod

Araştırma Erzurum ili Palandöken Dağlarında 2250 m rakıma ve %20 eğime sahip korunan mera alanında 2013 ve 2014 yıllarında iki yıl süre ile yürütülmüştür. Vejetasyon etüdü mera alanındaki bitki türlerinin teşhislerinin yapılabilmesi için baskın türlerin çiçeklendiği dönemde (Haziran) yapılmıştır. Botanik kompozisyonu belirlemek için bitki örtüsünün yüzeyel değişimi dikkate alınarak eğime dik bir şekilde (kuzey-güney istikametinde) modifiye edilmiş tekerlekli nokta metodu ile 10 hatta toplam 1000 noktada bitki örnekleme yapılmıştır. Her bitki türüne ait değerler toplam bitki sayısına oranlanarak türlerin botanik kompozisyondaki oranları hesaplanmıştır (Gökkuş ve ark. 1995).

Yüksek rakım ve karasal iklimin hüküm sürdüğü ilde gece-gündüz ve yaz-kış arasında büyük sıcaklık farklılıkları görülmektedir. Kışlar soğuk ve kar yağışlı, yazlar serin ve kurak geçmektedir. Yağışlar daha çok kış ve ilkbahar aylarında düşmektedir. Uzun yıllar ortalaması yıllık toplam yağış 391,6 mm, 2013 ve 2014 yıllarında toplam yağış miktarları sırasıyla 284,4 ve 419,5 mm olarak kaydedilmiştir. Uzun yıllar ortalaması 5,1°C olan sıcaklık, 2013 yılında 5,3°C, 2014 yılında ise 7,7°C olarak kaydedilmiştir. Nispi nem uzun yıllar ortalaması olarak %66,4 olarak kaydedilmiş, 2013 yılında uzun yıllar ortalamasının üzerinde (%66,0), 2014 yılında ise uzun yıllar ortalamasının altında (%63,8) olmuştur (Çizelge 1) (Anonim, 2015). Mera alanında alınan topraklar tınlı bünyeye sahip olup, pH 6,17, organik madde %6,59, agregat stabilitesi %82, 40, elektriksel iletkenlik 244,02 µmhos/cm, 9,47 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve 0,39 % CaCO<sub>3</sub> olarak tespit edilmiştir (Soil Survey Laboratory Staff, 1992).

Yapılan vejetasyon etüdünde *Medicago papillosa*, *Astragalus microcephalus*, *Thymus parviflorus* ve *Hypericum scabrum* türlerinin X-Y düzleminde kuzey-güney istikametinde varlıkları kaydedilmiştir. Kaydedilen veriler kullanılarak türlerin yersel dağılımları GS + geostatistical software ile belirlenmiştir (Gamma Design Software, 2005).

Bitki örtüsü ile toprak özellikleri arasındaki ilişki multivaryete istatistik metodlarından ordınasyon analizi CANOCO 4.5 for Windows programı kullanılarak belirlenmiştir. Multivaryete analizde CCA (Canonical Correspondance Analysis) yöntemi kullanılmıştır (ter Braak ve Smilauer, 2002). İncelenen mera vejetasyonunda bitki türlerinin oranı %1'in altında kalanlar ordınasyon analizine dahil edilmemiştir.



Çizelge 1. Araştırma sahasının 2013 ve 2014 yılları ile uzun yıllar (1990-2014) ortalamasına ait yağış, sıcaklık ve nispi nem değerleri (Anonim, 2015)

Aylar	Aylık Toplam Yağış (mm)			Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)			Aylık Ortalama Nispi Nem (%)		
	2013	2014	Ort	2013	2014	Ort	2013	2014	Ort
Ocak	28,7	11,3	16,5	-9,5	-10,1	-10,6	83,0	83,9	78,8
Şubat	28,5	8,0	20,3	-7,4	-4,5	-9,1	89,5	80,4	78,2
Mart	30,9	47,1	35,5	-0,8	2,7	-2,5	75,9	65,0	74,9
Nisan	36,3	34,0	58,1	7,2	7,7	5,4	64,4	61,0	67,6
Mayıs	36,3	115,9	67,5	11,6	11,7	10,5	63,5	64,8	64,0
Haziran	32,3	24,5	40,9	15,0	15,9	14,9	57,2	50,6	58,7
Temmuz	25,1	44,7	25,3	19,4	21,2	19,2	50,4	44,1	53,2
Ağustos	7,8	4,8	14,1	19,5	22,2	19,4	45,9	37,2	50,2
Eylül	13,6	47,7	21,0	13,6	15,4	13,9	49,8	48,3	52,4
Ekim	16,8	51,6	43,3	6,0	8,8	7,7	59,6	67,4	65,3
Kasım	19,6	17,2	27,4	2,3	1,3	0,0	74,1	68,5	73,7
Aralık	8,3	12,7	21,8	-13,4	-0,2	-7,2	78,6	81,5	79,3
Top/Ort	<b>284,2</b>	<b>419,5</b>	<b>391,6</b>	<b>5,3</b>	<b>7,7</b>	<b>5,1</b>	<b>66,0</b>	<b>63,8</b>	<b>66,4</b>

### Bulgular ve Tartışma Botanik Kompozisyon

Botanik kompozisyonda ortalama %40,90 olan buğdaygillerin oranı birinci yıl %45,03, ikinci yıl %36,77 olarak kaydedilmiştir. Ortalama %36,31 olan baklagillerin oranı ilk ve ikinci yılda %33,91 ve %38,70, diğer familyalara ait türlerin oranı (ortalama %22,80) ise yıllara göre %21,06 ve %24,53 olmuştur (Çizelge 2). Buğdaygiller familyasına dahil türlerden *Festuca ovina* (%16,81), *Bromus variegatus* (%15,38), *Phleum montanum* (%5,13) ve *Koeleria cristata* (%2,53), baklagillerden *Medicago papillosa* (%20,05), *Astragalus lineatus* (%10,65) ve *Astragalus microcephalus* (%5,08) ve diğer familyalardan ise *Thymus parviflorus* (%6,70), *Alyssum desertorum* (%1,16), *Dianthus multicaulis* (%1,14), *Galium verum* (%1,75), *Hypericum scabrum* (%1,64), *Plantago lanceolata* (%1,39) ve *Ziziphora persica* (%1,12) türlerine botanik kompozisyonda %1'in üzerinde rastlanmıştır (Çizelge 2).

Buğdaygiller familyasına dahil bitki türleri meraların hakim bitki türleridir (Herbel ve Pieper, 1991). Buğdaygiller yüzeysel ve yoğun dallanan saçak kökleri sayesinde toprak yüzeyini nemlendiren kısa süreli az yağışları en etkili değerlendiren bitki türleridir (Lauenroth, 1979). Bu özellikleri dünya meralarında buğdaygillerin hakim tür olmasında etkili olmaktadır. Buğdaygiller familyasına dahil türlerin oranının kompozisyonda yüksek olmasının bir başka nedeni ise rekabet güçlerinin yüksek olmasıdır. Rekabet gücü yüksek olan bitki türleri ortam faktörlerini diğer türlere göre daha iyi değerlendirmektedirler (Erkovan ve ark. 2008; Erkovan ve ark. 2011). Başka bir ifadeyle yağışın mevsimsel değişimi türlerin oranının değişimine etki eden en önemli faktörlerdendir (Clarke ve ark. 2005). Çalışmanın yürütüldüğü mera kesiminde buğdaygiller familyasına dahil bitki türlerinin oranının ikinci yılda azalmasının iklim seyriindeki farklılık ile ilgili olması muhtemeldir. Büyüme mevsimi içerisinde düşen yağışlar saçak köklü türlerin oranını artırırken, sonbahar ve kışın düşen yağışlar derine sızacağı için kazık köklü türlerin oranlarını artırmaktadır (Friedel ve ark. 1993). İkinci yılda Mayıs ayı uzun yıllar ortalamasının üzerinde yağış almakla birlikte büyüme mevsimine denk gelen yıllarda uzun yıllar ortalamasına göre daha az yağış düşmüştür (Çizelge 1). Bu durum ikinci yılda kazık köklü bitkilerde gelişmeyi teşvik ettiği için tür bileşeninde baklagillerin oranı artış göstermiştir.



Çizelge 2. Araştırma sahasına ait bitki türleri, kısaltmaları ve yıllara göre botanik kompozisyondaki oranları (%)

<b>Bitki Türleri</b>	<b>Kısaltmalar</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>Ort</b>
<b>Buğdaygiller</b>				
<i>Bromus variegatus</i>	BroVar	17,66	13,10	15,38
<i>Bromus lanceolatus</i>	BroLan	-	0,33	0,17
<i>Bromus tomentellus</i>	BroTom	-	0,79	0,40
<i>Dactylis glomerata</i>	DacGlo	0,12	-	0,06
<i>Festuca oreophila</i>	FesOre	0,66	-	0,33
<i>Festuca ovina</i>	FesOvi	19,41	14,21	16,81
<i>Koeleria cristata</i>	KoeCri	1,93	3,12	2,53
<i>Phleum montanum</i>	PhlMon	5,15	5,10	5,13
<i>Poa bulbosa</i>	PoaBul	0,10	0,12	0,11
<b>Toplam</b>		<b>45,03</b>	<b>36,77</b>	<b>40,90</b>
<b>Baklagiller</b>				
<i>Astragalus microcephalus</i>	AstMic	3,68	6,48	5,08
<i>Astragalus lagurus</i>	AstLag	-	0,85	0,43
<i>Astragalus lineatus</i>	AstLin	9,89	11,41	10,65
<i>Coronilla orientalis</i>	CorOri	0,21	-	0,10
<i>Medicago papillosa</i>	MedPap	20,13	19,96	20,05
<b>Toplam</b>		<b>33,91</b>	<b>38,70</b>	<b>36,31</b>
<b>Diğer Familyalar</b>				
<i>Acantholimon caryophyllaceum</i>	AcaCar	0,47	0,23	0,35
<i>Achillea millefolium</i>	AchMil	0,85	0,65	0,75
<i>Achillea biebersteinii</i>	AchBie	-	0,23	0,11
<i>Alyssum desertorum</i>	AlyDes	-	2,31	1,16
<i>Alyssum murale</i>	AlyMur	0,83	0,33	0,58
<i>Carum carvii</i>	CarCar	-	0,22	0,11
<i>Campanula stevenii</i>	CamSte	-	0,56	0,28
<i>Campanula rapunculoides</i>	CamRap	0,12	-	0,06
<i>Carex distans</i>	CarDis	0,36	-	0,18
<i>Centaurea sessilis</i>	CenSes	0,26	0,54	0,40
<i>Centaurea urvillei</i>	CenUrv	0,12	0,21	0,17
<i>Dianthus multicaulis</i>	DiaMul	1,08	1,19	1,14
<i>Galium incanum</i>	GalInc	0,22	-	0,11
<i>Galium verum</i>	GalVer	1,65	1,85	1,75
<i>Helichrysum arenarium</i>	HelAre	0,12	0,22	0,17
<i>Hypericum scabrum</i>	HypSca	2,28	1,00	1,64
<i>Muscari massayanum</i>	MusMas	-	0,22	0,22
<i>Onosma sp</i>	Onosma	-	0,68	0,34
<i>Plantago lanceolata</i>	PlaLan	1,54	1,23	1,39
<i>Polygonum cognatum</i>	PolCog	0,57	1,19	0,88
<i>Potentilla recta</i>	PotRec	0,96	-	0,48
<i>Rumex acetocella</i>	RumAce	-	0,12	0,06
<i>Sedum subulatum</i>	SedSub	0,58	0,21	0,40
<i>Silene alba</i>	SilAlb	0,36	0,87	0,62
<i>Stachys lavandulifolia</i>	StaLav	0,11	-	0,06
<i>Tanacetum abrotanifolium</i>	TanAbr	-	0,10	0,05
<i>Taraxacum officinalis</i>	TarOff	-	0,33	0,17
<i>Teucrium polium</i>	TeuPol	0,24	0,52	0,38
<i>Thymus parviflorus</i>	ThyPar	6,14	7,26	6,70
<i>Tragopogon reticulatus</i>	TraRet	0,24	0,33	0,29
<i>Verbascum cheiranthifolium</i>	VerChe	0,67	0,65	0,66
<i>Veronica orientalis</i>	VerOri	0,11	0,22	0,16
<i>Ziziphora persica</i>	ZizPer	1,17	1,06	1,12
<b>Toplam</b>		<b>21,06</b>	<b>24,53</b>	<b>22,80</b>

### Türlerin Yersel Dağılımı

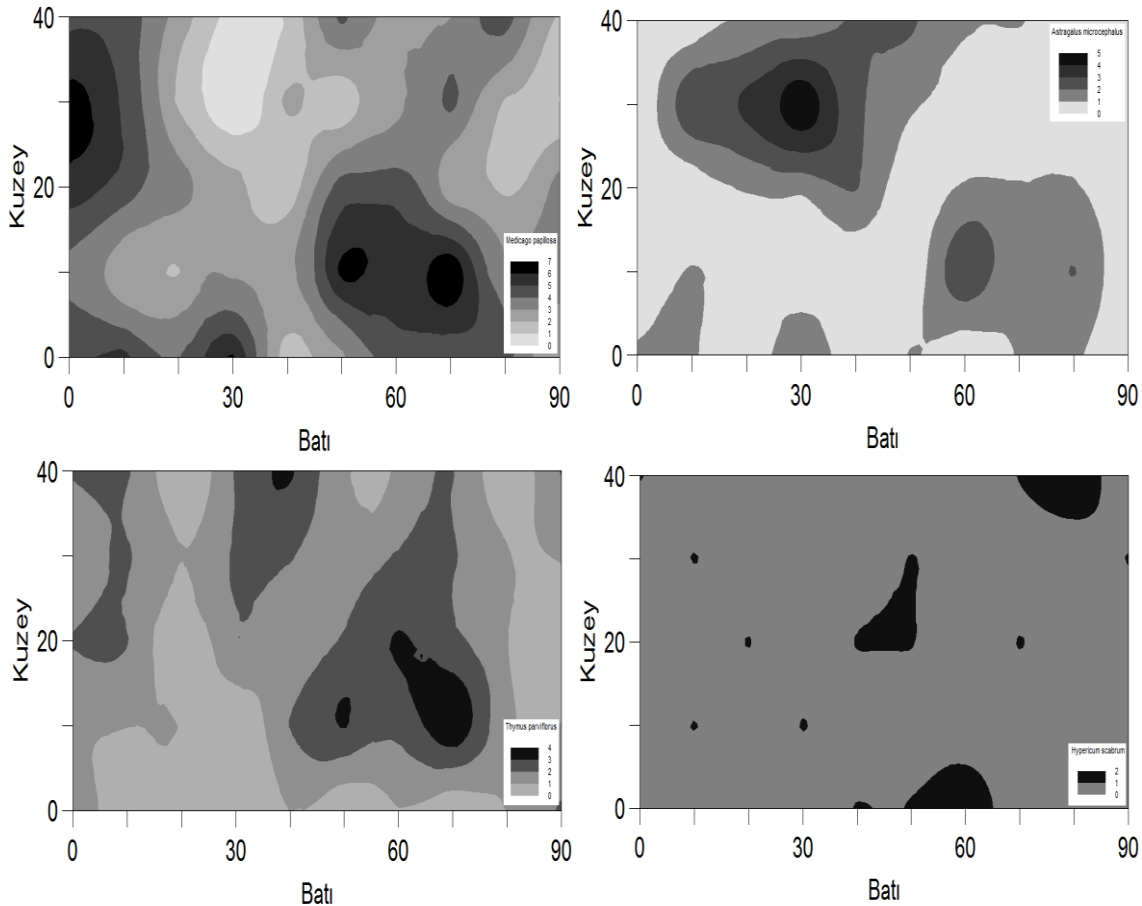
Yöneysel semivariogramların yapısal değerleri arasında farklılıklar olmadığı için yersel

değişkenliği tanımlamak amacıyla isotropik semivariogram modelleri en uygun modeller olarak seçilmiştir. *M. papillosa* ve *H. scabrum* için exponensiyal, *A. microcephalus* ve *T. parviflorus* için küresel semivariogram modellerinin uygun modeller olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3). Yersel bağımlılık derecelerinin %6,98 ile %18,52 arasında değiştiği, bitki türlerinin çok güçlü yersel bağımlılık gösterdikleri belirlenmiştir. Etki aralığı mesafeleri 17,01 m, 36,00 m, 18,02 m ve 15,30 m olup, en yüksek etki mesafesi *M. papillosa* (36,00 m) bitkisinde tespit edilmiştir. Bu durum *M. papillosa*'nın daha homojen bir dağılım gösterdiğine dikkat çekmektedir. *A. eriocephalus* rastgele bir dağılım sergilemiş, *T. parviflorus* kuzey batı kesiminde yoğunluk göstermiş, en düşük etki mesafesine sahip tür *H. scabrum* (15,30 m) olup diğer türlere oranla daha seyrek dağılım sergilemiştir (Şekil 1).

Çizelge 3. Geniş yapraklı bitki türlerinin mera vejetasyonlarında batı (x) kuzey (y) ekseninde yersel dağılımları

Bitki türleri	Semivariogram model	$C_0$	$C_0+C$	$C_0/C_0+C$	$A_0$	$r^2$
<i>M. papillosa</i>	Küresel	0,086	1,232	6,98	17,01	0,255
<i>A. microcephalus</i>	Exponensiyal	0,770	4,157	18,52	36,00	0,904
<i>T. parviflorus</i>	Küresel	0,070	0,924	7,58	18,02	0,845
<i>H. scabrum</i>	Exponensiyal	0,0316	0,3242	9,75	15,30	0,211

$C_0$ : Nugget varyansı,  $C_0+C$ :Sill varyansı,  $C_0/C_0+C$ : Nugget/Still,  $A_0$ : Etki aralığı



Şekil 1. Geniş yapraklı bitki türlerinin mera vejetasyonlarında batı (x) kuzey (y) ekseninde yersel dağılımları

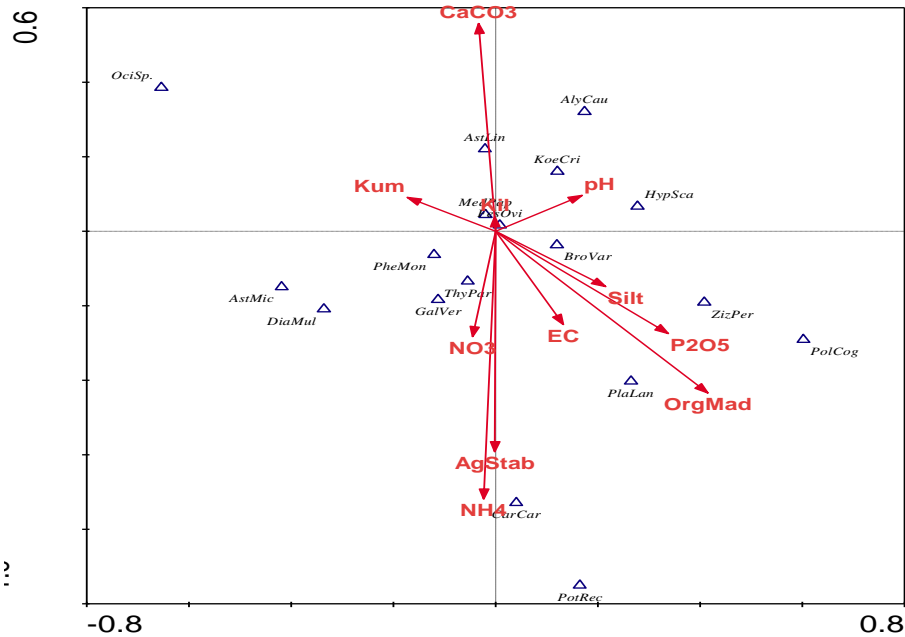
Bitki türleri heterojen yapıya sahip topraklarda gelişimlerini sürdürerek heterojenliğin artmasına katkıda bulunmaktadır (Rajaniemi, 2011). Yüksek rakımlı meralarda toprak yapısının çok değişken olması ve kısa mesafelerde büyük değişiklikler göstermesi (Thilenius, 1979) bu parçalı dağılım üzerine etkili olması beklenen bir durumdur. Doğal bitki örtülerinde türlerinin dağılımları aralarındaki ilişkiye bağlı olarak değişmektedir (Rayburn ve Schupp, 2013). Havanın serbest azotunu

bağlaması, allelopatik etki göstermesi ve yüksek rakımlı alanlara iyi uyum sağlaması nedeniyle yaşama alanını kendi lehine çevirebilen *M. papillosa* diğer türlere oranla daha homojen dağılmıştır (Erkovan ve ark. 2008; Eldridge ve ark. 2011; Blaser ve ark. 2013; Sitters ve ark. 2013). Başka bir baklagil bitkisi olan *A. microcephalus* ise daha çok meralardaki bitki türlerinin yoğunluğunun az olduğu alanlarda yayılım göstermiştir. Zira korunan alanlarda bitkinin azot bağlayarak ortamı zenginleştirilmesi nedeniyle gelişen buğdaygiller bu bitkiyi baskı altına almaktadır. Nitekim Erzurum’da yürütülen bir çalışmada azot uygulanan parsellerde dikenli geven türünün hızla azaldığı kaydedilmiştir (Koç ve ark. 1994). Dolayısıyla gölgeye dayanamayan bitki açık alanlarda yaşama şansı bulduğu için buralarda kolonileşmiştir. *T. parviflorus* üretmiş olduğu yeşil aksam ile baklagil türleri kadar olmasa da etrafındaki toprakları besin ve su içerikleri bakımından zenginleştirmekte ve ortamı kendi lehine çevirmektedir (Grant ve ark. 2014; Castanho ve ark. 2015). *T. parviflorus*’un ortamı kendi lehine çevirmede allelopatik özelliği (Small ve ark. 1990) etkili olmaktadır. Sonuçta bitki kısa boylu olmasına rağmen ortamda yayılım gösterebilmektedir.

Yersel bağımlılık derecesini tanımlamak için nugget varyansın sill varyansa oranı kullanılmıştır. Bu oran %25’den düşükse çok güçlü, %25-75 arasında ise orta düzeyde ve %75’den büyükse zayıf yersel bağımlılığın olduğu kabul edilmektedir (Cambardella ve ark. 1994). Yersel değişkenliği incelenen türlerin oranlarının %25’den düşük olduğu Çizelge 3’de görülmektedir. İncelenen çalışmada baklagil türleri azot bağlama ve üretmiş olduğu atıklarla toprağı iyileştiren, *T. parviflorus* üretmiş olduğu yeşil aksam ile allelopatik etkisi sayesinde toprak özelliklerini kendi lehine düzenlemektedir, *H. scabrum* türü ise zayıf gelişmesi ve rekabet gücünün düşük olması nedeniyle alanda daha seyrek bulunmaktadır. Yürütülen bu çalışmada bitki türlerinin bağımlılık derecesinin yüksek olduğu yapılan çalışmalarla benzerlik göstermiştir (Rajaniemi, 2011; Koç ve ark. 2013a; Ehlers ve ark. 2014).

#### Toprak Özellikleri ve Vejetasyon Arasındaki İlişkiler

Toprak özellikleri ile tür kompozisyonu arasında önemli ilişkiler tespit edilmiştir. Tür çevre ilişkisi kümülatif varyans I: 25,0, II: 46,7, III: 65,7 ve IV: 80,2 olarak bulunmuştur. Eigen değerleri ise sırasıyla 0,040, 0,035, 0,031 ve 0,023 olarak tespit edilmiş ve toplam inerta 0,161 olarak belirlenmiştir. Bitki türlerinin dağılımı toprak özellikleri ve türler arası ilişkilere bağlı olarak ordınasyon diyagramı üzerinde farklılık göstermektedir (Şekil 2). Organik madde, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ile PlaLan, ZizPer ve PolCog, agregat stabilitesi, NH<sub>4</sub> ile CarCar, CaCO<sub>3</sub> ile AstLin arasında pozitif ve önemli bir ilişki tespit edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Araştırma sahası vejetasyon ve toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. (Bitki türlerine ait kısaltmalar çizelge 2’de verilmiştir. AgStab: Agregat stabilitesi, OrgMad: Organik madde)



Aynı iklim, topoğrafya ve kullanım geçmişine sahip meralarda botanik kompozisyonu etkileyen en önemli faktörler toprak özellikleri ile türler arasındaki ilişkilerdir. Organik madde ve besin elementi içeriği tür kompozisyonu ile dağılımını etkileyen önemli faktörlerin başında gelmektedir (Koç ve ark. 2008; Koç ve ark. 2013b; Rayburn and Schupp, 2013). Baklagiller familyasına dahil türlerin yoğun olarak bulunduğu kesimlerde toprakların Ca içeriği daha yüksektir (Venterink, 2011; Blaser ve ark. 2013). Yeşil aksamı fazla olan bitki türleri çevresinde de toprakların organik madde ve azot içeriğinin daha yüksek olduğu ifade edilmektedir (Erkovan ve ark. 2008; Ehlers ve ark. 2014).

Bitki tür kompozisyonu ve dağılımını etkileyen diğer önemli faktör ise türler arasındaki ilişkilerdir. Bitki türlerinin etkisi doğrudan veya dolaylı olabilmektedir. Doğrudan etki bitkilerin ortamı besin elementi ve su içerikleri açısından zenginleştirilmesi şeklinde ortaya çıkarken, dolaylı etki ise aralarındaki rekabet ilişkisi ve mikroorganizma, hayvanlar gibi üçüncü organizmaların etkisiyle ortaya çıkmaktadır (Grant ve ark. 2014; Castanho ve ark. 2015). Doğrudan ve dolaylı etki sonucunda ortam faktörlerindeki değişime bağlı olarak tür kompozisyonu ve dağılışı etkilenmektedir. Diğer önemli bir faktör ise rekabettir. Rekabet gücü yüksek olan türler ortam faktörlerini de kullanarak, tür kompozisyonunu ve dağılımını etkileyebilmektedir (Erkovan ve ark. 2011; Wang ve ark. 2014).

### Sonuç

Sonuç olarak korunan mera vejetasyonlarında bitki türleri üzerine otlatmanın olumsuz etkisi olmamasına karşın, parçalı bir dağılımın ortaya çıkmasında toprak yapısındaki değişim ve türler arası etkileşim etkili olmaktadır. Dolayısıyla bitki türlerinin merada tekdüze bir dağılım göstermesi beklenmez. Ancak yapılacak müdahaleler ile tür bileşeninin değişimi yönlendirilebilir. Zaman içerisinde ortam faktörlerindeki değişime bağlı olarak tür bileşeninde de değişim olması kaçınılmazdır. Elde edilen bulgular Palandöken Dağlarında yüksek rakımlı korunan meralarda zaman içerisinde *A. eriocephalus* ve benzeri türlerin gölgeleme etkisi ile oranının azalacağı, *M. papillasa* ve *T. parviflorus*'un artış sergileyeceği yönündedir. Bununla birlikte her ne kadar otlatmadan korunsa da ortama yabancı hayvanların girmesi durumunda bu türler baskı altına alınabilir. Zira, yaz kuru döneminde yeşil kaldıkları ve otlanabilir olduklarından hayvanlar tarafından tercih edilecektir. Geniş yapraklı türlerin buğdaygiller kadar otlatmaya dayanmadığı dikkate alındığında bu bitkilerin yaz kuru dönemindeki otlatma baskısı ile dağılımlarının düzenlenebileceğini ifade etmemiz mümkündür. Bununla birlikte bu konuda daha detaylı çalışmalara ihtiyaç vardır.

### Kaynaklar

- Altın, M., Gökkuş, A., Koç, A., 2011. Çayır ve Mera Yönetimi. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü Cilt I, 363 s, Ankara.
- Anonim, 2015. T. C. Devlet Meteoroloji İşleri Müdürlüğü İklim Verileri. [1]
- Blaser, W.J., Sitters, J., Hart, S.P., Edwards, P.J., Venterink, H.O., 2013. Facilitative or competitive effects of woody plants on understorey vegetation depend on N-fixation, canopy shape and rainfall. *Journal of Ecology*. 101: 1598-1603.
- Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Novak, J.M., Parkin, T.B., Karlen, D.L., Turco, R.F., Konopka, A.E., 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*. 58: 1501-1511. [1]
- Castanho, C.T., Oliveira, A.A., Prado, P.I.K.L., 2015. Does extreme environmental severity promote plant facilitation? An experimental field test in a subtropical coastal dune. *Oecologia*. 178: 855-866.
- Clarke, P.J., Latz, P.K., Albrecht, D.E., 2005. Long-term changes in semi-arid vegetation: Invasion of an exotic perennial grass has larger effects than rainfall variability. *Journal of Vegetation Science*. 16: 237-248.
- Cramer, M.D., Van Cauter, A., Bond, W.J., 2010. Growth of N<sub>2</sub>-fixing African savanna Acacia species is constrained by below-ground competition with grass. *Journal of Ecology*. 98: 156–167.
- Ehlers, B.K., Charpentier, A., Grondahl, E., 2014. An allelopathic plant facilitates species richness in the Mediterranean garrigue. *Journal of Ecology*. 102: 176-185.
- Eldridge, D.J., Bowker, M.A., Maestre, F.T., Roger, E., Reynolds, J.F., Whitford, W.G., 2011. Impacts of shrub encroachment on ecosystem structure and functioning: towards a global synthesis. *Ecology Letters*. 14: 709-722.
- Erkovan, H.I., Tan, M., Halitligil, M.B., Kışlal, H., 2008. Performance of white-clover grasses mixtures: Part-I Dry matter production, botanical composition, nitrogen use efficient, nitrogen rate and yield. *Asian Journal of Chemistry*. 20: 4071-4076.



- Erkovan, H.İ., Koç, A., Aksakal, E.L., Öztaş, T., Özgül, M., 2011. Mera bitki örtüsünün koruma ve farklı otlatma sistemi uygulamalarına tepkisi. Türkiye IX. Tarla Bitkileri Kongresi, 1749-1754. 12-15 Eylül, Bursa.
- Friedel, M.H., Pickup, G., Nelson, D.J., 1993. The interpretation of vegetation change in a spatially and temporally diverse arid Australian landscape. *Journal of Arid Environments*. 24: 241-260.
- Gamma Design Software. 2005. *GS+Geoistatistics for the Environmental Sciences. GS+ User' s Guide, Ver 7, Plainwell, USA.*
- Gökkuş, A., Koç, A., Çomaklı, B., 1995. Çayır - Mera Uygulama Klavuzu. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 142, 139 s, Erzurum.
- Grant, K., Kreyling, J., Heilmeier, H., Beierkuhnlein, C., Jentsch, A., 2014. Extreme weather events and plant-plant interactions: shifts between competition and facilitation among grassland species in the face of drought and heavy rainfall. *Ecological Research*. 29: 991-1001.
- Herbel, C.H., Pieper, R.D., 1991. *Grazing Management. In Semiarid Lands and Deserts: Soil Resources and Reclamation, Marcel Dekker, pp. 361-385 New York, USA.*
- Koç, A., Çomaklı, B., Gökkuş, A., Tahtacıoğlu, L., 1994. Azot ve fosforla gübreleme ile korumanın Güzelyurt Köyü (Erzurum) mer'asının bitki örtüsüne etkileri. *Tarla Bitk. Kong., Cilt III Çayır-Mer'a Yembitk. Bildirileri*, 78-82. 25-29 Nisan, İzmir
- Koc, A., Erkovan, H.I., Serin, Y., 2008. Changes in vegetation and soil properties under semi-nomadic animal raising areas in highlands, rangelands of Turkey. *Current World Environment*. 3: 15-20.
- Koc, A., Erkovan, S., Erkovan, H.I., Oz, U., Birben, M.M., Tunc, R., 2013a. Competitive effects of plant species under different sowing ratios in some annual cereal and legume mixtures. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 12: 509-520.
- Koç, A. Güllap, M.K., Erkovan, H.I., 2013b. The soil seed bank pattern in highland rangelands of Eastern Anatolian Region of Turkey under different grazing systems. *Turkish Journal of Field Crops*. 18: 109-117.
- Kurokawa, H., Peltzer, D.A., Wardle, A., 2010. Plant traits, leaf palatability and litter decomposability for co-occurring woody species differing in invasion status and nitrogen fixation ability. *Functional Ecology*. 24: 513-523.
- Lauenroth, W.K., 1979. Grassland primary production: North American grassland in perspective, In *perspectives in grasslands ecology*, Ed: N.R. French. Springer-Verlag, New York. 3-24.
- Lund, H.G., 2007. Accounting for the world's rangelands. *Rangelands*. 29: 3-10.
- Rajaniemi, T.K., 2011. Competition for patchy soil resources reduces community evenness. *Oecologia*. 165: 169-174.
- Rayburn, A.P., Schupp, E.W., 2013. Effects of community- and neighborhood-scale spatial patterns on semi-arid perennial grassland community dynamics. *Oecologia*. 172: 1137-1145.
- Sitters, J., Edwards, P.J. Venterink, H.O., 2013. Increases of soil C, N and P pools along an *Acacia* tree density gradient and their effects on trees and grasses. *Ecosystems*. 16: 347-357.
- Small, E., Jurzysta, M. Nozzolillo C., 1990. The evolution of hemolytic saponin content in wild and cultivated Alfalfa (*Medicago sativa*, Fabaceae). *Economic Botany*. 44: 226-235.
- Soil Survey Laboratory Staff., 1992. *Soil Survey Laboratory Methods Manual. USDA-SCS. Soil Survey Investigations Report No: 42.*
- ter Braak, C.F.J., Smilauer, P., 2002. *Canoco Reference Manual and Candraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (Version 4.5). Wageningen University and Research Centre, Wageningen.*
- Thilenius J. F., 1979. Range management in the alphin zone: Practices and Problems. In: *Special Managements Needs of Alpine Ecosystems* (Ed: D. A. Johnson). Soc. Range Manage., Range Sci. Series No: 5 Colorado, USA.
- Venterink, H.O., 2011. Does phosphorus limitation promote species-rich plant communities?. *Plant Soil*. 345: 1-9.
- Verdu, M., Jordano, P., Valiente-Banuet, A., 2010. The phylogenetic structure of plant facilitation networks changes with competition. *Journal of Ecology*. 98: 1454-1461.
- Wang, P., Weiner, J., Cahill, J.F., Zhou, D.W., Bian, H.F., Song, Y.T., Sheng, L.X., 2014. Shoot competition, root competition and reproductive allocation in *Chenopodium acuminatum*. *Journal of Ecology*. 102: 1688-1696.



Araştırma Makalesi/Research Article

## Kısıtlı Sulama ve Kükürt Dozu Uygulamalarının Soya Fasulyesinde Bitki Gelişimi ve Klorofil (SPAD) İçeriğine Etkisi

Ali Yiğit<sup>1\*</sup>

Osman Ereku<sup>1</sup>

Nermin Yaraşır<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, 09100 Aydın,

<sup>2</sup>Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 09100 Aydın

\*Sorumlu yazar : ali.yigit@adu.edu.tr

Geliş Tarihi: 12.02.2021

Kabul Tarihi: 11.03.2021

### Öz

Bu çalışma farklı sulama miktarı ve kükürt dozlarının soya fasulyesinde yaprak klorofil içeriği, verim ve verim öğeleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla yarı-kontrollü sera koşullarında saksı çalışması 2017 ve 2018 yıllarında üç farklı soya fasulyesi çeşidi (Cinsoy, Arısoy ve Umut-2002), gravimetrik yöntem ile belirlenen tarla kapasitesine göre hesaplanan ve ekimden 30 gün sonra uygulanan tam sulama (%75 ve %100 tarla kapasitesi) ve kısıtlı sulama (%25 ve %50 tarla kapasitesi) koşulları ile iki farklı kükürt dozu (0 ve 5 kg/da) kullanılarak yürütülmüştür. Çalışmada bitki boyu, ilk bakla yüksekliği, bitkide bakla sayısı, bin tane ağırlığı, tek bitki verimi, bakla bağlama (BBCH 75) ve tane dolum (BBCH 85) dönemlerinde SPAD klorofil ölçümleri yapılmıştır.

Sonuç olarak, sulama koşullarının incelenen tüm parametreler düzeyinde istatistiksel olarak önemli düzeyde ( $p<0.01$ ) etkisi bulunmuştur. En yüksek bitki verimi (18.6 g/bitki) 2018 yılında %100 tarla kapasitesinde ve 5 kg/da kükürt dozunda Cinsoy çeşidi ile elde edilirken, en düşük verim (3.1 g/bitki) 2017 yılında %25 tarla kapasitesinde ve 5 kg/da kükürt dozunda Umut-2002 çeşidinde bulunmuştur. SPAD klorofil içeriği ise sulama miktarlarına bağlı olarak önemli düzeyde artarken, bakla bağlama ve tane dolum dönemlerinde ise çeşitlere bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** soya fasulyesi, kısıtlı sulama, kükürt, verim, SPAD

## The Effects of Deficit Irrigation and Sulphur Fertilization on Soybean Growth and Chlorophyll (SPAD) Content

### Abstract

In our study, we evaluated soybean leaf chlorophyll, yield and yield attributes change under different water amounts and sulphur fertilizer conditions. For this purpose; a pot experiment conducted in semi-controlled greenhouse conditions by using three soybean varieties (Cinsoy, Arısoy and Umut-2002), four soil moisture treatments calculated based on gravimetric method imposed from 30 days after sowing: well-watered (75% and 100% field capacity) and deficit irrigation (50% and 25% field capacity) and two different sulphur doze ( 0 and 5 kg/da). Plant height, the lowest pod height, filled pods plant<sup>-1</sup>, thousand-grain weight, grain yield plant<sup>-1</sup> and SPAD chlorophyll measurements in pod development (BBCH 75) and grain filling (BBCH 85) periods were evaluated.

As a result of the study, analysis of variance showed that all parameters were significantly affected by irrigation regimes ( $p<0.01$ ). While the highest average seed yield (18.6 g/plant) was observed at 100% field capacity and 5 kg/da sulphur dose with Cinsoy variety in 2018, the lowest yield (3.1 g/plant) was found at 25% field capacity and 5 kg/da sulphur dose with Umut-2002 variety in 2017 growing period. SPAD chlorophyll content directly increased with water amount of soil and changed by variety both pod development and grain filling periods.

**Keywords:** soybean, deficit irrigation, sulphur, yield, SPAD

### Giriş

Dünya'da hızla değişen ekolojik koşulların kısa sürede tanımlanması ve çözüm oluşturulması ile buna bağlı artan nüfusun yeterli ve sağlıklı beslenmesini sağlamak ancak bu değişime uygun tarımsal üretim sistemlerin geliştirilmesi ile mümkün görülmektedir. Soya fasulyesi çok değerli besin maddeleri içermesi nedeniyle insan beslenmesinde, hayvan beslenmesinde ve sanayi ham maddesi olarak değerlendirildiği bilinmektedir. Tarla Bitkileri içerisinde Dünya'da çok önemli bir yere sahip





olan soya bitkisi ülkemizde ancak 35,295 ha alanda ekilmektedir, üretimi ise yaklaşık 150,000 ton olup verimi 424 kg/da'dır (FAOSTAT, 2019). Böylece ülkemizde ekim alanına bağlı olarak üretimi dünya geneline göre çok az bir seviyede bulunmaktadır ve buna bağlı olarak soya ithalatı son yıllarda 2.7 milyon ton kadar olmaktadır. Bu durum ağırlıklı olarak yem sanayinde değerlendirmek üzere soya ihtiyacının % 95 (yeterlilik % 4.8) düzeyinde dışarıdan ithal yoluyla karşılandığı anlamına gelmektedir (TÜİK, 2019).

Son yıllarda etkileri daha da belirgin hale gelen bitki sağlığı ve gıda güvenliği konularını büyük ölçüde etkileyen iklim değişikliği tarımsal üretim için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. 1981-2010 yılları arasında meydana gelen iklim değişiklikleri dikkate alınarak yapılan projeksiyon çalışmalarında Dünya çapında mısır, buğday ve soya fasulyesi bitkilerinin verimleri sırasıyla % 4.1, 1.8 ve 4.5 düzeyinde azalacağı ve sera gazı artışı ile C3 bitkilerinin (soya, buğday, çeltik, yulaf gibi) C4 bitkilerine oranla yüksek sıcaklıklara daha da hassas hale geleceği belirtilmiştir (Mbow ve ark., 2019).

Tarımsal üretimde baklagillerin kullanılmaya başlanması iklim değişikliğine karşı önemli bir rol oluşturabilir. Soya fasulyesinde topraktaki kuraklık ve kısıtlı sulama koşullarında azot fiksasyonu azalmakta dolayısıyla düşük protein üretimi ve yetersiz tane gelişim düzeyi nedeniyle verim ve kalitede önemli düşüşler gözlemlenmektedir (Sinclair ve ark., 2007). Kumlu topraklarda vejetatif gelişme döneminde kuraklık stresine maruz bırakılan ve azotlu gübre uygulanmayan bitkilerde stres dönemi boyunca yaprak ve baklalarda azot birikiminin % 30-40 düzeyinde azaldığı belirlenerek kuraklığın azot fiksasyonu üzerine önemli düzeyde negatif etkisinin olduğu bildirilmiştir (Streeter, 2003).

Akdeniz iklimi koşullarında son yıllarda yarı kurak bölgelerde daha uzun süren sıcaklık periyotları görülmektedir. Bu nedenle bu bölgede iklim değişikliği daha da etkili bir şekilde hissedilmektedir. Yarı kurak bölgelerde uzun sıcaklık periyotlarının ve aşırı sıcak koşulların görülmesi bitkisel üretimde su kıtlığını açığa çıkartmaktadır (Koca ve ark., 2015). Yazlık olarak yetiştirilen ve yağışın yeterli olmadığı durumlarda yapılan ek sulama soya fasulyesinde verimi önemli düzeyde arttırdığı ancak kaynakların yetersiz kaldığı kurak, yarı kurak ve yarı nemli bölgelerde kısıtlı sulama uygulamalarının ise zorunluluk haline geldiği araştırmacılar tarafından belirtilmektedir (Sincik ve ark., 2008). Yüksek sıcaklık ve kuraklık stresinin de bitkinin büyüme ve gelişimi üzerine ve dolayısıyla tane verimini önemli düzeyde düşürdüğünü ve özellikle verim öğelerinden bitkide bakla sayısında büyük azalmaların yaşandığı belirtilmiştir (Hu ve Wiatrale, 2012). Kuraklık koşullarında su faktörünün verimi belirleyen en önemli etken olduğu özellikle generatif dönemler olan çiçeklenme ve bakla olum dönemlerindeki su kıtlığı çiçeklenme oranının ve dolayısıyla bitkide bakla sayısı azalmasına neden olarak bitki verimini etkileyen en önemli etkenler olduğu belirtilmiştir (He ve ark., 2017). SPAD klorofil ölçümü kolay kullanımı ve hızlı ölçümü sayesinde yaprak klorofil içeriğinin belirlenmesinde yaprak yeşilliğinin ölçülmesi ile kullanılmaktadır. Özellikle su stresi koşullarında bitkideki azot durumunun belirlenmesi, yapraktaki azot varlığı ile yaprak klorofil durumu ile doğrudan ilişkili olması nedeniyle bitkideki klorofil ve fotosentez durumu hakkında önemli düzeyde bilgi sağlamaktadır (Ahmed ve ark., 2010).

Alkali topraklarda yüksek pH değeri besin elementlerinin bitkilere yararışlı hale gelmesinde önemli bir engel oluşturmaktadır. Son yıllarda özellikle Akdeniz havzasında orta alkali topraklarda; kükürt eksikliğinin görüldüğü ve yapılan uygulamaların bitki verimi ile azot fiksasyonunu artırmış ve optimum protein ve tohum verimi elde etmek için tavsiye edilir olduğu bildirilmiştir (Cazzato ve ark., 2012; Ercoli ve ark., 2012; Divito ve ark., 2013). Kükürt; metiyonin (%21 S) ve sistin (% 27 S) yapısında, protein ve klorofil sentezinde ve tohumlardaki yağ içeriğindeki rolü ile bilinir (Jamal ve ark., 2006). Genellikle kükürtlü gübre uygulaması ile nodül sayısı, bitki boyu, bakla uzunluğu, bitkide bakla sayısı, protein, yağ ve amino asit içeriğinde artış sağlanmıştır (Jaga, 2013). Kükürt eksikliği sadece bitkilerde azot metabolizmasını etkilemekle kalmamakta ayrıca baklagillerde simbiyotik azot fiksasyonu üzerine de nitrogenaz enzimi ve ferrodoksin yapısında bulunmasından dolayı önemli etkisi bulunmaktadır (Krusell ve ark., 2005).

Bütün bu bilgiler ışığında yapılan çalışmada gelecek yıllarda yazlık üretimde etkileri daha da hissedilecek olan iklim değişikliğine karşı soya fasulyesinde kontrollü koşullar altında kısıtlı sulama uygulamaları ve kükürtlü gübreleme ile etkin su kullanımının ve verime yönelik değişimlerin bitki bazında ortaya konulması ve fizyolojik değişimlerin incelenmesi amaçlanmıştır.

### Materyal ve Yöntem

Bu araştırma soya fasulyesinde kısıtlı sulama ve kükürtlü gübrelemenin verim ve fizyolojik parametreler üzerine etkisini belirlemek amacıyla 2017 ve 2018 yıllarında Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme seralarında yürütülmüştür. Kısıtlı sulama uygulamalarının etkisini daha belirgin olarak belirlemek ve bitkideki değişimini incelemek amacıyla çalışma, yarı kontrollü sera koşullarında yapılmıştır. Bu amaçla bitki materyali olarak Akdeniz iklimine uygun orta erkenci soya fasulyesi çeşitleri olan; Arısoy, Cinsoy ve Umut-2002 çeşitleri kullanılmıştır.

Saksı denemesinde araziden temin edilen toprak elekten geçirildikten sonra soya bitkilerinin rahat gelişebilmesi için 73 cm uzunluğunda, 31 cm eninde ve 30 cm derinliğinde toplam 67.890 cm<sup>3</sup> saksılar kullanılmıştır. Her bir saksı için toplam 40 kg toprak kullanılarak % 2.5 oranında perlit kullanılmıştır.

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprağın analiz sonuçları (0-20 cm)

P	K	Ca	Mg	S	Na	pH	Toplam Tuz	Organik Madde
ppm	ppm	ppm	ppm	mg/kg	ppm	Hafif Alkali	%	%
10.7	305	1745	475	7.8	95	8.3	0.032	1.7

Toprağın kumlu-tınlı bünyeye sahip olduğu ve reaksiyonu hafif alkali karakterli olduğu, tuzsuz ancak organik madde miktarının düşük olduğu anlaşılmaktadır. Toprakta bulunan besin elementlerinin miktarına bakıldığında ise genel olarak kükürt miktarının düşük, fosfor, potasyum, kalsiyum ve sodyum miktarlarının yeterli, magnezyum miktarının ise yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 1).

Araştırmada kısıtlı ve tam sulama dozları toprağın su tutma kapasitesinin gravimetrik yöntem ile belirlenmesi ile tespit edilmiştir. Tarla kapasitesinin belirlenmesinde 4x6 cm=100 cm<sup>3</sup>’lük silindirler kullanılarak bozulmuş toprak örnekleri ile doldurulan silindirlerin 3 saat su ile doyurulması ve 2 saat drene edilmesi sonucunda 24 saat 105°C etüvde kurutulması sonucu;

“Toprak su tutma kapasitesi= [(yaş toprak ağırlığı-kuru toprak ağırlığı/kuru toprak ağırlığı)x100]” formülü ile hesaplanmıştır (Canavar ve ark., 2018).

Tarla su tutma kapasitesinin % 23.8 olduğu belirlenerek Tarla kapasitesinin %25 (TK<sub>%25</sub>), %50 (TK<sub>%50</sub>), %75 (TK<sub>%75</sub>) ve %100 (TK<sub>%100</sub>)’ü olmak üzere su verilerek sulama konuları belirlenmiştir. Toprağın su tutma kapasitesi belirlendikten ve ekimden 30 gün sonra saksıların her birinin toplam ağırlıkları dikkate alınarak her bir sulama dozu için gerekli su miktarları belirlenmiştir. Saksılar hava sıcaklığına bağlı olarak en geç 1-2 günde bir ağırlıkları terazi kontrol edilerek azalan su miktarları her bir sulama dozu dikkate alınarak ilave edilmiştir ve böylece istenilen nem miktarlarında kontrollü koşullarda tutulmuştur (Şekil 1a).



Şekil 1. Saksılarda sulama için günlük tartım (a), yetiştirilen bitkilerin görünümü (b), yaprak klorofil (SPAD) ölçümü (c)

Ayrıca diğer bir faktör olarak kükürtlü gübre dozu 0 kg/da (K<sub>0</sub>; kontrol) ve 5 kg/da (K<sub>5</sub>) dozları uygulanarak kükürtlü gübreleme jips şeklinde uygulanmıştır.



Denemede iki yıl boyunca tesadüf parselleri deneme desenine uygun olacak şekilde 3 tekerrürlü ve tarla kapasitesi su uygulamaları, çeşit ve kükürt dozları faktörleri ile toplam 72 adet saksıda yürütülmüştür (Şekil 1b). Taban gübresi olarak ekim öncesi bitkinin fosfor ihtiyacını da dikkate alarak, dekara 3.2 kg saf azot gelecek şekilde DAP gübresi uygulanmıştır. Ekimden hemen önce tohumlara simbiyotik azot tespitinin gerçekleştirilmesi amacıyla *Bradyrhizobium japonicum* bakterisi aşılanmıştır.

Bakla bağlama (BBCH 75) ve tane dolum (BBCH 85) dönemlerinde iki ayrı zamanda her bir bitkide toplam 15 yaprakçıkta Konica Minolta SPAD 502 cihazı ile yaprak klorofil içeriği değişimi belirlenmiştir (Şekil 1c). Hasat döneminde her bir saksıda bulunan bitkiler kök boğazından hasat edilerek bitki boyu, ilk bakla yüksekliği, bitkide bakla sayısı, baklada tane sayısı, bin tane ağırlığı, tek bitki verimi parametreleri tespit edilmiştir. Elde edilen veriler tesadüf parselleri deneme desenine uygun olarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Ortalamaların karşılaştırılmasında ve istatistiki farklı gruplar LSD testi ile belirlenmiştir (Açıköz ve ark., 2004).

### Bulgular ve Tartışma

Saksı çalışmamızda iki farklı deneme yılında farklı su ve kükürt gübre uygulamalarının soya çeşitlerinin incelenen parametrelere ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 2.'de verilmiştir. Yıl, Su dozu uygulamaları, Yıl×Su interaksyonu ve Çeşit faktörleri tüm özellikler bakımından istatistiki düzeyde önemli farklılıklara neden olmuştur. Kükürt gübre dozu uygulamaları ise incelenen özelliklerin genelinde bir fark ortaya çıkartmazken, tane dolum dönemi klorofil içeriği ile bitkide yaprak alan miktarı üzerine önemli düzeyde etki etmiştir. Yıl×SuxÇeşit×Kükürt interaksyonu ise bitki boyu, ilk bakla yüksekliği, bitkide bakla sayısı, bin tane ağırlığı, tek bitki verimi, yaprak klorofil içeriği üzerinde istatistiksel anlamda önemli farklılıklara neden olmuştur.

Çizelge 2. İncelenen özelliklere ait istatistiksel önemlilik düzeyleri

VK	SD	BOY	İBY	BBS	BTA	TBV	SPAD <sub>1</sub>	SPAD <sub>2</sub>
Yıl (Y)	1	**	**	**	**	**	**	**
Su (S)	3	**	**	**	**	**	**	**
YxS	3	**	*	*	**	**	**	**
Çeşit (Ç)	2	**	**	**	**	*	**	*
YxÇ	2	**	**	**	**	**	**	öd
SxÇ	6	**	*	**	**	**	**	**
YxSxÇ	6	**	**	öd	**	*	öd	**
Kükürt (K)	1	öd	öd	öd	öd	öd	öd	**
YxK	1	öd	öd	öd	öd	öd	öd	**
SxK	3	öd	*	öd	**	*	*	**
YxSxK	3	öd	*	öd	*	öd	**	*
ÇxK	2	öd	öd	öd	**	**	öd	öd
YxÇxK	2	öd	öd	öd	öd	öd	öd	**
SxÇxK	6	öd	**	*	*	*	*	öd
YxSxÇxK	6	**	*	**	**	**	**	**

VK: Varyasyon kaynağı; SD: Serbestlik Derecesi; BBS: Bitkide bakla sayısı; BTS: Baklada tane sayısı; BTA: Bin tane ağırlığı; TBV: Tek bitki verimi; SPAD<sub>1</sub>: Bakla bağlama dönemi klorofil içeriği; SPAD<sub>2</sub>: Tane dolum dönemi klorofil içeriği; öd: önemli değil, \*: 0,05 düzeyinde, \*\*: 0,01 düzeyinde önemli

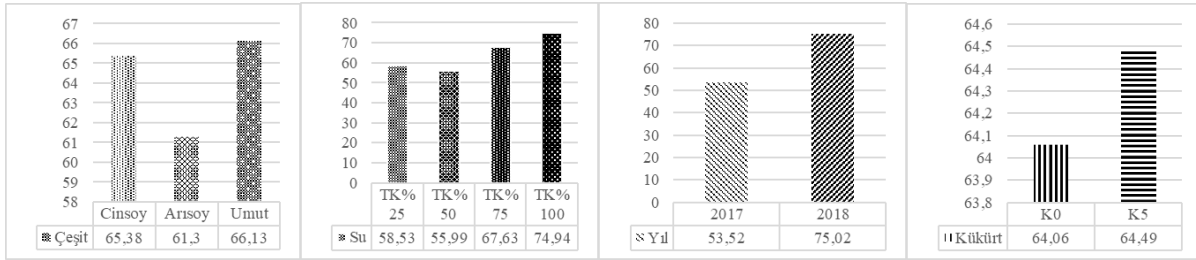
### Bitki Boyu (cm)

Çalışmanın iki farklı yılında soya çeşitlerinin farklı su ve kükürt gübre dozlarında bitki boyu 35.98 cm ile 94.90 cm arasında değişim göstermiştir. En kısa soya fasulyesi bitkisi 2017 deneme yılında Arısoy çeşidinde TK<sub>50</sub> sulama dozunda ve K<sub>5</sub> kükürt gübre dozunda saptanmıştır. 2017 deneme yılında TK<sub>25</sub> sulama dozunda TK<sub>50</sub> sulama dozuna göre daha yüksek bitki boyları elde edilmesine karşın bu durum 2018 deneme yılında tersi olmuştur, ancak her iki yılın ortalaması sonucu TK<sub>25</sub> sulama dozunda daha yüksek bitki boyları ölçülmüştür. En yüksek bitki boyu 2018 deneme yılında Arısoy çeşidinde TK<sub>100</sub> sulama dozunda K<sub>0</sub> kükürt dozunda ölçülmüştür (Çizelge 3). Saksı denemesinde çeşitler arasında da önemli farklar bulunmuştur. Umut-2002 ve Cinsoy çeşitleri Arısoy çeşidinden önemli oranda daha yüksek bitki boyuna sahip olmuştur. En kısa bitki boyuna ortalama 61.30 cm ile Arısoy çeşidi sahip olmuştur ve diğer iki çeşitten istatistiki olarak daha kısa bulunmuştur.

Çizelge 3. Bitki boyuna ait ortalama değerler (cm)

Yıl/Kükürt/Çeşit/Su	K <sub>0</sub> kg/da			K <sub>5</sub> kg/da			
	Cinsoy	Arısoy	Umut-2002	Cinsoy	Arısoy	Umut-2002	
2017	TK <sub>%25</sub>	59.16 k-n	49.83 p-t	53.25 n-s	57.02 l-o	54.42 m-q	56.19 mno
	TK <sub>%50</sub>	41.15 vy	40.87 vy	44.39 tuv	43.26 tuv	35.98 z	47.69 stu
	TK <sub>%75</sub>	66.25 hjj	51.86 o-t	47.31 tu	65.14 ı-k	49.04 q-u	53.34 n-s
	TK <sub>%100</sub>	75.27 efg	57.34 k-o	55.46 m-p	69.27 hı	53.44 n-r	57.57 k-o
2018	TK <sub>%25</sub>	57.50 k-o	57.40 k-o	65.75 iij	62.32 i-l	59.87 j-m	69.70 ghı
	TK <sub>%50</sub>	70.59 ghı	63.03 ijk	76.56 ef	66.82 hij	63.25 ijk	78.26 e
	TK <sub>%75</sub>	72.14 fgh	79.36 de	84.36 cd	76.70 ef	78.30 e	87.73 bc
	TK <sub>%100</sub>	85.16 cd	94.90 a	88.47 bc	78.36 e	91.96 ab	92.10 ab

Lsd Yıl: 1.71; Lsd Su: 2.41; Lsd YılXSu: 3.42; Lsd Çeşit: 2.09; Lsd YılXÇeşit: 2.96; Lsd SuxÇeşit: 4.18; Lsd YılXSuXÇeşit: 5.92



Şekil 2. Çeşit, Su dozu, yıl ve kükürt dozu uygulamalarına ait bitki boyu ortalama değerleri (cm)

Artan sulama dozlarının bitki boyu üzerine önemli ve pozitif etkisi görülmüştür. Özellikle TK<sub>%75</sub> ve TK<sub>%100</sub> sulama dozlarında bitki önemli oranda artışlar meydana getirmiştir. En yüksek ortalama bitki boyu saksı koşullarında 74.94 cm ile en yüksek sulama dozu olan TK<sub>%100</sub> sulama dozunda ölçülmüştür. Sulama dozunun TK<sub>%50</sub>'nin üzerine çıkarılması ile bitki boylarında önemli ve belirgin artışlar kaydedilmiştir (Şekil 2). Kükürt uygulaması sonucu ortalama daha yüksek bitki boyu meydana gelmesine rağmen elde edilen fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Ünal (2007); Ege Bölgesi koşullarında tarla şartlarında yürütülen bir çalışmada soya fasulyelerine ait bitki boylarının 90.7 cm ile 119.0 cm arasında değiştiğini ve yaptığımız farklı uygulamaların bitki boyu üzerine elde edilen bulgularla benzer olduğu görülmüştür. Kaya ve ark. (2017)'nin sera koşullarında yürüttükleri bir çalışmada ise bitki boylarının 70.6 cm ile 90.6 cm arasında olduğunu ve elde ettiğimiz sonuçlar ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Kısıtlı sulama koşullarında (TK<sub>%25</sub>, TK<sub>%50</sub>) bitki boyunun önemli ölçüde azalarak bu değerlerin altında kaldığı yeterli oranda toprak nemi bulunmayan koşullarda bitki boyunda önemli azalmalar olacağı anlaşılmaktadır.

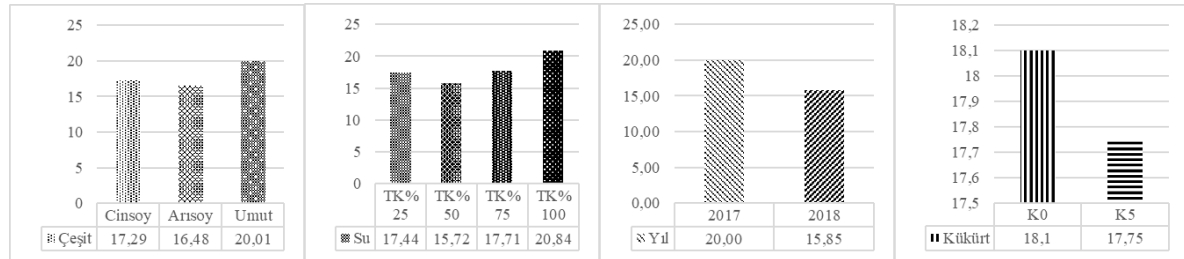
#### İlk Bakla Yüksekliği (cm)

Saksı denemesinin iki farklı yılında soya çeşitlerinin farklı su ve kükürt gübre dozlarında ilk bakla yükseklikleri 9.71 cm ile 26.60 cm arasında değişim göstermiştir ve farklı uygulamalar arasında önemli farklar ortaya çıkmıştır. En kısa ilk bakla yüksekliği 2018 deneme yılında Arısoy çeşidinde TK<sub>%50</sub> sulama dozunda ve K<sub>5</sub> kükürt gübre dozunda saptanmıştır. En yüksek ilk bakla yüksekliği ise 2018 yılında, Umut-2002 çeşidinde TK<sub>%100</sub> sulama dozunda ve K<sub>0</sub> kükürt gübre dozunda ölçülmüştür. Çeşitler arasında Umut-2002 ve Cinsoy çeşitlerinin ilk bakla yükseklikleri Arısoy çeşidinden önemli oranda daha yüksek bulunmuştur. Umut-2002 ve Cinsoy çeşitleri aynı istatistiki grupta yer almıştır. Sulama dozları ilk bakla yüksekliklerinin önemli oranda değişmesine neden olmuştur. Sulama dozlarına bağlı olarak ilk bakla yükseklikleri 15.72 cm ile 20.84 cm arasında değişmiştir. En yüksek değer (20.84 cm) TK<sub>%100</sub> sulama dozunda tespit edilmiştir (Çizelge 4, Şekil 3).

Çizelge 4. İlk bakla yüksekliğine ait ortalama değerler (cm)

Yıl/Kükürt/Çeşit/Su	K <sub>0</sub> kg/da			K <sub>5</sub> kg/da			
	Cinsoy	Arısoy	Umut-2002	Cinsoy	Arısoy	Umut-2002	
2017	TK <sub>%25</sub>	16.80 k-q	20.80 d-1	22.69 b-g	16.11 l-r	19.91 f-k	23.82 a-d
	TK <sub>%50</sub>	16.59 k-r	14.22 o-s	20.42 e-j	15.84 n-r	17.14 j-q	16.45 k-r
	TK <sub>%75</sub>	20.33 e-j	23.73 a-e	17.39 l-p	19.28 g-m	17.73 i-o	22.61 b-g
	TK <sub>%100</sub>	22.72 b-g	19.05 h-m	25.22 abc	25.81 ab	22.05 c-h	23.31 a-f
2018	TK <sub>%25</sub>	14.58 o-s	11.55 st	15.31 n-r	14.56 o-s	14.26 o-s	18.86 h-m
	TK <sub>%50</sub>	17.48 l-p	14.26 o-s	18.35 i-n	13.74 qrs	9.71 t	14.49 o-s
	TK <sub>%75</sub>	14.51 o-s	13.43 rs	16.73 k-r	14.73 o-s	13.58 rs	18.43 i-n
	TK <sub>%100</sub>	17.60 i-o	14.07 p-s	26.60 a	16.00 l-r	18.20 i-n	19.50 g-l

Lsd Yıl: 0.71; Lsd Su: 1.01; Lsd YılXSu: 1.43; Lsd Çeşit: 0.87; Lsd YılXÇeşit: 1.24; Lsd SuxÇeşit: 1.75; Lsd YılXSuxÇeşit: 2.48; Lsd SuxKükürt: 1.43; Lsd YılXSuxKükürt: 2.02; Lsd SuxÇeşitXKükürt: 2.48; Lsd YılXSuxÇeşitXKükürt: 3.51



Şekil 3. Çeşit, Su dozu, Yıl ve Kükürt dozu uygulamalarına ait ilk bakla yüksekliği ortalama değerleri (cm)

Bitki boyunda olduğu gibi ilk bakla yüksekliğinde de TK<sub>%25</sub> sulama dozunda TK<sub>%50</sub> sulama dozuna göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Kükürt gübre uygulamasının soya fasulyesi çeşitlerinde ilk bakla yüksekliği üzerine önemli bir etkisi tespit edilmemiştir. Sıcaklık ortalamasının soya fasulyesi için düşük olduğu ekolojik koşullarda Ataem-7 çeşidinde ilk bakla yüksekliğini 31.2 cm olarak belirlenmiştir (Boydak ve ark. 2018). Farklı agronomik uygulamaların ilk bakla yüksekliği üzerine elde edilen bulguların Doğan ve ark. (2015) ve Dede ve Acar (2019)'ın yaptıkları çalışmalardan daha yüksek ancak TK<sub>%25</sub> sulama dozunda elde edilen sonuçlarla büyük ölçüde benzer olduğu görülmüştür. İlk bakla yüksekliği özellikle genetik özelliklere bağlı olarak değişmekle birlikte üç farklı lokasyonda, 14 farklı genotipte 6.8-12.5 cm arasında geniş bir aralıkta değişmiştir. Ayrıca Arısoy çeşidi 11 farklı çevre koşulunda 8.3 cm değerini alarak birçok soya hat ve çeşidinden daha düşük değer almıştır (Kocaturk ve ark., 2019). Ege Bölgesi koşullarında yapılan bir çalışmada soya fasulyesi çeşit ve hatlarının ilk bakla yüksekliği değerleri 3.6-11.9 cm değerleri arasında değişerek çalışmamızda oldukça yüksek değerler elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan Arısoy çeşidinin ilk bakla yüksekliği ortalama değeri ise 5.4 cm olarak bulunarak çalışmamızda daha yüksek değerler alınmıştır (İlker, 2017).

Genel olarak; Yıl, Su ve Çeşit faktörlerinin önemli olduğu ilk bakla yüksekliğinde özellikle Umut-2002 çeşidinin yüksek değerler aldığı ve TK<sub>%100</sub> sulama dozunda TK<sub>%75</sub> sulama dozuna göre önemli oranda daha yüksek ilk bakla yüksekliği saptanmıştır. Artan sulama dozlarının etkisinin bitki boyuna katkısı ile ilk bakla yüksekliğine de pozitif etki yaptığı anlaşılmaktadır.

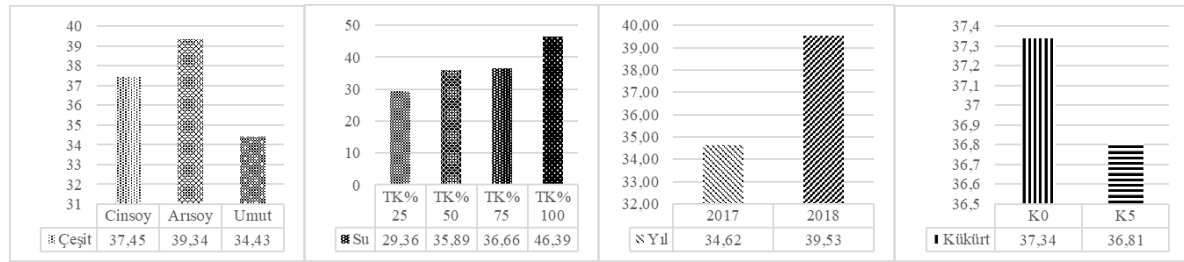
#### Bitkide Bakla Sayısı (adet)

Verim öğelerinden bitkide bakla sayısı soya fasulyesinde tane verimin oluşmasında ve belirlenmesinde önemli bir özelliktir (Yıldırım ve ark., 2020). Saksı denemesinin iki farklı deneme yılında soya çeşitlerin farklı su ve kükürt gübre dozlarında bir bitkide baklada tane sayıları 21.86 adet ile 59.70 adet arasında değişim göstermiştir ve farklı uygulamalar arasında büyük ve önemli farklar ortaya çıkmıştır. En düşük bitkide bakla sayısı 2018 deneme yılında Umut-2002 çeşidinde TK<sub>%25</sub> sulama dozunda ve K<sub>5</sub> kükürt gübre dozunda tespit edilmiştir. En yüksek değer ise yaklaşık üç katı bir değer ile 2018 deneme yılında Arısoy çeşidinde TK<sub>%100</sub> sulama dozunda ve K<sub>5</sub> kükürt gübre uygulamasında ölçülmüştür (Çizelge 5).

Çizelge 5. Bitkide bakla sayısına ait ortalama değerler (adet/bitki)

Yıl/Kükürt/Çeşit/Su	K <sub>0</sub> kg/da			K <sub>5</sub> kg/da			
	Cinsoy	Arısoy	Umut-2002	Cinsoy	Arısoy	Umut-2002	
2017	TK <sub>%25</sub>	28.15 r-u	29.64 o-t	27.13 s-v	23.11 uv	33.20 j-s	25.82 tuv
	TK <sub>%50</sub>	34.83 i-q	30.88 n-t	39.08 f-j	29.67 o-t	35.44 ı-o	37.93 g-l
	TK <sub>%75</sub>	33.21 j-s	31.20 m-t	36.87 h-n	37.43 g-m	29.13 p-u	31.86 l-t
	TK <sub>%100</sub>	37.55 g-l	52.16 bc	41.46 d-i	42.98 d-h	43.55 d-g	38.55 f-k
2018	TK <sub>%25</sub>	28.80 q-u	38.26 g-k	30.16 o-t	33.22 j-s	33.00 j-s	21.86 v
	TK <sub>%50</sub>	42.13 d-h	34.13 i-r	32.95 k-s	41.40 d-ı	40.50 e-i	31.73 l-t
	TK <sub>%75</sub>	46.93 cd	41.13 d-ı	32.98 j-s	42.50 d-h	41.33 d-ı	35.33 ı-p
	TK <sub>%100</sub>	44.56 def	56.19 ab	45.72 de	52.70 bc	59.70 a	41.53 d-ı

Lsd Yıl: 1.27; Lsd Su: 1.80; Lsd YılxSu: 2.55; Lsd Çeşit: 1.56; Lsd YılxÇeşit: 2.21; Lsd SuxÇeşit: 3.12; Lsd SuxÇeşitxKükürt: 4.42; Lsd YılSuxÇeşitxKükürt: 6.25



Şekil 4. Çeşit, Su dozu, Yıl ve Kükürt dozu uygulamalarına ait bitkide bakla sayısına ait ortalama değerleri (cm)

Çeşitler arasında bitkide bakla sayısı bakımından önemli farklar ortaya çıkmıştır. En yüksek bitkide bakla sayısı diğer çeşitlere kıyasla daha yüksek bir değer ile Arısoy çeşidinde saptanmıştır. En düşük bakla sayısı ise Umut-2002 çeşidinde ölçülmüştür. Artan sulama dozları bitkide bakla sayısının önemli oranda artmasına neden olmuştur.

Sulama dozları içerisinde en düşük değer TK<sub>%25</sub> sulama dozunda ölçülmüştür. TK<sub>%50</sub>, TK<sub>%75</sub> ve TK<sub>%100</sub> sulama dozunda bakla sayısı TK<sub>%25</sub> sulama dozundan önemli oranda daha yüksek bulunmuştur. Ancak TK<sub>%50</sub> ve TK<sub>%75</sub> sulama dozlarında bakla sayısı istatistiki olarak aynı olmuştur ve aynı grupta yer almıştır. Tarla kapasitesinde yapılan sulama dozunda bakla sayısı diğer uygulamalara oranla ciddi oranda artmıştır. İlave kükürt gübre uygulamasının herhangi pozitif ve önemli bir etkisi gözlenmemiştir (Şekil 4). Choudhary ve ark. (2014)'nın yaptıkları saksı çalışmasında bitkide bakla sayısı değerlerinin 9.4-12.5 adet/bitki arasında değiştiği belirtilerek çalışmamızda elde edilen değerlerin oldukça yüksek olduğu anlaşılmaktadır ancak araştırmacılar bitki boyu, bitkide dal sayısı, bitkide bakla sayısı ve 100 tane ağırlığı değerlerinin kükürtlü gübre uygulamalarında artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Saksı koşullarında farklı soya çeşitlerinin bitkide bakla sayısı üzerine uygulanan farklı faktörlerden sulama dozlarının önemli ve pozitif etkisi tespit edilmiştir. Farklı uygulamalar sonucu elde edilen bulguların bitkide bakla sayısı üzerine özellikle TK<sub>%50</sub> sulama dozu ve üzerinde genel olarak Hu ve Wiatrale (2012) ve Onat ve ark. (2017) ile benzer olduğu görülmüştür. Ege Bölgesi koşullarında yürütülen bir çalışmada ise soya hat ve çeşitlerinin bitkide bakla sayısı değerleri 31.5-59.3 adet arasında değişmekle birlikte, Umut-2002 çeşidi 46.3 adet ortalama değeri almıştır. Araştırmada bitkide bakla sayısının genotip faktörüne bağlı olarak değişmediği tespit edilmiş ve çalışmamızda elde edilen değerlerden daha yüksek sonuçlara ulaşılmıştır (Tuğay ve Atıkylmaz, 2009). Ancak Ma ve Sonoko (2019) tarafından yapılan bir çalışmada sulama uygulamaların soya fasulyesinde bitkide bakla sayısını önemli ölçüde artırdığını ve ortaya konulan sonuçların bulgularımız ile uyumlu olduğu söylenebilmektedir.

#### Bin Tane Ağırlığı (g)

Saksı çalışmasında elde edilen en düşük bin tane ağırlığı 63.39 g ile 2017 deneme yılında Cinsoy çeşidinde TK<sub>%25</sub> sulama dozunda K<sub>5</sub> kükürt gübre dozunda saptanmıştır. Buna karşın en yüksek bin tane ağırlığı 2017 deneme yılında Umut-2002 çeşidinde TK<sub>%75</sub> sulama dozunda ve K<sub>0</sub> kükürt gübre dozunda ölçülmüştür (Çizelge 6).



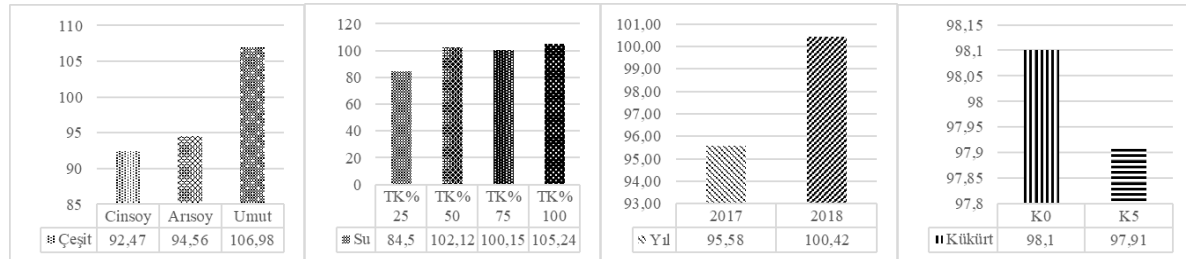
Çizelge 6. Bin tane ağırlığına ait ortalama değerler (g)

Yıl/Kükürt/Çeşit/Su	K <sub>0</sub> kg/da			K <sub>5</sub> kg/da			
	Cinsoy	Arısoy	Umut-2002	Cinsoy	Arısoy	Umut-2002	
2017	TK <sub>%25</sub>	75.28 r	77.62 r	94.55 i-o	63.39 s	75.42 r	78.03 qr
	TK <sub>%50</sub>	102.30 e-i	100.16 g-k	117.95 bc	95.10 i-n	90.23 l-p	128.30 a
	TK <sub>%75</sub>	92.75 i-o	81.55 pqr	119.40 ab	90.80 k-p	99.30 h-l	101.71f-j
	TK <sub>%100</sub>	92.29 j-o	103.11 e-i	99.35 h-l	95.27 i-n	101.78 f-j	118.32 bc
2018	TK <sub>%25</sub>	85.33 opq	94.56 i-o	94.80 i-o	87.90 nop	94.40 i-o	92.73 i-o
	TK <sub>%50</sub>	98.90 h-m	87.33 n-q	103.00 e-i	95.80 i-n	102.30 e-i	104.06 d-ı
	TK <sub>%75</sub>	99.13 h-m	99.96 g-k	116.33 bc	89.60 m-p	99.40 h-l	111.93 b-e
	TK <sub>%100</sub>	106.53 d-h	94.56 i-o	117.60 bc	109.10 c-g	111.30 b-f	113.70 bcd

Lsd Yıl: 1.97; Lsd Su: 2.79; Lsd YılXSu: 3.95; Lsd Çeşit: 2.42; Lsd YılXÇeşit: 3.42; Lsd YılXSuxÇeşit: 6.85; Lsd SuxKükürt: 3.95; Lsd YılXSuxKükürt: 5.59; Lsd ÇeşitXKükürt: 3.42; Lsd SuxÇeşitXKükürt: 6.85; Lsd YılXSuxÇeşitXKükürt: 9.68

Farklı uygulamalar arasında bin tane ağırlığı bakımından önemli ve büyük farklar meydana gelmiştir. Çeşitlerin bin tane ağırlıkları önemli farklılıklar ortaya koymuştur. Umut-2002 çeşidi denemedeki diğer iki çeşitten önemli oranda daha yüksek ortalama bin tane ağırlığına sahip olmuştur. Cinsoy ve Arısoy çeşitleri ise bin tane ağırlığı bakımından aynı istatistiki grupta yer almıştır.

Artan sulama dozları bin tane ağırlığının artmasına neden olmuştur. En düşük bin tane ağırlığı ortalama 84.5 g ile TK<sub>%25</sub> sulama dozunda ölçülmüştür. TK<sub>%50</sub> ve TK<sub>%75</sub> sulama dozlarının bin tane ağırlıkları TK<sub>%25</sub> sulama dozundan önemli oranda daha yüksek bulunmuştur ve bu iki sulama dozu aynı istatistiki grupta yer almıştır. TK<sub>%100</sub> sulama dozu ile bin tane ağırlıkları tekrar önemli oranda bir artış meydana getirmiştir ve çalışmada en yüksek değerler en üst seviyedeki sulama dozu ile elde edilmiştir. Muandemela ve ark. (2010)'nın 30 soya fasulyesi hattında yaptıkları bir çalışmada kuraklığın bitkide bakla sayısını ve baklada tohum sayısını olumsuz etkilediğini tane iriliğinin azaldığını ve tanelerin çimlenme özelliklerinin de olumsuz yönde etkilendiklerini bildirmiştir. Kükürt gübre uygulamasının pozitif ve önemli bir etkisi gözlenmemiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Çeşit, Su dozu, Yıl ve Kükürt dozu uygulamalarına ait bin tane ağırlığı ortalama değerleri (g)

Yıldırım ve İlker (2018)'in Ege Bölgesi koşullarında yürüttükleri çalışmalarında soya fasulyesi bin tane ağırlığı değerlerinin genetik özelliklere bağlı olarak önemli oranda etkilendiği ve elde edilen ortalama değerlerin 137.75-229.12 g arasında değiştiğini belirterek çalışmamıza göre yüksek bin tane ağırlığı değerleri elde edilmiştir. Elde edilen değerler incelendiğinde genel olarak Onat vd. (2017) ve Ünal (2007) tarafından elde edilen bin tane ağırlıklarından düşük olduğu saptanmıştır.

#### Tek Bitki Verimi (g)

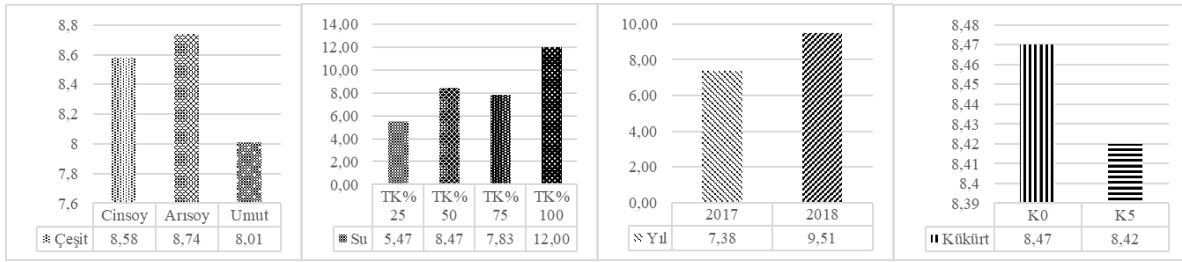
Soya fasulyesinde hava sıcaklığının 30 °C'nin üzerinde fotosentez aktivitesi azalmaktadır ve hava sıcaklığının 35 °C'nin üzerine çıkması ile çiçeklerde dökülmenin yüksek düzeylere ulaşabileceği belirtilmiştir. Bu dönemde verim kayıplarını belli bir ölçüde azaltabilmek için toprakta yeterli alınabilir suyun bulunması gerektiği vurgulanmıştır (Arıoğlu ve Güllüoğlu, 2019).

Çalışmada tek bitki verimi farklı uygulamalar nedeniyle önemli oranda değişmiştir. Tek bitki verimine ait en düşük değer 2017 deneme yılında TK<sub>%25</sub> sulama dozunda Umut-2002 çeşidinde K<sub>5</sub> kükürt gübre dozunda ölçülmüştür. Buna karşın en yüksek tek bitki verimi olan 18.66 g ise 2018 deneme yılında Arısoy çeşidinde TK<sub>%100</sub> sulama dozunda ve K<sub>5</sub> kükürt gübre dozunda belirlenmiştir (Çizelge 7). Çeşitler arasında da önemli farklar bulunmuştur. Cinsoy ve Arısoy çeşitleri aynı istatistiki grupta yer almıştır ve bu iki çeşit Umut-2002 çeşidinden önemli oranda daha yüksek tek bitki verimi meydana getirmiştir.

Çizelge 7. Tek bitki verimine ait ortalama değerler (g/bitki)

Yıl/Kükürt/Çeşit/Su	K <sub>0</sub> kg/da			K <sub>5</sub> kg/da			
	Cinsoy	Arisoy	Umut-2002	Cinsoy	Arisoy	Umut-2002	
2017	TK <sub>%25</sub>	6.22 l-q	5.28 o-r	5.57 n-q	4.42 pqr	5.37 o-r	3.19 r
	TK <sub>%50</sub>	6.64 l-p	6.65 l-p	10.17 e-h	7.32 j-o	7.81 i-n	9.11 f-j
	TK <sub>%75</sub>	5.24 o-r	4.57 pqr	10.52 efg	6.10 l-q	5.70 n-q	6.81 k-p
	TK <sub>%100</sub>	8.95 f-k	11.25 def	9.94 e-i	10.76 def	10.55 efg	8.95 f-k
2018	TK <sub>%25</sub>	5.33 o-r	8.00 h-m	5.66 n-q	6.33 l-q	6.00 m-q	4.33 qr
	TK <sub>%50</sub>	9.66 f-i	8.00 h-m	8.00 h-m	10.00 e-1	10.66 ef	7.66 i-n
	TK <sub>%75</sub>	10.33 efg	10.00 e-1	8.00 h-m	8.33 g-l	10.00 e-1	8.33 g-l
	TK <sub>%100</sub>	13.00 cd	14.33 bc	12.00 de	18.66 a	15.66 b	10.00 e-1

Lsd Yıl: 0.466. Lsd Su: 0.659; Lsd YılXSu: 0.932; Lsd Çeşit: 0.571; Lsd YılXÇeşit: 0.807; Lsd SuxÇeşit: 1.142; Lsd YılXSuxÇeşit: 1.615; Lsd SuxKükürt: 0.932; Lsd ÇeşitXKükürt: 0.807; Lsd SuxÇeşitXKükürt: 1.615; Lsd YılXSuxÇeşitXKükürt: 2.283



Şekil 6. Çeşit, Su dozu, Yıl ve Kükürt dozu uygulamalarına ait tek bitki verimi ortalama değerleri (g)

Sulama dozları arasında da önemli farklar ortaya çıkmıştır ve bu kapsamda artan sulama dozları tek bitki verimin artmasına neden olmuştur. En düşük tek bitki verimi TK<sub>%25</sub> (5.47 g) sulama dozunda belirlenirken en yüksek verim ise TK<sub>%100</sub> (12.00 g) sulama dozunda meydana gelmiştir. Soya fasulyesinde verim sulama ve çeşit faktörlerine bağlı olarak önemli oranda değişirken kükürt gübre uygulamasının herhangi önemli bir etkisi gözlenmemiştir (Şekil 6). Tarımda su kullanım etkinliğinin artırılmasının uygun teknik ile sulama miktarı ve zamanlamasının doğru bir şekilde yapılarak mümkün olduğu ifade edilmiştir (Tunalı ve ark. 2019). Choudhary ve ark. (2014) ise yaptıkları saksı çalışmalarında kükürt ve çinko dozu uygulamalarının soya bitkisinde tek bitki verimi değerlerinin 9.8-15.3 g arasında değişerek uygulamaların önemli bir etkisinin bulunduğu ve bitki boyu, bitkide bakla sayısı, 100 tane ağırlığı ve saksı veriminde artış meydana geldiğini belirtmişlerdir. Sulamalı koşullarda (%85-100 tarla kapasitesi) saksı koşullarında tek bitki verimi 13.5-19.6 g arasında değişmekle birlikte kısıtlı sulama koşullarında (%30 tarla kapasitesi) ise 2.3-13.5 g değerleri arasında değiştiği belirtilerek sulamanın tek bitki verimi üzerinde önemli düzeyde etkili olduğu bildirilmiştir (He ve ark., 2017).

#### Yaprak klorofil içeriği ve değişimi (SPAD)

Soya fasulyesinde tane dolun dönemi boyunca yapılan klorofil içeriği (SPAD) okumaları bitkide azot asimilasyonunda su stresinin olumsuz etkilerini belirlemede en uygun yöntem ve zaman olduğu belirtilmiştir (Ahmed ve ark., 2010). Çalışmada bakla bağlama döneminde en düşük klorofil içeriği 2018 deneme yılında Umut-2002 çeşidinde TK<sub>%50</sub> sulama dozunda ve 0 kg/da kükürt gübre dozunda ölçülmüştür. Buna karşın en yüksek klorofil içeriği 2018 deneme yılında Cinsoy çeşidinde TK<sub>%100</sub> sulama dozunda ve K<sub>0</sub> kükürt gübre dozunda saptanmıştır. Çeşitler arasında da bakla bağlama döneminde klorofil içeriği bakımından önemli farklar ortaya çıkmıştır (Çizelge 8).

Bu anlamda Cinsoy çeşidi denemedeki diğer iki çeşitten önemli oranda daha yüksek klorofil içeriğine sahip olmuştur. Tek bitki veriminde Cinsoy çeşidinin yüksek değer alması ve bakla bağlama dönemindeki yüksek klorofil içeriği önemli bir çeşit özelliği olarak dikkat çekmektedir. Sulama dozları arasında da önemli farklar meydana gelmiştir. Artan sulama dozları bakla bağlama döneminde klorofil içeriğinin artmasına neden olmuştur. Her bir sulama dozunda ortalama klorofil içeriğinde bir artış kaydedilmiştir, ancak bu artış TK<sub>%25</sub> sulama dozu ile TK<sub>%75</sub> sulama dozu arasında önemli olmamıştır ve bu üç sulama dozu aynı istatistiksel grupta yer almıştır. TK<sub>%100</sub> sulama dozunda denemedeki diğer sulama dozlarından önemli oranda bir artış elde edilmiştir. Kükürt gübre uygulamasının saksı koşullarında bakla bağlama döneminde pozitif bir etkisi belirlenmemiştir ve her iki kükürt gübre dozu aynı istatistiksel grupta bulunmuştur. Shafagh-Kolvanagh ve ark. (2008)'nin





azotlu gübrelemeye bağlı olarak vejetatif gelişme dönemlerinde yaptıkları SPAD klorofil ölçümlerinde soya fasulyesinde V4 ve R3 dönemlerinde sırasıyla ortalama değerlerin 35.42 ile 27.88 arasında bulunduğu, bitki gelişim periyodu boyunca klorofil içeriğinin tüm azot uygulamalarında azaldığı ve bu dönemlerde yaptıkları SPAD okumalarının tane verimi ile yüksek düzeyde ilişkili olduğunu belirleyerek ( $r^2=0.86$ ) erken dönemlerde verim tahminlemesinde yaprak klorofil varlığının önemli bir etmen olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çizelge 8. Bakla bağlama dönemi yaprak klorofil içeriği ortalama değerleri (SPAD)

Yıl/Kükürt/Çeşit/Su		K <sub>0</sub> kg/da			K <sub>5</sub> kg/da		
		Cinsoy	Arisoy	Umut-2002	Cinsoy	Arisoy	Umut-2002
2017	TK <sub>%25</sub>	31.95 f-o	28.47 p-t	32.53 e-k	26.23 st	29.62 k-s	28.81 o-t
	TK <sub>%50</sub>	32.44 e-k	31.44 g-p	32.35 f-l	34.00 c-ı	28.79 o-t	30.25 i-r
	TK <sub>%75</sub>	34.24 c-h	27.27 rst	30.01 j-r	31.29 h-q	28.93 n-s	29.25 l-s
	TK <sub>%100</sub>	30.08 j-r	29.53 k-s	28.21 q-t	33.03 d-j	29.11 m-s	30.37 i-r
2018	TK <sub>%25</sub>	32.12 f-l	34.09 c-ı	33.53 e-k	34.48 c-g	34.65 c-f	32.48 e-k
	TK <sub>%50</sub>	35.86 cd	33.48 c-ı	25.73 t	33.66 c-ı	31.85 f-p	33.10 d-j
	TK <sub>%75</sub>	36.13 cd	36.11 cd	34.60 c-f	33.33 c-ı	34.18 c-h	31.06 ı-q
	TK <sub>%100</sub>	40.13 a	36.28 bc	35.53 cde	39.26 ab	35.86 cd	35.96 cd

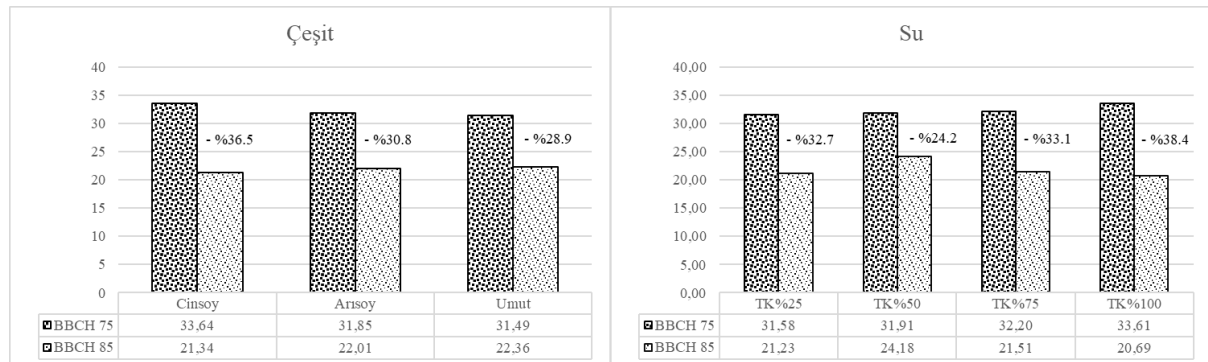
Lsd Yıl: 0.633; Lsd Su: 0.896; Lsd YılXSu: 1.267; Lsd Çeşit: 0.776; Lsd YılXÇeşit: 1.097; Lsd SuxÇeşit: 1.552; Lsd YılXSuxÇeşit: 6.85; Lsd SuxKükürt: 1.267; Lsd YılXSuxKükürt: 1.792; Lsd SuxÇeşitXKükürt: 2.194; Lsd YılXSuxÇeşitXKükürt: 3.103

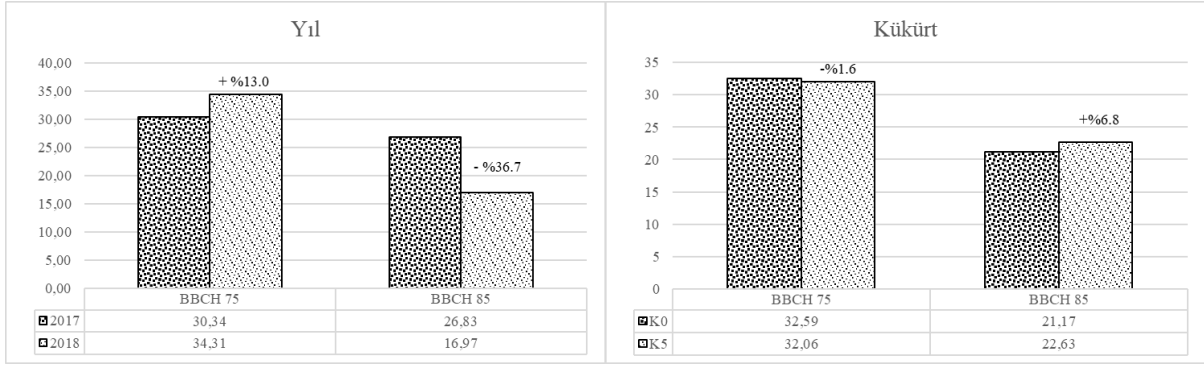
Bakla bağlama döneminde klorofil içeriği belirlendikten sonra tane dolun döneminde de klorofil içeriği (SPAD) ölçülmüştür. Farklı uygulamalar kapsamında tane dolun döneminde klorofil içeriği 12.33 ile 31.04 arasında değişerek önemli farkların meydana gelmesine neden olmuştur (Çizelge 9). Çeşitler arasında önemli farklar meydana gelmiştir. Soya çeşitlerinin bakla bağlama döneminden sonra ilerleyen gelişme dönemlerinden tane dolun döneminde yapılan ölçümlerde önceki ölçüme göre farklı sonuçlara ulaşılmıştır. Öncelikle ilerleyen gelişme dönemi içerisinde klorofil içeriğinde dikkate değer azalmaların olduğu gözlenmiştir. Bu azalma denemedeki tüm çeşitlerde görülmüştür.

Çizelge 9. Tane dolun dönemi yaprak klorofil içeriği ortalama değerleri (SPAD)

Yıl/Kükürt/Çeşit/Su		K <sub>0</sub> kg/da			K <sub>5</sub> kg/da		
		Cinsoy	Arisoy	Umut-2002	Cinsoy	Arisoy	Umut-2002
2017	TK <sub>%25</sub>	23.45 j-m	26.86 d-i	29.55 a-d	22.83 k-n	25.39 ı-k	24.48 i-l
	TK <sub>%50</sub>	29.82 abc	28.70 b-g	31.04 ab	31.65 a	28.92 a-f	30.06 abc
	TK <sub>%75</sub>	23.47 j-m	26.53 e-i	25.30 ı-k	25.99 f-j	27.86 c-ı	22.12 l-o
	TK <sub>%100</sub>	25.47 h-k	24.74 ı-l	25.98 g-j	29.34 a-e	26.00 f-j	28.39 b-h
2018	TK <sub>%25</sub>	15.53 u-y	15.85 s-y	16.48 r-w	17.31 r-v	18.46 p-t	18.55 p-s
	TK <sub>%50</sub>	14.06 w-z	15.01 v-z	19.23 o-r	18.16 q-u	21.02 m-q	22.55 k-n
	TK <sub>%75</sub>	19.10 pqr	16.33 r-w	15.73 s-y	17.23 r-v	17.30 r-v	21.13 m-p
	TK <sub>%100</sub>	14.75 v-z	12.85 yz	12.33 z	13.31 xyz	20.30 n-q	14.78 v-z

Lsd Yıl: 0.599; Lsd Su: 0.848; Lsd Kükürt: 0.599; Lsd YılXSu: 1.199; Lsd Çeşit: 0.734; Lsd SuxÇeşit: 1.468; Lsd YılXSuxÇeşit: 2.076; Lsd YılXKükürt: 0.848; Lsd SuxKükürt: 1.199; Lsd YılXSuxKükürt: 1.695; Lsd YılXÇeşitXKükürt: 1.468; Lsd YılXSuxÇeşitXKükürt: 2.937





Şekil 7. Generatif dönemlerde (bakla bağlama ve tane dolum dönemi) yaprak klorofil içeriği ortalama değerleri ve değişim oranları

Çeşitler incelendiğinde bu dönemde en yüksek klorofil içeriği Umut-2002 çeşidinde ölçülmüştür. Ancak Elde edilen değerlerin öncelikle artan sıcaklıklar karşısında klorofil içeriğinin korunması açısından ve bu dönemde de fotosentez etkinliği hakkında önemli bilgiler vermektedir. Bu anlamda ilerleyen gelişme dönemlerinde daha yüksek klorofil içeriğine sahip çeşitlerin belirlenmesi önemlidir. Ayrıca ilerleyen gelişme döneminde çeşitlerin klorofil içeriğinin birbirine yaklaştığı da gözlenmiştir. Klorofil içeriği değişimi incelendiğinde çeşitler bazında en yüksek kaybın Cinsoy çeşidinde olduğu ve generatif gelişme döneminde yaşlanma belirtisi gösteren en önemli çeşit olduğu gözlemlenmiştir. Yüksek sıcaklık ve su stresi koşullarında tane dolum döneminde yapılan SPAD ölçümlerinde kontrol koşullarında 35,48, yüksek sıcaklık stresi koşullarında 36,84 ve su stresi koşullarında ise 22,38 değerleri elde edilerek su kıtlığı durumunda yaprak klorofil içeriğinin önemli oranda azaldığı tespit edilerek tane dolum döneminde yapılan SPAD ölçümlerinin verim tahminlemede önemli düzeyde pozitif korelasyon gösterdiği belirtilmiştir (Ergo ve ark. 2018). Sulama dozu uygulamalarında ise en dikkat çekici nokta tane dolum döneminde TK<sub>%50</sub> sulama dozunda en yüksek klorofil varlığının bulunmuş olmasıdır (Şekil 7.).

### Sonuç ve Öneriler

Yapılan çalışma ile kontrollü koşullarda sulama miktarı ve kükürlü gübre dozları ile soya fasulyesi bitkisinde verim ve fizyolojik parametreler incelenmiştir. Yapılan çalışma ile soya fasulyesi üretiminde sulama faktörünün oldukça büyük önem arz ettiği ve kullanılan çeşitlerin genetik performansına göre verimlilik özellikleri büyük ölçüde etkilendiği anlaşılmıştır. Artan sulama dozu ve topraktaki su miktarı ile bitkilerde verim ve fotosentez etkinliğinin genel olarak arttığı anlaşılmaktadır. Özellikle bitkide bakla sayısı ve tek bitki verimi açısından TK<sub>%100</sub> düzeyinde sulama ile yüksek verim alındığı soya fasulyesi yetiştiriciliğinde toprak neminin yüksek tutulması ve sıcak iklim şartlarında tarla kapasitesi düzeyinde sulama yapılması verimlilik açısından önem arz etmektedir. Generatif dönemlerde yapılan klorofil ölçümlerinde bitkinin olgunlaşması ile yaprak klorofil içeriğinin azaldığı ve çeşit ve sulama faktörlerinden önemli oranda etkilendiği anlaşılmıştır. Umut-2002 çeşidi bu dönemlerde en az düzeyde klorofil (SPAD) kaybının yaşandığı çeşit olması nedeniyle dikkat çekerken, Cinsoy çeşidinin yapraklarında erken olum ve yaşlanma etkisi gözlemlenmiştir. Alkali toprak koşullarında yapılan çalışmada kükürlü gübre dozlarının etkisi belirgin bir şekilde gözlemlenmemiştir. Arısoy çeşidi hem tek bitki verimi hem de bitkide bakla sayısı bakımından %100 tarla kapasitesi koşullarında en yüksek değerleri alarak soya fasulyesi üretiminde yeterli düzeyde yapılacak sulamada bölgemiz topraklarında ön plana çıkabilme potansiyeli vardır. Sera koşullarında yapılan çalışma ile birlikte elde edilen bilgilerin ışığında çeşitlerin tarla koşullarında da sulama performanslarının değerlendirilmesi gerekmektedir.

### Teşekkür

Yapılan çalışma TÜBİTAK EIG Concert Japan İkili İş birliği kapsamında desteklenen 1170378 no'lu projenin bir bölümünü kapsamaktadır. Yaptıkları desteklerden ve sağladıkları proje imkanından dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.



### Kaynaklar

- Açıköz, N., İlker, E., Gökçöl, A., 2004. Assessment of biological research on the computer. ISBN: 973-483-607-8, Ege University Seed Technology Center, No: 2, Bornova-İzmir.
- Ahmed, S.U., Senge, M., Ito, K., Adomako, T., 2010. Effects of water stress on soil plant analytical development (SPAD) chlorophyll meter reading and its relationship to nitrogen status and grain yield of soybean under different soil types. *Journal of Rainwater Catchment Systems*, 15 (2): 33-38.
- Arioğlu, H., Güllüoğlu, L., 2019. Soya'da tohumluk üretimi ve sertifikasyonu, Tohum, Tohumculuk ve Teknolojileri, BİSAB, Cilt 2, 811-837.
- Boydak, E., Kayantaş, B., Acar, F., Fırat, R., 2018. Bazı soya fasulyesi (*Glycine max* L.) çeşitlerinin yüksek rakımlarda verim ve verim unsurlarının belirlenmesi, *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*. 22 (4), 544-550.
- Canavar, Ö., Götz, K.P., Ellmer F., Chmielewski, F.M., Kaynak, M.A., 2014. Determination of the relationship between water use efficiency, carbon isotope discrimination and proline in sunflower genotypes under drought stress”, *Australian Journal of Crop Science*, 8 (2), 232-242.
- Cazzato E., Tufarelli V., Ceci E., Stellacci A.M., Laudadio, V., 2012. Influence of sulphur application on protein quality, fatty acid composition and nitrogen fixation of white lupin (*Lupinus albus* L.). *European Food Research and Technology*, Volume 235, Issue 5, pp 963-969.
- Choudhary, P., Jhaharia, A., Kumar, R., 2014. Influence of sulphur and zinc fertilization on yield, yield components and quality traits of soybean (*Glycine max* L.). *The Bioscan*, 9 (1): 137-142.
- Dede, Ö., Acar, İ., 2019. Yapraktan ve topraktan uygulanan çinkonun soya fasulyesinin (*Glycine max* L.) verim ve verim öğeleri üzerine etkileri, *Ordu Üniv. Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lisans Tezi*, 47 sayfa.
- Divito G.A., Sainz Rozas H.R., Echeverra H.E., Wyngaard, N., 2013. Long-term sulfur fertilization: Effects on crops and residual effects in a no-till system of Argentinean pampas, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 44:12, 1800-1813.
- Doğan, Y., Koyutürk, Ö., Aktaş, H., 2015. Mardin-Kızıltepe ekolojik koşullarında ekim zamanı uygulamalarının bazı soya fasulyesi çeşitlerinde verim ve verim öğeleri üzerine etkisi. *YYÜ Tarla Bitkileri Dergisi*. 25(3), 293-303.
- Ercoli, L., Lulli, L., Arduini, I., Mariotti, M., Masoni, A., 2012. Management of sulphur fertiliser to improve durum wheat production and minimise S leaching. *Europ. J. Agronomy* 38: 74– 82.
- Ergo, V.V., Lascano, R., Vega, C.R.C., Parola, R., Carrera, C.S., 2018. Heat and water stressed field-grown soybean: A multivariate study on the relationship between physiological-biochemical traits and yield. *Environmental and Experimental Botany*, 148: 1-11.
- FAOSTAT, 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations statistics. Erişim: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. Erişim Tarihi: 25.01.2020.
- He, J., Du, Y.L., Wang, T., Turner, N.C., Yang, R.P., Jin, Y., Xi, Y., Zhang, C., Cui, T., Fang, X.W., Li, F.M., 2017. Conserved water use improves the yield performance of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) under drought. *Agricultural Water Management*, 179: 236-245.
- Hu, M., Wiatrale, P., 2012. Effect of planting date on soybean growth, yield and grain quality, *Agron. J.* 104, 785-790.
- İlker, E., 2017. Performances of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] advanced lines grown in second cropping under Mediterranean climatical conditions of Western Turkey. *Turkish Journal of Field Crops*. 22 (1): 104-107.
- Jaga, P.K., 2013. Effect of sulphur, zinc and bio-fertilizer on soybean. *An Asian Journal of Soil Science*, 8(2): 505-509.
- Jamal A., Fazli I. S., Ahmad S., Abdin M.Z., 2006. Interactive effect of nitrogen and sulphur on yield and quality of groundnut (*Arachis hypogea* L.). *Korean J Crop Sci.*, 51(6): 519-522.
- Kaya, M., Karaman, R., Şener, A., Odabaşoğlu, C., 2017. Soya fasulyesinde Fe-Humat, Fe-Fulvat ve Molibden uygulamalarının nodülasyon ve bazı fide özelliklerine etkileri, *International Multidisciplinary Congress of Eurasia*.
- Koca, Y.O., Canavar, Ö., Yorulmaz, A., Ereku, O., 2015. Influence of nitrogen level and water scarcity during seed filling period on seed yield and fatty acid compositions of corn. *Philippine Journal of Crop Science* 40(3): 98-105.
- Kocaturk, M., Cubukcu, P., Goksoy, A.T., Sincik, M., İlker, E., Kadıroğlu, A., Vurarak, Y., Sahın, Y., Karakus, M., Yıldırım, U.A., 2019. GGE biplot analysis of genotype x environment interaction in soybean grown as a second crop. *Turkish Journal of Field Crops*, 24 (2): 145-154.
- Krusell, L., Krause, K., Ott, T., Desbrosses, G., Krämer, U., Sato, S., Nakamura, Y., Tabata, S., James, E.K., Sandal, N., Stougaard, J., Kawaguchi, M., Miyamoto, A., Suganuma, N., Udvardi, M.K., 2005. The sulfate transporter SST1 is crucial for symbiotic nitrogen fixation in lotus japonicus root nodules. *The Plant Cell* 17, 1625–1636.. doi:10.1105/tpc.104.030106.



- Ma, H., Sonoko, M., Wirth, S., 2019. Effect of biochar and irrigation on the interrelationships among soybean growth, root nodulation, plant p uptake and soil nutrients in a sandy field. *Sustainability*, 11, 6542.
- Mbow, C., Rosenzweig, C., Barioni, L.G., Benton, T.G., Herrero, M., Krishnapillai, M. Liwenga, E., Pradhan, P. Rivera-Ferre, M.G., Sapkota, T., Tubiello, F.N., Xu, Y., 2019. Food Security. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla et al. (eds.)]. In press.
- Muandemela, O.D., Doto, A., 2010. Evulation of soybean lines for drought tolerance and the influence of water availability on cookability, *Turialba*. 38, 194-197.
- Onat, B., Bakal, H., Güllüoğlu, L., Arioğlu, H., 2017. The effects oh high temperature at the growing period on yield and components of soybean (*Glycine max* L.) varieties, *Turkish Journal of Field Crops*. 22 (2), 178-186.
- Shafagh-Kolvanagh, J., Zehtab-Salmasi, S., Javanshir, A., Moghaddam, M., Nasab, A.D.M., 2008. Effects of nitrogen and duration of weed interference on grain yield and SPAD (chlorophyll) value of soybean (*Glycine max*. (L.) Merrill.). *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 6 (3&4): 368-373.
- Sincik, M., Candoğan, B.N., Demirtaş, C., Büyükcangaz, H., Yazgan, S., Göksoy, A.T., 2008. Deficit irrigation of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) in a sub-humid climate, *Journal of Agronomy and Crop Science*, 194: 2005-205.
- Sinclair, T.R., Purcell, L.C., King, C.A. Sneller, H., 2007. Drought tolerance and yield increase of soybean resulting from improved symbiotic N<sub>2</sub> fixation, *Field Crop Research*. 101, 68-71.
- Streeter, J.G., 2003. Effects of drought on nitrogen fixation in soybean root nodules, *Plant, Cell and Environment*, 26, 1199-1204.
- Tuğay, E., Atikyılmaz, N., 2009. Ege Bölgesinde ana ürün koşullarında bazı soya genotiplerinin verim, verim öğeleri ve nitelikleri üzerinde bir araştırma. *Anadolu, J. of AARI*. 19 (1): 34-46.
- Tunalı, S.P., Gürbüz, T., Akçay, S., Dağdelen, N., 2019. Aydın koşullarında pamuk çeşitlerinde su stresinin verim ve verim bileşenleri ile lif kalite özellikleri üzerine etkileri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7 (1): 161-168.
- TÜİK, 2019. Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri. Erişim: [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr). Erişim Tarihi: 25.01.2020.
- Ünal, İ., 2007. Melezleme yöntemiyle elde edilen soya [*Glycine max* (L.) Merr.] hatlarının bazı tarımsal özelliklerinin belirlenmesi", Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 54 s.
- Yıldırım, A., İlker, E., 2018. Ege Bölgesi'nde ikinci ürün koşullarında bazı soya çeşit ve hatlarının verim ve agronomik özellikleri ile kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 15 (2): 1-8.
- Yıldırım, A., Yıldız, H., İlker, E., Ekren, S., 2020. Determination of yield and agronomic characteristics of some soybean genotypes suitable for double crop agriculture in Mediterranean climate conditions. In: Brka M., Omanović-Miklićanin E., Karić L., Falan V., Toroman A. (eds) 30th Scientific-Experts Conference of Agriculture and Food Industry. *AgriConf 2019. IFMBE Proceedings*, vol 78. Springer, Cham.





Araştırma Makalesi/Research Article

## Nitelikli Mısır Popülasyonlarında Önemli Tane Kalite Özellikleri İçin Gen Etkisi, Heterosis ve Korelasyon Analizleri

Halil Uysal\*<sup>1</sup>  Fatih Kahrıman<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, 17020, Çanakkale, Turkey  
\*Sorumlu Yazar: haliluysal1991@hotmail.com

Geliş Tarihi: 29.01.2021

Kabul Tarihi: 16.03.2021

### Öz

Bu araştırma nitelikli mısır popülasyonlarında verim ve bazı tane kalite özellikleri (yağ oranı, protein oranı, lizin içeriği, triptofan içeriği, oleik asit içeriği, karotenoid içeriği) kalıtımının incelenmesi ıslah programlarına uygun kaynak materyallerin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada 4 nitelikli ebeveyn ile 2015 ve 2016 yıllarında Nesil Ortalama Analizine (NOA) uygun olarak hazırlanan 6 farklı popülasyona ait 6 nesil (E1, E2, F1, F2, GM1 ve GM2) materyal olarak kullanılmıştır. Tarla denemesi 2018 yılında tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak Çanakkale ilinde yürütülmüştür. Çalışmada tek bitki verimi, yağ oranı, protein oranı, lizin içeriği, triptofan içeriği, oleik asit içeriği, karotenoid içeriği hakkında ölçümler yapılmıştır. Toplanan veriler Nesil Ortalama Analizine (NOA) uygun istatistik model kullanılarak analiz edilmiştir. Bu analizler ile incelenen özelliklerin değişiminde rol oynayan gen etkilerinin yanı sıra ıslah çalışmaları için kaynak materyal olarak kullanılabilecek popülasyonlar belirlenmiştir. Ayrıca incelenen özellikler için heterosis ve hetebeliosis değerleri hesaplanmıştır. Özellikler arası korelasyonlar tüm veriler üzerinden ve popülasyon düzeyinde hesaplanarak popülasyon düzeyindeki değişimler irdelenmiştir. İncelenen özelliklerden verim ve karotenoid içeriğinde dominans genlerin diğer kalite özelliklerinde ise eklemeli genlerin kontrolünde olduğu gözlenmiştir. IHO×PR ve IHP×PR popülasyonlarının incelenen özellikler bakımından ümitvar kaynak materyaller olabileceği belirlenmiştir. Ortalama heterosis ve heterobeliosis değerleri, incelenen özelliklerden tek bitki verimi ve karotenoid içeriği için pozitif yönde, diğer özelliklerden ise negatif yönde bulunmuştur. Bazı ailelerde verim ile birlikte tane kalite özelliklerinin geliştirilebileceği anlaşılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Tane Kalitesi, Biyokimyasal Kompozisyon, *Zea Mays*

## Gene Action, Heterosis and Correlation Studies in Different Specialty Maize Populations for Important Kernel Quality Traits

### Abstract

This research was carried out in order to i) examine the yield and some grain quality characteristics (oil ratio, protein ratio, lysine content, tryptophan content, oleic acid content, carotenoid content) in speciality maize populations, and ii) to determine the appropriate source materials for breeding programs. Six generations (P1, P2, F1, F2, BC1 and BC2) belonging to 6 different populations prepared in accordance with Generation Mean Analysis (GMA) in 2015 and 2016 with 4 qualified parents were used as material. The field trial was conducted in Çanakkale province in 2018 with three replications according to the randomized complete block design. Measurements were made on the yield of a single plant, oil ratio, protein ratio, lysine content, tryptophan content, oleic acid content, and carotenoid content. The collected data were analyzed using a statistical model for GMA. With these analyzes, the populations that can be used as source material for breeding studies, as well as the gene effects that play a role in the change of the examined traits, were determined. In addition, heterosis and hetebeliosis values were calculated for the investigated traits. The correlations between traits were calculated over all data and at the population level and examined by populations. Among the traits examined, it was observed that dominance genes in yield and carotenoid content were under the control of additive genes in other quality traits. It has been determined that IHO×PR and IHP×PR populations can be promising source materials in terms of the traits examined. The average heterosis and heterobeliosis values were found to be positive for single plant yield and carotenoid content, while they were found to be negative for other traits. It has been understood that grain quality traits can be improved with yield in some families.

**Keywords:** Kernel Quality; Biochemical Composition; *Zea mays*

### Giriş

Mısır dünyada ve ülkemizde temel tarımsal ürünler arasındadır ve mısırdaki tane kalitesinin artırılması hem insan hem de hayvan beslenmesi için önem arz etmektedir. Tane kalitesinin değişimi



başlıca yağ ve protein oranı ile bu bileşenlerin yapıtaşlarındaki değişimle ilişkilendirilmektedir (Egesel ve ark., 2011). Mısırdaki tane kalitesinin artırılması için bu özellikler üzerine yoğun şekilde ıslah çalışmaları yürütülmektedir.

Mısır tanesinde protein oranı genotipik özelliklerden etkilenmektedir ve normal mısır tiplerinde %8-11 arasında değişmektedir. Mısırdaki tane kalitesinin artırılması amacıyla protein oranının artırılmasından ziyade, protein kalitesinin artırılmasına ihtiyaç vardır (Vasal, 2000). Mısır tanesinde proteinlerin büyük bir kısmını (%40-60) prolaminler oluşturmakta ve bu gruba zein proteinleri adı verilmektedir (Pollak ve Scott, 2005). Oransal olarak yüksek miktarda bulunan bu protein grubunun lisin ve triptofan gibi esansiyel aminoasitler bakımından fakir olması mısır tanesinin besleyicilik değerini düşürmektedir. Bu durum mısırın besleyicilik değerini olumsuz yönde etkileyen önemli sorunlardan birisidir ve bu sorunu çözmek amacıyla *floury-2* ve *opaque-2* tip mısırlar geliştirilmiş ve lisin ve triptofan içeriği bakımından yüksek genotiplerin ıslahı mümkün olmuştur. Yürütülen yoğun çalışmalar sonucunda ise bu genotiplerin melezleriyle Kalite Protein Mısır (QPM:Quality Protein Maize) özellikte yeni mısır tipleri geliştirilmiştir.

Yağ oranı mısırdaki tane kalitesini belirleyen diğer önemli bir unsurdur. Normal mısır tiplerinde %3-5,5 arasında yağ bulunmaktadır ve yağ oranının artışı, mısır tanesinin beslenme açısından enerji değerini önemli ölçüde artırmaktadır. Mısırdaki yağ oranının artırılması için farklı ülkelerde çalışmalar yapılmış ve önemli başarılar ulaşılmıştır. Bu amaçla yürütülen ıslah programları içerisinde Illinois Long Term Selection Experiment çalışması örnek gösterilebilir. Bu çalışma sayesinde tane yağ içeriği %12'yi aşan materyaller geliştirilmiştir. Bu konudaki ilerlemeler yağ bitkileri içerisinde yer alamayan mısırdan bitkisel yağ eldesini artırmıştır. Yağ oranının artırılmasının yanı sıra yağ kalitesinin geliştirilmesi mısır ıslah çalışmalarının önemli amaçlarından birisidir (Pollak ve Scott, 2005). Yağlık mısır genotiplerinin soya, ayçiçeği ve zeytin gibi yağlık bitkilerle alternatif olabilmesi için mısır yağında doymuş yağ içeriğinin düşürülmesi, oleik asit içeriğinin artırılması ve doymamış yağ içeriğinin artırılmasına ihtiyaç vardır. Normal mısır tiplerinde %10 palmitik, %2 stearik, %25 oleik, %62 linoleik ve %1 linolenik asit bulunmaktadır (Pollak ve Scott, 2005). Mısır yağında oleik asit içeriğinin artırılması özellikle endüstriyel kullanım için istenen niteliklerden birisidir. Mısırdaki yağ kalitesini artırmaya yönelik çalışmalar mısır ıslahı ile ilgilenen uluslararası düzeyde çalışmalar yapılmaktadır. Ülkemizde mısır hem tohumluk hem de ürün olarak stratejik ürünler arasındadır. Ülkemizde mısır yağı tüketiminin ayçiçeği ve zeytinyağından sonra üçüncü sırada olması (Yayar ve Bal, 2007) yağlık mısır genotiplerinin geliştirilmesini daha stratejik hale getirmektedir. Ülkemizde yüksek ya da tatminkâr verim değerlerine sahip yüksek yağlı mısır çeşitlerinin geliştirilmesi yağlık mısır üretimini artırabilir ve bu amaçla özel üretim yapmayı teşvik edebileceği bildirilmiştir (Öz ve Kapar, 2007).

Mısırdaki tane kalitesini belirleyici ikincil bileşenler de önemli etkilere sahiptir. Mısır tanesinde doğal olarak sentezlenen ikincil bileşenler arasında karotenoidler, fenolikler ve antosiyaninler yer almaktadır (Lopez-Martinez ve ark., 2009). Bu bileşiklerin doğal olarak mısırdaki sentezlenebilmesi ve diğer tahıl türleri ile kıyaslandığında daha fazla miktarda bulunması nedeniyle mısıra olan ilgili artırmaktadır. İkincil bileşenlerden olan karotenoidler mısır tanesine sarı ve turuncu rengini veren bileşiklerdir. Kanatlı hayvan beslemede yaygın olarak kullanılan mısırdaki bu bileşiklerin miktarının artırılması arzu edilmektedir. Karotenoid içeriğinin diğer tahıl türlerinde göre mısırdaki yüksek oluşu (Panfili ve ark., 2004) beslenme açısından önemli avantajlar kazandırmaktadır. Diğer taraftan sağlık açısından da yüksek karotenoid içeren mısır tiplerinin önemli faydaları olduğu rapor edilmiştir (Howe ve Tanumihardjo, 2006). Bu nedenler ile karotenoid içeriğinin mısırdaki artırılması, uluslararası ıslah programlarının amaçlarından birisi haline gelmiştir.

Tane kalitesine yönelik ıslah programlarının başarıya ulaşabilmesi için öncelikle bu programlarda kullanılacak uygun başlangıç materyallerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla mısır bitkisinde farklı özellikler için gen etkilerinin belirlenmesi ve ıslah çalışmalarında kaynak materyal olarak kullanılacak genotiplerin tespiti için farklı araştırmalar yürütülmüştür. Literatürde yer alan bu amaçla yürütülen çalışmalar dikkate alındığında, mısırdaki verim ile ilgili bitkisel özellikler (Shahrokhi ve ark., 2011; Haq ve ark., 2013; Sher ve ark., 2012; Kahrman ve ark., 2015a), bazı kalite özellikleri (Kahrman ve ark., 2015b) ve hastalıklara dayanıklılık (Mbogo ve ark., 2015) gibi konularda çalışmaların yapıldığı dikkat çekmektedir. Bu çalışmalarda Nesil Ortalama Analizi (NAO) kullanılmış olup, bu yöntemde diğer analiz yöntemlerinde detaylandırılmayan epistatik



interaksiyonlar bu yöntem sayesinde ayrıntılı şekilde hesaplanabilmektedir. Mevcut bilimsel literatürdeki yayınlar dikkate alındığında, uluslararası bilimsel literatürde mısırdaki tane kalitesine yönelik olarak yürütülen genetik araştırmaların verim ve bitkisel özelliklere yönelik çalışmalara göre nispeten az sayıda olduğu söylenebilir. Ülkemizde yürütülen ıslah çalışması niteliğindeki araştırmalarda ise tane kalitesine yönelik oldukça sınırlı çalışma mevcuttur.

Bu çalışmanın amacı tane kalite özellikleri bakımından nitelikli ebeveynlerle oluşturulmuş 6 farklı popülasyonda tek bitki verimi ve bazı tane kalite özellikleri bakımından seleksiyona uygun popülasyonların seçilmesi ve incelenen özelliklerin kalıtımı ile bu özellikler için kullanılan materyalde incelenen özellikler arası ilişkilerin ve heterosis değerlerinin irdelenmesi hedeflenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

### Deneme Materyali ve Denemenin Yürütülmesi

#### Materyal

Araştırmada 4 farklı nitelikli mısır ebeveyni ile oluşturulan altı farklı popülasyonun farklı nesillerine ait materyaller tohumluk olarak kullanılmıştır. Bu materyal seti 205 ve 2016 yıllarında tohumluk üretim denemelerinde oluşturulmuştur. Çalışmada kullanılan materyaller hakkında genel bilgiler Çizelge 1’de sunulmuştur.

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan tohumluk materyaller

E1 (Ana Ebeveyn)	E2 (Baba Ebeveyn)	F1	F2	GM1 (F1’in Ana ile Geri Melezi)	GM2 (F1’in Baba ile Geri Melezi)
Q2	IHO	Q2×IHO	Q2×IHO	(Q2×IHO)×Q2	(Q2×IHO)×IHO
Q2	IHP	Q2×IHP	Q2×IHP	(Q2×IHP)×Q2	(Q2×IHP)×IHP
Q2	PR	Q2×PR	Q2×PR	(Q2×PR)×Q2	(Q2×PR)×PR
IHO	IHP	IHO×IHP	IHO×IHP	(IHO ×IHP)×IHO	(IHO×IHP)×IHP
IHO	PR	IHO×PR	IHO×PR	(IHO×PR)×IHO	(IHO×PR)×PR
IHP	PR	IHP×PR	IHP×PR	(IHP×PR)×IHO	(IHP×PR)×PR

#### Tarla Denemesi

Tarla denemesi Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Çiftliği, Bitkisel Üretim Araştırma ve Uygulama Birimi’nde tesadüf blokları deneme tertibine uygun şekilde üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemede kullanılan ebeveynler ve hibritler 2 sıralı parsellere, F1’ler ve gerimelezler ise 4 sıralı parsellere 2018 yılında Mayıs ayının ilk haftasında ekilmiştir. Ekim sıklığı 70×20 cm olacak şekilde ayarlanmıştır ve dekara yaklaşık 7140 bitki hedeflenerek ekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Çıkışın garanti altına alınması için her sıraya iki katı tohum atılmış ve çıkış sonrası bitkiler 15-20 cm olduğunda seyreltme yapılmıştır. Sulama damla sulama sistemi ile bitkilerin su ihtiyaçları ve toprak yapısı dikkate alınarak yapılmıştır. Deneme alanından 0-30 cm derinlikten alınan toprak örneklere ilişkin analiz sonuçlarına göre, denemenin kurulduğu alanın organik maddece fakir, potasyum bakımından yeterli, hafif alkali, tuzsuz ve orta kireçli bir yapıya sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 2). Gübreleme toprak analizi sonuçlarına göre damla sulama ile birlikte yapılmıştır. İlk sulamadan itibaren çiçeklenme zamanına kadar hesaplanan azot eşit miktarda, fosfor ve potasyum ise ekimin ardından yapılan ilk ve ikinci sulamada verilmiştir. Deneme alanı iklim özellikleri bakımından mısır yetiştiriciliğine uygun ve Çanakkale ilinin uzun yıllar iklim değerlerine yakın değerler sergilemiştir (Çizelge 3).

Çizelge 2. Deneme alanının genel toprak özellikleri

pH	EC (mS cm-1)	Kireç (%)	Organik Madde (%)	P (kg da -1)	K (kg da -1)
8,21	0,53	10,2	1,22	1,8	57
Hafif Alkali	Tuzsuz	Orta Kireçli	Az	Az	Yeterli





Çizelge 3. Denemenin yürürüldüğü yılda Çanakkale ilinin iklim özellikleri (MGM, 2019)

İklim Özellikleri	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
Ortalama Sıcaklık (°C)	19,6	23,2	26,5	27,1	22,0	17,5
En Yüksek Sıcaklık (°C)	24,3	28,3	31,5	32,3	26,8	21,1
En Düşük Sıcaklık (°C)	15,9	19,1	21,6	22,7	18,0	14,6
Ortalama Bağıl Nem (%)	70,1	63,9	59,6	56,5	63,2	72,5
Toplam Yağış (mm)	30,7	17,8	16,1	0,0	71,5	51,1

Deneme materyallerinin tane kalite özellikleri bakımından doğru şekilde değerlendirilebilmesi için kontrollü tozlama yöntemlerinden yararlanılmıştır. Bu amaçla çiçeklenme zamanında tarla kontrolleri yapılarak parsellerin orta kısmından tesadüfi olarak seçilen bitkilerin koçanları koruma altına alınmıştır. Tozlama işlemi sabah saatlerinde (8:00-10:00) arasında gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla bir gün öncesinden konulan tepe püskülü kağıtlarında toplanan polenler tam korumalı olarak aynı bitkilerin koçanlarına aktarılmıştır (Anonim, 2016). Bitkiler hasat olgunluğuna geldiğinde elle hasat yapılmıştır ve her materyale ait kendilenmiş koçanlar toplanarak file torbalara alınmıştır. Hasatta ebeveyn hatlar ve F1 neslinde her genotip için 10'ar adet, F2 nesli için 60 adet, geri melez nesilleri için ise 30'ar adet örnek alınmıştır. Tek bitki verimlerinin ölçümünde nesillere göre aynı sayılarda alınan açıkta tozlanmış koçan örnekleri kullanılmıştır. Toplanan örnekler laboratuvar analizlerinde kullanılmak üzere hazırlanana kadar +5 C'de muhafaza edilmiştir.

### İncelenen Özellikler

Tarla denemelerinden alınan örnekler öncelikle tanelenmiştir ve her koçana ait örnekler hava geçirmez torbalar içerisinde muhafaza edilmiştir. Açıkta tozlanmaya bırakılmış koçan örneklerinden tek bitki verimi, kontrollü tozlama örneklerinden ise tane içeriğine yönelik ölçümler yapılmıştır. Tek bitki veriminin tespiti için tarla denemelerinde açıkta tozlamaya bırakılmış koçan örnekleri tanelenmiş ve ardından örneklerin ağırlıkları alınarak tek bitki verimleri TTSM (2010) klavuzuna uygun olarak belirlenmiştir. Kontrollü tozlama örnekleri taneleme işleminin ardından laboratuvar tipi değirmende 0,5 mm elek çapında homojen bir şekilde öğütülmüştür. Öğütülen örnekler laboratuvar analizlerinde kullanılmak üzere muhafaza edilmiştir.

Örneklerin yağ ve protein içerikleri NIR spektroskopi cihazında geliştirilen lokal kalibrasyon modeli kullanılarak belirlenmiştir (Egesel ve Kahrıman, 2012). Oleik asit içeriğinin tespiti için öğütülmüş örneklerden dietil eter ile yağ çıkarma işlemi gerçekleştirilmiştir. Çıkarılan yağ örnekleri NIR cihazında analiz edilmiş ve örneklerin oleik asit, linoleik asit, toplam tekli doymamış yağ asiti (MUFA) ve toplam çoklu doymamış yağ asiti miktarları (PUFA) tespit edilmiştir. Bu tespitler birimizde daha önceki çalışmalarda geliştirilen NIR kalibrasyon modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Egesel ve ark., 2016). Örneklerin lizin ve triptofan içerikleri Galicia ve ark. (2009) tarafından geliştirilen kolorimetrik yöntemle uygun olarak analiz edilmiştir. Karotenoid analizleri Rodriguez-Amaya ve Kimura (2004) tarafından geliştirilen spektrofotometrik metoda uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

### Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistik Analizler

#### Nesil Ortalama Analizi

Ölçüm alınan özellikler ile ilgili verilerin analizinde SAS V8 paket programında (SAS Institute, 1999) geliştirilmiş makrodan (Gusmini ve Wehner, 2003) yararlanılmıştır. Bu makrolar NOA yapılmasına imkân veren program eklentileridir. Kullanılan makrolarda aşağıdaki parametreler hakkında tespitler yapılmıştır.

**Varyans Bileşenleri:** Varyans bileşenleri aşağıdaki formüllere göre (1, 2, 3, 4) tespit edilmiştir.

$$\text{Eklemeli Varyans (VA)} = 2 * VF2 - (VGM1 - VGM2) \quad (1)$$

$$\text{Fenotipik Varyans (VP)} = VF2 \quad (2)$$

$$\text{Genotipik Varyans (VG)} = VP - VE \quad (3)$$

$$\text{Dominans Varyans (VD)} = VG - VA \quad (4)$$

Formüllerde; VA eklemeli varyansı, VE çevresel varyansı, VP fenotipik yani toplam varyansı, VG genotipik varyansı, VD dominans varyansı göstermektedir. Bu bileşenleri hesaplamak için farklı nesillerde hesaplanan varyanslardan yararlanılmıştır. Formüllerde VF2 F2 nesline ait varyansı, VGM1 ve VGM2 grimeleze ait varyansları göstermektedir.



**Kalıtım Dereceleri:** Geniş ( $H^2$ ) ve dar ( $h^2$ ) anlamda kalıtım derecesinin tahmini için genetik varyansın toplam varyans içerisindeki payı ve eklemeli varyansın toplam varyans içerisindeki payı hesaplanmıştır (5,6). Her bir kombinasyon ve özellik için bu hesaplama makro vasıtasıyla aşağıdaki formüllere göre (5, 6) gerçekleştirilmiştir.

$$\text{Geniş Anlamda Kalıtım Derecesi (H}^2\text{)} = \frac{VG}{VP} \quad (5)$$

$$\text{Dar Anlamda Kalıtım Derecesi (h}^2\text{)} = \frac{VA}{VP} \quad (6)$$

**Gen Etkilerinin Tahmini:** İncelenen özelliklerde eklemeli (a), dominans (d) ve epistatik interaksiyonlara (aa+ad+dd) ilişkin tahminlemeler yapılmıştır ve gen etkilerine ilişkin hesaplamalar aşağıdaki formüllere göre (7, 8, 9, 10, 11, 12) gerçekleştirilmiştir.

$$\text{Ortalama (m)} = mF2 \quad (7)$$

$$\text{Eklemeli Etki (a)} = mGM1 - mGM2 \quad (8)$$

$$\text{Dominans Etki (d)} = (-0.5 * mGM1) - (0.5 * mGM2) + mF1 - (4 * mF2) + (2 * mGM1) + (2 * mGM2) \quad (9)$$

$$\text{Eklemeli + Eklemeli Epistatis (aa)} = -(4 * mF2) + (2 * mGM1) + (2 * mGM2) \quad (10)$$

$$\text{Eklemeli + Dominans Epistatis (ad)} = (-0.5 * mE1) + (0.5 * mE2) + mGM1 - mGM2 \quad (11)$$

$$\text{Dominans + Dominans Epistatis (dd)} = mE1 + mE2 + (2 * mF1) + (4 * mF2) - [4 * (mGM1 + mGM2)] \quad (12)$$

Formüllerde; mF2 F2 nesline ait ortalamayı, mE1 ana ebeveyn ortalamasını, mE2 baba ebeveyn ortalamasını, mF1 F1 nesline ait ortalamayı, mGM1 ana ebeveynle yapılan geri melez ortalamasını, mGM2 baba ebeveynle yapılan gerimelez ortalamasını göstermektedir.

**Seleksiyonla Sağlanabilecek Teorik İlerleme:** Kalıtım derecesi ve seleksiyon sabiti yardımıyla her bir kombinasyon için incelenen her özellikte seleksiyonla sağlanabilecek ilerleme aşağıdaki formüle (13) göre tespit edilmiştir.

$$\text{Genetik İlerleme (GI\%5)} = 2.06 * h^2 * \sqrt{VF2} \quad (13)$$

NOA'nden elde edilen sonuçlar dikkate alınarak kullanılan materyalde seleksiyona uygun popülasyonlar tespit edilmiştir. Özelliklerde rol oynayan gen etkisi ve özelliğe ait kalıtım derecesi dikkate alınarak hangi ıslah yönteminin kullanılmasının uygun olduğu belirlenmiştir. İleriki çalışmalarda kullanılması uygun bulunan her bir materyal için özelliklere göre değerlendirmeler yapılmış ve birden fazla özellik için ıslah çalışmalarında kullanım potansiyeli bulunan materyaller belirlenmeye çalışılmıştır.

#### **Heterosis ve Heterobeltiosis Hesaplamaları**

Çalışmada incelenen her özellik için tüm veriler üzerinden ve ailelere göre ayrı ayrı olmak üzere F1 neslinde heterosis ve heterobeltiosis değerleri Falconer ve Mackay (1996) tarafından önerilen formüllere göre (14, 15) hesaplanmıştır.

$$\text{Anaç Ortalamalarına Göre Heterosis (AOH)} = \frac{(F1-AO)}{F1} * 100 \quad (14)$$

$$\text{Üstün Anaca Göre Heterosis (ÜAH)} = \frac{(F1-ÜAO)}{F1} * 100 \quad (15)$$

Bu formüllerde F1, F1 nesline ait ortalamayı, AO, anaç ortalamasını, ÜAO, üstün anaca ait değeri göstermektedir. Heterosis ve heterobeltiosis hesaplamaları F1 ve ebeveyn ortalamaları üzerinden hesaplanmıştır.

#### **Korelasyon Analizleri**

Korelasyon analizlerinde incelenen özellikler arası ilişkiler tüm veri setleri üzerinden ve ailelere göre ayrı ayrı irdelenmiştir. Bu analizlerde SAS V8 programında Proc CORR komutu kullanılmış ve Pearson korelasyon katsayıları hesaplanmıştır (SAS Institute, 1999). Analiz sonuçları çizelgeler halinde sunulmuş ve korelasyonun katsayılarının önemlilik düzeyleri de çizelgeler üzerinde gösterilmiştir. Bu analizlerin yapılmasının temel amacı incelenen özellikler arasındaki ilişkilerin ailelere göre değişip değişmediğini ortaya koymaktır.



## **Bulgular ve Tartışma**

### **Genetik Analizlere İlişkin Sonuçlar**

Kullanılan ailelerin dördünde dominans ikisinde eklemeli, ikisinde eklemeli+eklemeli ve birisinde ise dominans+dominans genlerin tek bitki veriminin kontrolünde rol oynadığı görülmektedir (Çizelge 4). Tek bitki veriminin dominans gen etkilerinin yanı sıra (Shahrokhi ve ark., 2013; Patil ve ark., 2016; Kahrıman ve Egesel, 2017) eklemeli genlerin de verimdeki değişimi kontrol ettiğini bildiren araştırmalar mevcuttur (Ma ve ark., 2007; Obeng-Bio ve ark., 2019). Diğer tarftan epistatik interaksiyonlar da tek bitki veriminin değişiminde etkili olduğunu rapor eden çalışmalara rastlanmaktadır (Sofi ve ark., 2006). Bu çalışmalarda elde edilen farklı sonuçların araştırmalarda kullanılan analiz yöntemine ve kullanılan materyaldeki farklılıklara atfetmek mümkündür. Yağ oranı için elde edilen sonuçlara göre, 6 aileden 4'ünde eklemeli etkilerin, 1'inde dominans etkilerin, 2'sinde eklemeli + eklemeli etkilerin, 2'sinde eklemeli + dominans etkilerin etkilerin önemli olduğu bulunmuştur. Yağ oranının eklemeli gen etkilerinin kontrolünde olduğu ve bu özelliğin yüksek kalıtım derecesine sahip olduğu bildirilmiştir (Kahrıman ve Egesel, 2017). Oleik asit içeriğinin büyük oranda eklemeli genlerin kontrolünde olduğu, bazı ailelerde ise dominans ve epistatik interaksiyonların bu özelliğin kalıtımında etkili rol oynadığı görülmüştür. Protein oranının değişiminde eklemeli genlerin baskın role sahip olduğu anlaşılmış, Q2×IHP ve IHP×PR'de dominans ve epistatik interaksiyonların bu özelliğin değişimine etki ettiği anlaşılmıştır. Kahrıman ve Egesel (2012) mısırdaki protein içeriğinin eklemeli gen etkileri tarafından kontrol edildiğini belirtmişlerdir. Lisin içeriğinin değişimi üzerine eklemeli genlerin baskın role sahip olduğu, IHO×PR'de ise hesaplanan tüm gen etkilerinin değişimine neden olduğu görülmüştür. Hussain ve ark. (2015) lisin içeriğinin eklemeli genler tarafından kontrol edildiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda kullanılan materyalden kaynaklanan nedenlerle gen etkilerinde farklılıklar meydana gelmiş olabilir. Kullanılan materyalde triptofan içeriğinin değişiminde başlıca eklemeli etkilerin ve bu etkilere bağlı epistatik interaksiyonların önemli bir role sahip oldukları anlaşılmıştır. Mısırdaki 8 × 8 dilale set ile yürütülen bir araştırma sonucunda triptofan içeriğinin eklemeli genlerin kontrolünde olduğu rapor edilmiştir (Hussain ve ark., 2015). Karotenoid içeriğinin değişiminde dominans etkilerin önemli bir etkiye sahip olmadıkları, bazı ailelerde eklemeli ve epistatik interaksiyonların bu özelliğin değişiminde rol oynadığı tespit edilmiştir.

NOA'nde hesaplanan gen etkilerinin işaretleri ve önemlilik durumlarına göre incelenen özelliğin kalıtımında rol oynayan alleller hakkında değerlendirmeler yapılabilmektedir. Negatif dominans (d) etkiler dominant fenotipin olumsuz etkiye sahip allelleri bulundurduğunu, tam tersine pozitif yönde dominans etkiler ise olumlu allellerin dominant fenotipte bir araya geldiğine işaret etmektedir. Epistatik interaksiyonlardan dominans+dominans ile dominans etkiler için hesaplanan değerlerin işaretleri eş olduğunda komplimenter epistasis olduğu, zıt olduğunda ise duplike epistasis olduğu kabul edilmektedir (Mather ve Jinks, 1982). Epistatik interaksiyonlardan eklemeli+eklemeli etkilerin negatif ya da pozitif yönde işarete sahip olması ebeveynlerde allel dağılımları hakkında bilgi vermektedir. Şayet a+a etkisinin işareti negatif ve önemli bulunmuş ise, ebeveynlerde allelik dağılımların eşit olduğuna, pozitif ise istenen allellerin bir ebeveynde yoğunlaştığına işaret etmektedir (Mather ve Jinks, 1982). Bu bilgilere dayalı olarak çalışmada elde edilen sonuçlara göre incelenen özellikler üzerinde rol oynayan gen etkileri hakkında şu değerlendirmeler yapılabilir. Tek bitki verimi ve protein oranı için tüm popülasyonlarda olumlu allellerin dominant fenotipte toplandığı anlaşılmaktadır (Çizelge 4). Yağ oranı için dört ailede, oleik asit içeriği için iki ailede, lisin içeriği için beş ailede, triptofan içeriği için üç ailede ve karotenoid içeriği için beş ailede olumlu alleller dominant genotipte bulunmaktadır. İncelenen özelliklerden verim için tüm ailelerde, yağ için IHO×IHP ve IHP×PR popülasyonlarında duplike epistatis gözlenmiştir. Oleik asit oranı için Q2×IHP ve Q2×PR popülasyonlarında, protein oranı için Q2×IHP ve IHO×PR popülasyonları, lisin içeriği için IHO×PR popülasyonunda, triptofan içeriği için ve karotenoid içeriği için ise Q2×IHO popülasyonunda komplementer epistasis olduğu belirlenmiştir. Tane kalite özellikleri bakımından yukarıda belirtilen aileler dışındaki materyallerde ise duplike epistasis olduğu görülmüştür.

Çalışmada kullanılan popülasyonların farklı kalite özellikleri bakımından ıslah çalışmalarında kullanılabilir kaynak materyal niteliği bulunan genotipler belirlenmiştir. Tek bitki veriminin tüm ailelerde pozitif yönde seleksiyon ile geliştirilebileceği, bunun yanı sıra en yüksek ilerlemenin Q2×PR'den elde edilebileceği görülmüştür. Yağ oranına yönelik seleksiyon ile IHO×PR ve IHP×PR'de pozitif yönde bir ilerleme sağlanabileceği görülmüştür. Oleik asit içeriğini artırmak



amacıyla Q2×IHO, IHO×PR ve IHP×PR'nin kaynak materyal olarak kullanılabilmesi belirlenmiştir. Protein oranına yönelik ıslah çalışmalarında Q2×PR ve IHO×PR'nin kaynak materyal olarak kullanılması durumunda, protein oranının pozitif yönde artırılabilmesi görülmüştür. Lisin içeriği için yalnızca IHP×PR'da seleksiyon ile pozitif yönde bir ilerlemenin mümkün olduğu tespit edilmiştir. Triptofan içeriği bakımından Q2×PR, IHO×PR ve IHP×PR'de pozitif yönde genetik ilerlemenin seleksiyon ile mümkün olduğu belirlenmiştir. Karotenoid içeriği için Q2×IHO, IHO×IHP, IHO×PR ve IHP×PR'de pozitif yönde genetik ilerlemenin mümkün olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4. İncelenen özelliklere göre kullanılan ailelerde hesaplanan gen etkileri, kalıtım derecesi ve teorik genetik ilerleme değerleri.

Verim	m	a	d	aa	ad	dd	H <sup>2</sup>	h <sup>2</sup>	GI%5
Q2×IHO	67,32**	-12,3	133,1*	101,2*	-34,4	-122,7	0,28	0,00	0,0
Q2×IHP	90,11**	57,8**	114,5*	60,9	25,0	-132,6	0,37	0,00	0,0
Q2×PR	68,08**	41,8**	101,8*	64,5	12,6	-70,16	0,00	0,00	0,0
IHO×IHP	62,52**	13,54	156,8**	101,1**	2,84	-186,4*	0,00	0,00	0,0
IHO×PR	85,45**	5,57	31,9	-12,9	-1,61	-57,99	0,24	0,00	0,0
IHP×PR	48,44**	6,51	43,4	18,6	10,0	-55,91	0,00	0,03	1,2
Yağ									
Q2×IHO	5,72**	-4,11**	3,37*	4,16**	-0,72	-2,61	0,00	0,46	0,9
Q2×IHP	4,56**	-0,73	0,85	0,93	-0,63	-3,26	0,84	1,00	4,2
Q2×PR	3,90**	0,64**	1,35	1,22*	0,58	-1,42	0,00	1,00	1,3
IHO×IHP	7,69**	1,83**	-0,77	-0,22	-1,46*	-0,91	0,05	0,55	1,1
IHO×PR	7,39**	4,79**	0,59	-0,21	2,11**	-0,69	0,33	0,00	0,0
IHP×PR	4,28**	-0,25	-0,58	-0,27	-0,41	-0,43	0,22	0,00	0,0
Oleik									
Q2×IHO	32,9**	-14,6**	17,92	18,72	-9,11	-15,10	0,12	0,00	0,0
Q2×IHP	32,2**	8,69**	-0,93	4,39	7,83*	-17,76	0,55	1,00	13,6
Q2×PR	26,8**	8,27**	3,97	3,38	4,46	5,78	0,00	1,00	11,6
IHO×IHP	39,2**	1,89	-16,12	-13,11	-4,42	15,52	0,26	0,00	0,0
IHO×PR	42,9**	14,01**	-10,6	-23,94*	7,49	32,09	0,71	0,81	13,1
IHP×PR	32,4**	-0,32	-24,8**	-18,28**	-3,27	9,18	0,00	0,45	3,3
Protein									
Q2×IHO	10,79**	-1,53*	1,78	2,32	-0,66	-0,98	0,49	0,15	0,5
Q2×IHP	12,71**	-3,96**	0,80	1,72	-0,85	0,72	0,69	1,13	4,1
Q2×PR	9,63**	0,12	2,38	3,05**	0,42	-0,32	0,00	0,00	0,0
IHO×IHP	14,42**	-2,03*	0,81	3,35	0,21	-9,17	0,27	0,04	0,2
IHO×PR	11,36**	1,09*	0,87	0,82	0,40	2,59	0,00	0,00	0,0
IHP×PR	12,49**	2,72**	3,50	5,51**	-0,09	-6,94	0,60	0,32	0,8
Lisin									
Q2×IHO	0,582**	-0,083**	0,220*	0,189*	-0,006	-0,149	0,34	0,00	0,00
Q2×IHP	0,562**	-0,082**	0,143	0,127	-0,086*	-0,295	0,12	1,05	0,119
Q2×PR	0,481**	0,032*	-0,123	-0,071	0,026	0,281*	0,79	1,36	0,153
IHO×IHP	0,633**	0,019	0,057	0,080	-0,046	-0,296	0,39	0,66	0,094
IHO×PR	0,575**	0,161**	0,075	0,041	0,068	0,045	0,42	0,00	0,00
IHP×PR	0,496**	0,036	0,167	0,222	0,040	-0,409	0,73	0,94	0,161
Triptofan									
Q2×IHO	0,0379**	-0,011**	0,0028	0,020*	-0,014*	0,020*	0,00	0,00	0,00
Q2×IHP	0,0384**	-0,011**	-0,0032	0,011	-0,023**	0,006*	0,11	1,00	0,014
Q2×PR	0,0284**	0,0012	-0,0107	0,003	-0,019*	0,032*	0,00	0,33	0,002
IHO×IHP	0,0483**	-0,0001	-0,0004	0,008	-0,009	-0,022*	0,00	0,77	0,011
IHO×PR	0,0400**	0,0149**	0,0088	0,002	0,002	0,001*	0,00	0,00	-0,010
IHP×PR	0,0329**	0,0039*	0,0252	0,025**	-0,004	-0,050*	0,00	0,96	0,012
Karotenoid									
Q2×IHO	28,53**	2,46	-9,85	-25,87*	-2,35	-6,79	0,28	0,00	0,00
Q2×IHP	23,56**	8,04**	21,31*	3,01	3,23	-40,11*	0,28	0,52	6,3
Q2×PR	25,62**	-0,20	13,30	-3,43	-2,66	-29,27	0,78	1,17	17,6
IHO×IHP	2,73**	1,04	4,14	1,48	1,03	-4,25	0,00	0,00	0,00
IHO×PR	20,08**	-7,20*	20,90*	6,39	-4,86	-50,37**	0,49	0,00	0,00
IHP×PR	25,93**	0,80	27,91**	1,93	3,14	-41,95	0,28	0,00	0,00

\*:P<0.05; \*\*:P<0.01; m: F2 nesline ait ortalamayı, a: Eklemeli gen etkisini, d: Dominans gen etkisini, aa: Eklemeli + Eklemeli gen etkisini, ad: Eklemeli+Dominans gen etkisini, dd: Dominans+Dominans gen etkisini, H<sup>2</sup>: Geniş anlamda kalıtım derecesini, h<sup>2</sup>: Dar anlamda kalıtım derecesini, GI%5: %5'lik seleksiyon yoğunluğunda elde edilebilecek teorik ilerlemedir.



### Heterosis Analizi Sonuçları

Mısır ıslah çalışmalarında heterosis iki farklı şekilde değerlendirilmektedir. Heterosis analizlerinde anaç ortalamasına göre yapılan hesaplamada F1 neslindeki hibritin ebeveyn ortalamasına göre oransal farkı hesaplanır iken, üstün anaca göre heterosis hesaplamasında yüksek ortalamaya sahip anaca göre melezin performansı değerlendirilmektedir. Çalışmamızda ortalama heterosis ve heterobeltiosis değerleri, tek bitki verimi ve karotenoid içeriği için pozitif yönde, diğer özellikler için ise negatif yönde bulunmuştur. Bununla birlikte gerek hesaplama sonuçlarının büyüklüğü gerekse negatif pozitif yönde oluşuna göre ailelere göre dikkate değer farklar olduğu saptanmıştır. Aileler bazında yapılan heterosis analizi sonuçlarına göre, yağ oranı ve oleik asit için Q2×PR ve IHO×PR, protein oranı için IHO×PR, lizin içeriği için Q2×IHO, Q2×IHP ve IHO×PR, triptofan içeriği için IHO×PR ve IHP×PR, karotenoid içeriği için ise tüm ailelerde pozitif yönde heterosis hesaplanmıştır (Çizelge 5). Heterobeltiosis analiz sonuçlarına göre tek bitki verimi bakımından F1 hibritlerinin üstün anaçtan yüksek performansa sahip oldukları görülmüştür. Yağ oranı için Q2×PR, oleik asit içeriği için IHO×PR, lizin içeriği için Q2×IHP pozitif yönde heterobeltiosis değeri göstermiştir. Karotenoid içeriği için IHO×IHP dışında tüm ailelerde pozitif yönde heterobeltiosis değeri hesaplanmıştır (Çizelge 6).

Bilimsel çalışmalarda mısırdaki verim ve verim özelliklerinin pozitif heterosisle sahip olduğu farklı çalışmalarda rapor edilmiştir (Bekele ve Rao, 2013). Buna karşın tane kalite özelliklerinde genel olarak negatif yönde heterosis olduğu kabul görmektedir. Ancak bu durum çalışmalarda kullanılan genetik materyal tarafından yüksek düzeyde etkilenen bir durumdur. Yapılan bazı çalışmalarda protein ve yağ oranı gibi birincil tane kalite özelliklerinin bazılarında negatif yönde (Bekele ve Rao, 2013), bazı çalışmalarda ise pozitif yönde heterosis olduğunun bildirilmesi bu durumu doğrulamaktadır (Al-Naggar ve ark., 2016). Çalışmamızda elde edilen bulgulara göre karotenoid içeriği için tüm materyallerde heterosis ve heterobeltiosis değerlerinin pozitif yönde bulunması da bu duruma bir örnektir. IHO ve IHP ebeveynleri beyaz taneli genotipler olduğundan, renkli taneli melezlerin tamamında yüksek heterosis olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 5. İncelenen özellikler için ailelere göre F1 nesline ait heterosis değerleri

Populasyon	Tek Bitki Verimi	Yağ Oranı	Protein Oranı	Oleik Asit	Lizin İçeriği	Triptofan İçeriği	Karotenoid İçeriği
Q2×IHO	44,7	-10,41	-4,49	-2,05	4,95	-28,9	271,2
Q2×IHP	88,4	-2,02	-6,47	-16,34	2,53	-28,0	310,2
Q2×PR	58,2	3,12	-5,81	1,98	-9,57	-15,8	203,0
IHO×IHP	144,5	-7,27	-16,86	-7,92	-3,76	-15,9	236,4
IHO×PR	106,6	0,49	1,36	30,23	6,32	30,0	418,8
IHP×PR	78,9	-7,51	-13,89	-22,65	-10,19	34,7	752,2
Ortalama	80,5	-4,48	-8,19	-2,20	-1,37	-10,6	335,3

Çizelge 6. İncelenen özellikler için ailelere göre F1 nesline ait heterobeltiosis değerleri

Populasyon	Tek Bitki Verimi	Yağ Oranı	Protein Oranı	Oleik Asit	Lizin İçeriği	Triptofan İçeriği	Karotenoid İçeriği
Q2×IHO	10,5	-38,2	-10,9	-14,1	-6,5	-31,6	104,7
Q2×IHP	22,3	-4,3	-23,2	-18,5	1,7	-41,1	126,2
Q2×PR	8,6	1,7	-8,2	-9,6	-10,7	-52,0	133,6
IHO×IHP	91,4	-35,2	-27,6	-21,0	-13,0	-28,8	236,4
IHO×PR	76,4	-31,2	-3,1	3,0	-7,8	-25,2	208,6
IHP×PR	60,9	-10,8	-27,8	-29,8	-10,8	-17,5	406,9
Ortalama	36,8	-13,0	-11,7	-10,1	-3,8	-33,9	244,9

### Korelasyon Analizi Sonuçları

Tüm veriler üzerinden hesaplanan korelasyon değerlerine göre verim ile protein oranı arasında negatif yönde bir korelasyon ( $r=0,21^{**}$ ) olduğu saptanmış, verim ile oleik asit, lizin içeriği, triptofan içeriği ve karotenoid içeriği arasında ise istatistiksel olarak önemli pozitif yönde korelasyonlar hesaplanmıştır (Çizelge 7). Yağ oranı karotenoid içeriği dışında ( $r=-0,37^{**}$ ) diğer tüm özellikler ile pozitif yönde önemli korelasyona sahip olmuştur. Protein oranı ve oleik asit içeriği ile lizin ve triptofan içeriği arasındaki ilişkiler pozitif yönde bulunurken, bu özellikler ile karotenoid içeriği



arasında negatif yönde korelasyonlar ( $r = -0,21^{**}$ ;  $r = -0,24^{**}$ ) hesaplanmıştır (Çizelge 7). Korelasyon analizi sonuçları, tüm veriler ve aileler bazında hesaplanan incelenen özellikler arası ilişkilerin özellik çiftlerine göre değiştiğini göstermiştir. Nitekim özellikler arasındaki ilişkilerin farklı genotiplere göre değişim gösterdiğini ortaya koyan çalışmalar da mevcuttur (Kahrıman ve ark., 2015c). Nitelikli genotiplerde tane kalite özellikleri normal genotiplere farklılık göstermekte ve bu özellikler bakımından barındırdıkları varyasyonda da önemli değişimler gözlenebilmektedir.

Çizelge 7. İncelenen özelliklerde tüm aileler ve ailelere göre hesaplanan korelasyonlar

Tüm Popülasyonlar	Verim	Yağ	Protein	Oleik	Lisin	Triptofan
Yağ	0,07					
Protein	-0,21**	0,17**				
Oleik	0,15**	0,72**	-0,00			
Lisin	0,09*	0,71**	0,39**	0,48**		
Triptofan	0,14**	0,53**	0,34**	0,41**	0,65**	
Karotenoid	0,11**	-0,37**	-0,21**	-0,24**	-0,37**	-0,28**
Q2xIHP	Verim	Yağ	Protein	Oleik	Lisin	Triptofan
Yağ	0,07					
Protein	-0,55**	0,07				
Oleik	0,31**	0,39**	-0,51**			
Lisin	-0,03	0,27**	0,36**	-0,18		
Triptofan	-0,15	0,11	0,14	-0,10	0,42**	
Karotenoid	0,22*	0,04	-0,23*	0,06	-0,24*	-0,58**
Q2xPR	Verim	Yağ	Protein	Oleik	Lisin	Triptofan
Yağ	0,23*					
Protein	0,04	0,15				
Oleik	0,31**	0,44**	0,08			
Lisin	0,06	0,11	0,22*	0,23*		
Triptofan	0,37**	0,13	0,07	0,35**	0,33**	
Karotenoid	0,16	0,02	-0,56**	-0,19*	-0,29**	-0,07
IHOxIHP	Verim	Yağ	Protein	Oleik	Lisin	Triptofan
Yağ	0,12					
Protein	-0,32**	-0,36**				
Oleik	-0,03	0,60**	-0,54**			
Lisin	0,08	0,65**	0,20*	0,21*		
Triptofan	-0,07	0,53**	0,19*	0,15	0,71**	
Karotenoid	-0,02	-0,52**	-0,06	-0,15	-0,42**	-0,45**
IHOxPR	Verim	Yağ	Protein	Oleik	Lisin	Triptofan
Yağ	0,09					
Protein	0,10	0,42**				
Oleik	0,08	0,71**	0,17			
Lisin	0,05	0,83**	0,49**	0,60**		
Triptofan	0,18	0,78**	0,31**	0,57**	0,74**	
Karotenoid	0,26**	-0,29**	-0,44**	-0,14	-0,32**	-0,09
IHPxPR	Verim	Yağ	Protein	Oleik	Lisin	Triptofan
Yağ	0,09					
Protein	-0,14	0,10				
Oleik	-0,02	0,15	0,02			
Lisin	0,06	0,27**	0,33**	-0,08		
Triptofan	0,15	0,28**	0,53**	0,05	0,47**	
Karotenoid	0,15	-0,13	0,02	-0,05	-0,25**	0,44**
IHPxIHP	Verim	Yağ	Protein	Oleik	Lisin	Triptofan
Yağ	0,09					
Protein	-0,14	0,10				
Oleik	-0,02	0,15	0,02			
Lisin	0,06	0,27**	0,33**	-0,08		
Triptofan	0,15	0,28**	0,53**	0,05	0,47**	
Karotenoid	0,15	-0,13	0,02	-0,05	-0,25**	0,44**

\*:  $p < 0,05$ ; \*\*:  $p < 0,01$



Genel kanı olarak tek bitki verimi ile tane kalite özelliklerinin birlikte geliştirilmesinin zor olduğu kabul edilmektedir. Ancak araştırmamızda kullanılan materyallerden bazılarının tek bitki verimi ile bazı tane kalite özelliklerinin birlikte artırılabilirliği görülmüştür. Korelasyon analizleri özellik düzeyinde bağlantıları göstermesine karşın bu analizler ailelere göre yapıldığında kullanılan materyalin ıslah çalışmalarında kullanımı konusunda daha detaylı sonuçlar verebilmektedir. Bu sonuçların gen etkileri analizlerine ait bulgularla birlikte değerlendirilmesinde yarar vardır.

### Sonuç

Bu çalışmanın amaçlarına göre, elde edilen sonuçları üç farklı konu başlığı altında değerlendirmek mümkündür. Bunlar; incelenen özelliklerin değişiminde rol oynayan gen etkileri ile seleksiyonla ilerleme kaydedilebilecek materyaller, incelenen özelliklerde heterosis durumunu ve özellikler arasındaki ilişkilerdir.

İncelenen özelliklerle ilgili hesaplanan gen etkileri dikkate alındığında, verim için eklemeli etkilerle birlikte epistatik interaksiyonların etkili olduğu, karotenoid içeriği dışında diğer tane kalite özellikleri için de eklemeli gen etkilerinin özelliklerin değişiminde rol oynadığı belirlenmiştir. Kullanılan ailelerde tane veriminin seleksiyon ile geliştirilebileceği ve en yüksek ilerlemenin Q2×PR'den elde edilebileceği görülmüştür. Tane kalite özelliklerinden yağ oranı için IHO×PR ve IHP×PR, oleik asit içeriğini artırmak amacıyla Q2×IHO, IHO×PR ve IHP×PR, protein oranı için Q2×PR ve IHO×PR, lizin içeriği için IHP×PR, triptofan içeriği için Q2×PR, IHO×PR ve IHP×PR, karotenoid içeriği için Q2×IHO, IHO×IHP, IHO×PR ve IHP×PR popülasyonlarında pozitif yönde genetik ilerlemenin mümkün olduğu anlaşılmıştır.

Heterosis analizleri tane verimi ve karotenoid içeriği için ortalama heterosis ve heterobeltiosis değerlerinin pozitif yönde olduğunu göstermiştir. Heterosis değerlerinin büyüklüğü ailelere göre değişim göstermiştir. Aileler bazında yapılan heterosis analizi sonuçlarına göre, yağ oranı ve oleik asit için Q2×PR ve IHO×PR, protein oranı için IHO×PR, lizin içeriği için Q2×IHO, Q2×IHP ve IHO×PR, triptofan içeriği için IHO×PR ve IHP×PR, karotenoid içeriği için ise tüm ailelerde pozitif yönde heterosis hesaplanmıştır. Heterobeltiosis analiz sonuçlarına göre tek bitki verimi bakımından F1 hibritlerinin üstün anaçtan yüksek performansa sahip oldukları görülmüştür.

İncelenen özellikler arası ilişkiler dikkate alındığında, aile düzeyinde hesaplanan korelasyonlar ile tüm veriler üzerinden hesaplanan korelasyonlar arasında önemli farklar olduğu görülmüştür. Tüm veriler üzerinden hesaplanan korelasyon katsayıları ile aileler bazında hesaplanan korelasyonlarda özellik çiftlerine göre farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Korelasyon analizleri tane verimi ile birlikte bazı tane kalite özelliklerinin geliştirilebileceğine işaret etmiştir. Genel kanının aksine tek bitki verimi ile birlikte bazı kalite özelliklerinin geliştirilebileceği görülmüştür.

Çalışmada öne çıkan materyaller tane kalitesine yönelik yürütülecek ıslah programlarına dahil edilebilir. Bu materyallerle ilgili daha kapsamlı bilgiler elde etmek amacıyla açılım nesillerinin farklı daha fazla sayıda bitki ile test edilmesinde yarar vardır. Bu çalışmada ele alınan özellikler dışında gerek endüstriyel gerekse beslenme açısından önem taşıyan farklı tane kalite özellikleri için benzer araştırmaların yürütülmesi ulusal ıslah programları bakımından faydalı olacaktır.

### Not

Bu makale Ziraat Yüksek Mühendisi Halil Uysal'ın yüksek lisans tez çalışmasından derlenmiştir. Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: FYL-2018-2522.

### Kaynaklar

- Al-Naggar, A.M.M., Atta, M.M.M., Ahmed, M.A., Younis, A.S.M., 2016. Heterosis and combining ability of maize (*Zea mays L.*) grain protein, oil and starch content and yield as affected by water stress. Archives of Current Research International. 4(4), 1-15.
- Anonim, 2016. Controlled Pollination in Maize, Schnable Lab Protocols. [online] Erişim Adresi: <http://schnablelab.plantgenomics.iastate.edu/resources/pollination>
- Bekele, A., Rao, T.N., 2013. Heterosis study for grain yield, protein and oil improvement in selected genotypes of maize (*Zea mays L.*). Journal of Plant Science. 1(4):57-63.
- Egesel, C. Ö., Kahriman F., Gül M. K., 2011. Discrimination of maize inbreds for kernel quality traits and fatty acid composition by a multivariate graphical technique. Acta Scientiarum Agronomy. 33, 613-620.



- Egesel, C.Ö., Kahrıman, F., 2012. Determination of quality parameters in maize by NIR reflectance spectroscopy. *Journal of Agricultural Sciences*. 18: 43-53.
- Egesel, C. Ö., Kahrıman, F., Ekinci, N., Kavdır, İ., Büyükcın, M. B., 2016. Analysis of fatty acids in kernel, flour, and oil samples of maize by nir spectroscopy using conventional regression methods. *Cereal Chemistry*, 93: 487-492.
- Falconer, D.S., Mackay, F.C., 1996. Introduction to quantitative genetics. Fourth Edition. Longman. Newyork.
- Galicıa, L., Nurit, E., Rosales, A., Palacios-Rojas, N., 2009. Laboratory protocols. Maize nutrition quality and plant tissue analysis laboratory. CIMMYT 2009, 42.
- Gusmini G, Whener TC, Donaghy SB (2007). SASQuant: A SAS software program to estimate genetic effects and heritabilities of quantitative traits in populations consisting of 6 related generations. *Journal of Heredity* 98: 345-350.
- Haq, M.I.U., Ajmal, S., Kamal, N., Khanum, S., Siddique, M., Kiani, M. Z., 2013. Generation mean analysis for grain yield in maize. *The Journal of Animal & Plant Sci.* 23(4): 2013, Page: 1146-1151.
- Howe, J. A., Tanumihardjo, S. A., 2006. Carotenoid-biofortified maize maintains adequate vitamin A status in Mongolian gerbils. *Journal of Nutrition*. 136: 2562–2567.
- Hussain, M., Kiani, T.T., Shah, K.N., Ghafoor, A., Rabbani, A., 2015. Gene action studies for protein quality traits in *Zea mays* l. under normal and drought conditions, *Pak. J. Bot.*, 47(1): 57-61.
- Kahrıman, F., Egesel, C.Ö., Cebeci, R., Demir, A., Bayraktar, S., 2015a. Genetic analysis of flowering in maize based on calendar and thermal time. *YYU Tar Bil Derg*, 25(2), 193- 199.
- Kahrıman, F., Egesel C.Ö., Onaç İ., 2015b. A preliminary study for determination of the possibility of simultaneous selection for oil content and grain yield in maize. *Maydica*, 60, M4.
- Kahrıman, F., Egesel, C.Ö. Egesel, B., 2015c. A comparative study on changes and relationships of kernel biochemical components in different types of maize. *J. Am Oil Chem Soc.* 92:1451–1459.
- Kahrıman, F., Egesel, Ö., C. 2017. Heterosis and heritability analyses for plant yield and some quality traits in F1 and F2 generations of maize. *Anadolu Tarım Bilim. Derg./Anadolu J Agr Sci.* 32(2): 237-243.
- Lopez-Martinez, L. X., Oliart-Ros, R. M., Valerio-Alfaro, G., Lee, C. H., Parkin, K. L., Garcia, H. S., 2009. Antioxidant activity phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. *LWT Food Sci. Technol.* 42:1187-1192.
- Ma, X. Q., J.H. Tang, W.T. Teng, J.B. Yan, Y.L. Meng and J.S. Li. (2007). Epistatic interaction is an important genetic basis of grain yield and its components in maize. *Molecular Breeding*, 20(1): 41-51.
- Mather, K., Jinks, J. L., 1982. Biometrical Genetics. 3rd Edition, Chapman and Hall, London, PP. 396.
- Mbogo, O.P., Dida, M.M., Owuor, B., 2015. Generation means analysis for estimation of genetic parameters for striga hermonthica resistance in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural Science*. 7(8):143-155.
- MGM, 2019. İklim Verileri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Obeng-Bio, E., Badu-Apraku, B., Ifie, B.E., Danquah, A., Blay, E.T., Annor, B., 2019. Genetic analysis of grain yield and agronomic traits of early provitamin A quality protein maize inbred lines in contrasting environments. *The Journal of Agricultural Science*. 157:413–433.
- Öz, A., Kapar, H., 2007. Mısırın yağ içeriğı ve yağ sanayi açısından önemi. 1.Ulusal Yağılı Tohumlu Bitkiler ve Biyodizel Sempozyumu, 28-31 Mayıs 2007, Samsun, 388-391.
- Panfili, G., Fratianni, A., Irano, M., 2004. Improved normal-phase highperformance liquid chromatography procedure for the determination of carotenoids in cereals. *Public Health Nutr.* 52:6373–6377.
- Patil, K.H., Mahajan, R.C., Rani C.L., 2016. Generation mean analysis for grain yield attributing traits in maize (*Zea mays* L.). *Green Farming*, 7(2): 277-282.
- Pollak, L., Scott, M. P., 2005. Breeding for grain quality traits. *Maydica*, 50:247-257.
- Rodriguez-Amaya, D.B., Kimura, M., 2004. HarvestPlus handbook for carotenoid analysis. HarvestPlus Technical Monograph Series 2. IFPRI, Washington, D.C., and CIAT, Cali.
- SAS Institute., 1999. SAS V8 User Manual, Cary, NC.
- Shahrokhi, M., Khorasani, S.K., Ebrahimi, A., 2011. Generation mean analysis for yield and yield component in maize (*Zea mays* L.). *J. of plant Physiology and breeding*.1(2): 59-72.
- Sher, H., Iqbal, M., Khan, K., Yasir, Y., Rahman, H., 2012. Genetic analysis of maturity and flowering characteristics in maize (*Zea mays* L.). *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 2: 621-626.
- Sofi, P., Rather, A.G., Venkatesh, S., 2006. Detection of epistasis by generation means analysis in maize hybrids. *Pak. J. Biol. Sci.* 9(10):1983- 1986.
- TTSM, 2010. Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Müdürlüğü, Tarımsal değerleri ölçme denemeleri teknik talimatı: Mısır, Ankara.
- Vasal, S.K., 2000. High quality protein corn. In: Hallauer AR (ed) Specialty corns, 2nd edn. CRC Press, Boca Raton
- Yayar, R., Bal, H.S.G., 2007. Forecasting of corn oil price in Turkey. *Journal of Applied Science Research*. 3(8): 706-712.








Araştırma Makalesi/Research Article

## Eğimli ve Kurak Koşullarda Bir Arazi Toplulaştırma Sahasının Çölleşme Potansiyelinin Fraktal Analizle Araştırılması

Murat Altunsu 

İrfan Oğuz\* 

Rasim Koçyiğit 

<sup>1</sup>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü-Tokat  
<sup>\*</sup>Sorumlu yazar: irfan.oguz@gop.edu.tr

Geliş Tarihi: 13.08.2020

Kabul Tarihi: 02.01.2021

### Öz

Fraktal teori, toprak sistemlerinin performansını daha iyi anlamak için toprak yapı dinamiklerini tanımlayan yararlı bir araç haline gelmiştir. Arazi eğim değişiklikleri toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini önemli ölçüde etkiler. Bununla birlikte, farklı eğimlerde yer alan toprak tabakalarına ait fraktal özellikleri hakkında sınırlı bilgi mevcuttur. Modern istatistiksel çalışmalar topraklardaki heterojenliği tanımlayarak farklı toprakların çölleşme eğilimlerini karşılaştırmaya imkân vermektedir. Bu çalışmada, dört farklı eğim grubunda (% 0-2, % 3-6, % 7-12, >% 12) on altı adet toprak değişkeni için toprak profili boyunca çölleşme eğilimini tanımlamak üzere fraktal analiz istatistiksel teknikleri kullanılmıştır. Bu amaçla, Aksaray iline bağlı Ortaköy ilçesi arazi toplulaştırma proje sahasından toplam 1808 toprak örneği toplanmıştır. Çalışmada toprak tekstürü, doyunluk, pH, EC, tuz, kireç, Ca + Mg, Na, SAR, ESP, B, Kil Oranı I, Kil Oranı II ve Kil Oranı III içerikleri dikkate alınmıştır. Fraktal katsayıya göre, pH, tuz, kireç, silt, Ca + Mg, Na, SAR ve ESP önemli farklılıklar göstermiştir. Genel olarak, eğim arttıkça fraktal katsayı değerleri düşmüştür. Fraktal yaklaşımın toprakların heterojenliğini belirlemede uygun ve önerilebilir olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çölleşme, Fraktal Katsayı, toprak özellikleri, Aksaray

## Investigation of Desertification Potential of a Land Consolidation Site Under Sloped and Arid Conditions by Fractal Analysis

### Abstract

The fractal theory is becoming an increasingly useful tool to describe soil heterogeneity for a better understanding of the performance of soil systems. Changes in land slope patterns significantly affect soil physical, chemical and biological properties. However, limited information is available on the fractal characteristics of deep soil layers under different soil slope segments. Modern statistical approaches can be define the heterogeneity of the soil and allow to compare the desertification trends of different soils. In this study, the fractal analysis statistical technics were used to describe desertification tendency along soil profiles for sixteen soil variables in five different slope group (0-2%, 3-6%, 7-12%, >12%). For this purpose, totally 1808 soil samples were collected from a land consolidation project site of Ortaköy district of Aksaray city in Turkey. In the study, soil texture, saturation, pH, EC, salt, lime, Ca + Mg, Na, SAR, ESP, B, Clay Ratio I, Clay Ratio II and Clay Ratio III contents were taken into consideration. According to the fractal coefficient, pH, salt, lime, silt, Ca + Mg, Na, SAR and ESP showed significant differences. Generally, fractal coefficient values decreased with increasing slope. The fractal theory was found to be appropriate and advisable in determining the heterogeneity of soils.

**Keywords:** Desertification, Fractal Coefficient, soil properties, Aksaray

### Giriş

Çölleşme, yarı kurak iklim bölgelerinde yaygın olarak görülmekte olup, aşırı insan baskısı, arazi kullanım türlerinin değişmesi ve hatta doğal işlemleri kapsar (Mouat ve ark., 1997). Çölleşme ile üretkenlik, biyoçeşitlilik, arazinin ekonomik sürdürülebilirliği ve ekosistem fonksiyonlarında uzun dönemlik değişimler meydana gelir (Dregne, 1977), böylelikle, ekosistem fonksiyonlarının bileşenlerinde yersel ve zamansal değişikliklerin her ikisini de içeren değişiklikler oluşur. Çölleşme çok sayıda farklı ekosistemde farklı tanımlayıcı işlemlerle sonuçlanır (Mouat ve ark., 1997). Örneğin artan sıcaklık, azalan yağış, aşırı otlama, kemirgen hasarı, su sistemlerinin drenajı ve arazi ıslahı, meralardaki çölleşmesinin genişlemesinden sorumlu ana unsurlar olarak kabul edilmektedir (Dong ve ark., 2010; Hu ve ark., 2015). Bu nedenle farklı iklim ve toprak koşulları için çölleşmenin incelenmesi ve göstergelerinin karşılaştırılması yararlı olacaktır. Çölleşme indisleri olarak sıklıkla toprakların



fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri kullanılmaktadır (Schlesinger ve ark., 1990). Bu toprak özellikleri içerisinde toprak erozyonu, tuzlulaşma ve toprak kimyası çalışmaları genel olarak çölleşme çalışmalarında kullanılmaktadır. Türkiye'de çölleşmeyle etkin bir şekilde mücadele edebilmek için bilimsel bir çölleşme risk haritası oluşturmak üzere “Havza İzleme ve Değerlendirme Sistemi” oluşturulmuştur. Analitik Hiyerarşi Süreci kullanılarak bir uzmanlık grubu tarafından belirlenen 7 ana kriter altında 48 gösterge ve 37 alt göstergedenden oluşacak şekilde tasarlanmıştır. Söz konusu çalışmanın arazi bulgularına göre, Aras, Batı Karadeniz, Konya Kapalı, Marmara ve Meriç- Ergene havzaları haricinde, tüm nehir havzalarının topraklarının en az %15'inin orta-yüksek çölleşme riski altında olduğunu belirlenmiştir (Türkeş ve ark., 2019).

Mouat ve ark. (1997) çölleşmeyi değerlendirmede kullanılacak potansiyel indikatörleri listelemiştir. Bu liste, organik madde, albedo, erozyon indeksi, karbon azot oranı ve tuzlulaşma gibi çeşitli toprak değişkenlerini kapsamaktadır. Miller ve Donahue (1995) karbon azot oranını toprağın besleyicilik durumunu göstermekte bir indikatör olabileceğini önermiştir. Su ve ark. (2004), toprak bünyesinin fraktal katsayısı (Ds) ile çölleşme riskinin ilişkilendirilebileceğini belirtmiş ve yaptıkları çalışmada, yüksek kum içeriği düşük Ds değeri göstererek tarım alanları için daha fazla çölleşme potansiyeli göstermiştir. Ele alınan toprak özelliğinde görülen heterojenlik çölleşmenin bir potansiyel indikatörü olabileceği önerilmektedir.

Klasik istatistikte, ele alınan bir toprak özelliğine ait standart sapma, değişim katsayısı ve ortalama gibi veriler yersel değişkenlikleri karakterize etmek için sıklıkla kullanılmaktadır (Webster, 2001). Eghball ve ark. (1999) uzaysal veya zamansal bağımlılığın klasik istatistik yöntemleri ile kullanılmasının yanlış sonuçlara yol açabileceği hususuna işaret etmiştir. Bu nedenle semivariogram ve fraktal analizin, konular ya da yönetim sistemlerindeki değişkenliği tanımlamak ve karşılaştırmak için faydalı olabileceğini belirtmişlerdir.

Fraktal analiz, bitki ve toprak parametrelerinin tanımlanmasında oldukça fayda sağlamaktadır. Burrough (1983), Mandelbrot (1982)'in fraktal teorisi ile toprak özelliklerinin değişkenliğini tanımlanabileceğini ilk öneren kişilerdir. Fraktal analizde, fraktal boyut (D), çalışılan objenin geometrisinin (şeklinin) bağımsız bir göstergesidir (Eghball ve ark. 1999).

Farklı eğimlerde toprak özelliklerinde görülen istatistiksel farklılıklar kuşkusuz toprak oluşum özellikleri ve topoğrafya gibi sayısız etkenlerden kaynaklanmaktadır. Topoğrafya suyla ilişkili olayları etkileyerek toprak oluşumunu derinden etkilemektedir (Kachanoski ve ark. 1985). Sonuçta bu durum, eğim dikliğine bağlı olarak yersel ve zamansal esasta toprak heterojenliğine yol açar. Bu durum farklı topografyalarda farklı büyüklükte çölleşme işlemlerinin meydana gelmesine yol açar. Bu düşüncenin farklı eğimde yer alan arazilerde çölleşme süreçlerinin karşılaştırılması suretiyle gözden geçirilmesi yararlı olacaktır.

Oğuz ve ark. (2011) Tokat yöresinde 1,041.2 ha alana sahip Çelikli Havzasında yaptıkları çalışmada, eğimi  $<3^\circ$  olan hafif-orta eğimli (MMS) ve  $>3^\circ$  fazla eğime sahip orta-dik eğimli (MSS) yerler için bazı seçilmiş toprak özelliklerinin değişim katsayısı (CV) ve yersel değişiminin fraktal boyutu (D) değerlerini karşılaştırmışlardır. Toprak örneklerinin alansal değişimi orta eğim (MHS) ve SMS toprakları için CV, semivariogram analizi ve D ile karakterize edilmiştir. Genel olarak yüksek CV değerleri SMS topraklarında meydana gelmiş ve nugget etkisi değişkenler için SMS topraklarında düşük bulunarak daha yüksek çölleşme potansiyeli göstermiştir. Daha güçlü uzaysal yapıya sahip değişkenler daha yüksek CV ve düşük D'ye sahip olmuştur. Genellikle yüksek CV değerleri ve düşük D değerleri SMS topraklarında oluşmuş ve bu durumda bu topraklar daha yüksek çölleşme potansiyeli göstermiştir. Her iki eğim sınıfında toprak özelliklerinin güçlü uzaysal dağılımı bu alanlarda çölleşme riskinin tanımlanmasında D değeri, CV'ye tercih edilebilir bulunmuştur.

Xiao ve ark. (2014), Çin Shaanxi bölgesi, China Zhifanggou havzasında yürüttüğü çalışmada 0-50 cm toprak profilinde tane boyutu dağılımı ve mikroagregat dağılımı ile 0-10 cm toprak derinliği için toprakların erozyona dayanıklılığını fraktal boyutla analiz etmişlerdir. Çalışma bulgularına göre toprak tane boyutu ve mikro agregat, toprak derinliği ve farklı arazi kullanım türleriyle anlamlı fraktal boyut değerleri göstermiştir. Çalışma sonucunda araştırmacılar fraktal teorinin farklı arazi kullanım türleri altında toprak strüktürünü karakterize edebilmek için kullanılabilirliğini bildirmişlerdir.

Tibet'te yürütülen bir araştırmada dört farklı arazi kullanım türünde yer alan toprakların çeşitli özelliklerindeki değişim fraktal analiz yöntemi ile araştırılmıştır (Wang ve ark., 2016). Çalışmada, çayır ve seyrek çalılık, yüksek örtülülükte mera, bitkisiz çıplak arazi ve buğday yetiştirilen tarım



arazisi olmak üzere dört farklı arazi kullanım türü seçilmiştir. Çalışma bulguları, toprakların tekstürel fraksiyonları ve bazı özelliklerinin fraktal boyut üzerinde dikkate çeker bir etkisi olduğunu göstermiştir. Dahası, toprak zerre iriliğine ait fraktal katsayının arazi kullanım türü ve arazi kullanım türü değişikliklerine bağlı oluşabilecek toprak bozulmasını gösterecek kullanımlı bir parametre olduğunu belirlenmiştir.

Iran’da yürütülen bir çalışmada toprak örneklerinin tane boyutu dağılımı iki ölçekleme alanı için olacak şekilde ölçekleme alanlarının fraktal boyutları ile kil, silt ve kum fraksiyonları arasındaki ilişkiyi incelemek ve değerlendirmek için parçalı bir fraktal model kullanılmıştır. Çalışmada, Guilan Üniversitesi kampüsünde yer alan düz bir tarladan 75 adet toprak örneği alınmıştır. Toprakların tekstürel fraksiyonlarının fraktal boyutları hesaplanmış ve toprak örneklerinin tekstürel fraksiyonları için DM1 ve DM2 olmak üzere iki alan seçilmiştir. DM1 ve DM2 ve toprak tekstürleri arasındaki istatistiksel ilişki regresyon teknikleri kullanılarak analiz edilmiştir. DM1 ve kil arasında pozitif bir korelasyon ( $R^2 = 0.924$ ), DM1 ile silt arasında negatif korelasyon ( $R^2 = 0.801$ ) ve DM2 ve kum içeriği arasında negatif bir korelasyon ( $R^2 = 0.913$ ) belirlenmiştir. Semivariogram modellerine ve validasyon parametrelerine göre, fraktal parametrelerin güçlü bir uzaysal yapıya sahip olduğu ve toprak tekstürünün uzaysal değişkenliğini iyi tanımlayabildiği belirtilmiştir (Mohammadi ve ark., 2019).

Saskatchewan, Kanada’da toprak su içeriği, kum içeriği ve nispi yükseklik, 576 m uzunluğunda bir hat boyunca 1.4 m derinliğe kadar ölçülmüştür. Çalışmada, toprak su depolanması, kum içeriği ve nispi kottaki değişkenlik multifraktal davranış göstermiştir. Nispi yükseklikle toprak su depolaması arasında güçlü bağ bulunmuş, ancak kum içeriği ve su depolanması arasında multifraktal spektrum daha düşük bir korelasyon göstermiştir. Multifraktal analizin, üç değişken arasındaki ölçekleme davranışını tamamen karakterize etme özelliğini açıkça gösterdiği bildirilmiştir (Biswas, 2019).

Doğu Qinghai-Tibet Platosunda yer alan kumlu tekstürlü, mera topraklarının parçacık boyutu dağılımları ile mera çölleşme süreci sırasında fraktal özellikleri araştırılmıştır. D değerleri kil ve silt içerikleri ile anlamlı pozitif korelasyon ve kum içerikleri ile güçlü negatif korelasyon göstermiştir. Çölleşme dereceleri ile hafiften aşırı şiddetliye doğru kil, silt ve çok ince kum içerikleri azalırken ince kum içerikleri artmış ve buna bağlı olarak D değerleri azalmıştır. Daha ağır çölleşmeye ve daha düşük D değerlerine sahip meralar, toprak organik karbonunun, toprak toplam azotunun ve toprak neminin daha fazla kaybı ve artan toprak hacim ağırlığına bağlı olarak rüzgâr erozyonuna daha kolay maruz kalmıştır. Toprak derinliği, toprak partikül boyut dağılımlarını ve meraların seçilen toprak özelliklerini hafif ve orta derecede çölleşme koşulları altında etkileyebilir bulunmuş, ancak şiddetli ve aşırı derecede çölleşmiş arazileri nadiren etkilemiştir (Feng ve ark., 2020).

Bu çalışmada amaçlanan, kurak iklim koşullarının hüküm sürdüğü bir arazi toplulaştırma sahasında dört farklı eğim grubunda toprakların farklı derinlikleri için çölleşme eğilimini karşılaştırmaktır. Bu amaç için farklı eğimlerde yer alan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri modern istatistik yaklaşımlarla çölleşme eğilimleri bakımından karşılaştırılması öngörülmüştür.

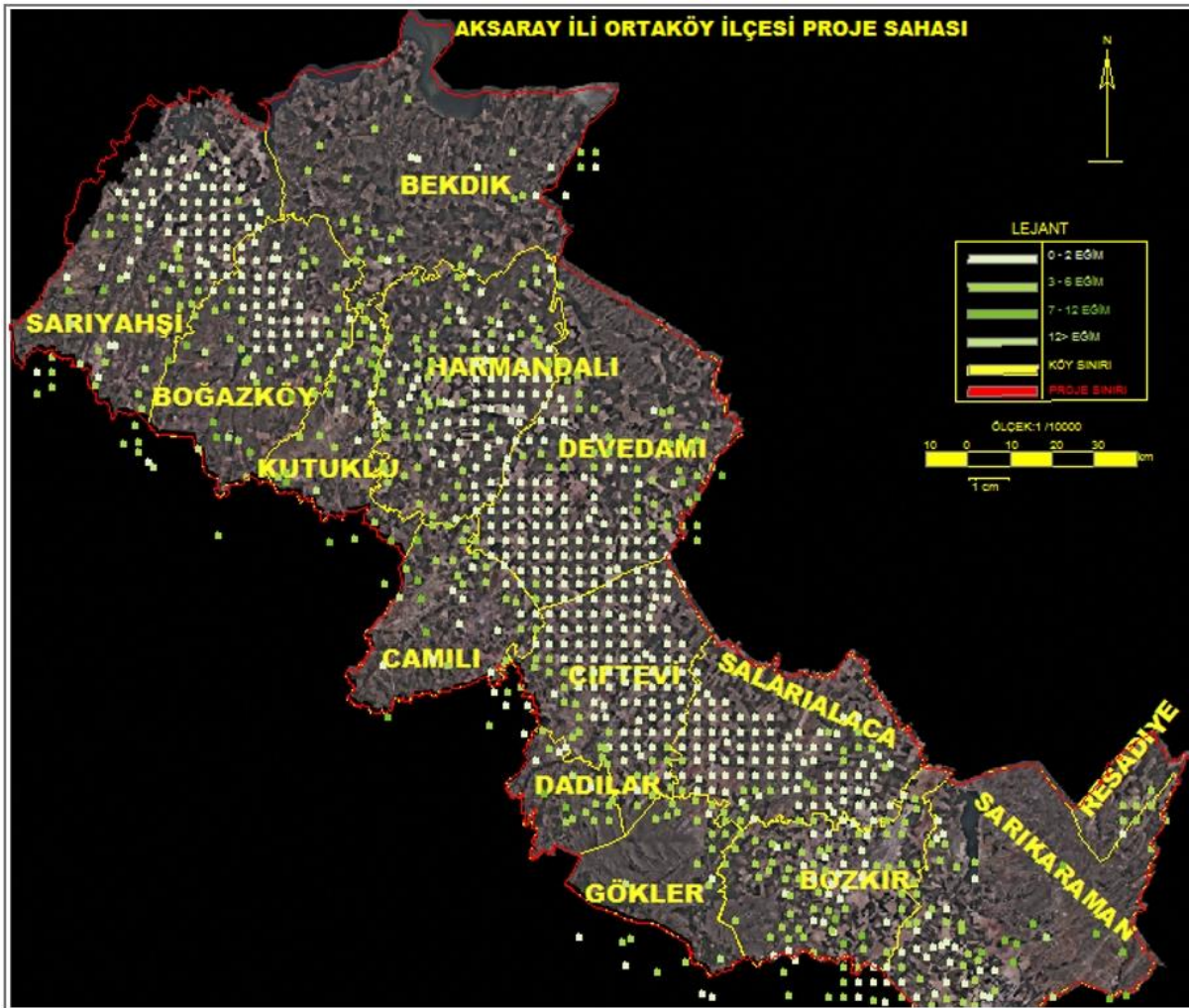
### **Materyal ve Yöntem**

Çalışma, Aksaray İline bağlı Ortaköy İlçesi Reşadiye, Bozkır, Sarıkaraman, Devedamı, Harmandalı, Çiftevi, Gökler, Salıyalaca Köyleri, Ağaçoören İlçesi’ne bağlı Kütüklü, Dadılar, Camili köyleri ve Sarıyahşi İlçesi merkez, Boğazköy ve Bekdik Köylerini içerisini kapsayan arazi toplulaştırması sahasında yürütülmüştür. Araştırma sahası 50673.48 ha alan kaplamakta olup Tuz Gölü Kapalı Havzası’nda yer almaktadır. Çalışma alanının kuzeyinde Hirfanlı HES Barajı ve Kızılırmak, doğusunda Kırşehir, güneyinde Ortaköy İlçesi, batısında Sarıyahşi ve Ağaçoören ilçeleri bulunmaktadır. Arazi, Kuzeybatı-Güneydoğu bakılıdır. Araştırma alanı 33° 47’ 49”, 34° 14’ 52” Doğu boylam, 39° 03’ 83”, 38° 44’ 15” Kuzey enlemleri arasındadır (Şekil 1).

Hakim büyük toprak grubu, alüvyal ve kahverengi topraklardır. Toprak derinliği genel olarak orta derindir. Arazi düz ve düze yakın, hafif, orta ve çok dik eğim grupları bulunmaktadır (Anonim, 2013). İklim karasal olup, Türkiye ortalaması altında yağışa sahiptir. Aksaray İlinin yıllık yağışı 349,1 mm, buharlaşma miktarı 1341,7 mm ve ortalama sıcaklığı 11,9 °C’ dir. Araştırma yeri çoklukla tarım alanlarından oluşmakla birlikte mera alanları da yer almaktadır. Tarım alanlarında, tarla bitkileri, sebze ve meyvecilik yapılmaktadır.

Araştırma sahasında koordinatlı olmak üzere, 500m aralıklarla grid yöntemiyle daha önceden alınmış koordinatlı toprak örnek noktalarına ait eğim değerlerini belirlemek için arazinin sayısal yükseklik modeli (DEM) oluşturulmuştur. Oluşturulan eğim haritası üzerinde örnekleme noktaları gösterilmek suretiyle her bir örnekleme noktası için eğim değerleri belirlenmiştir.

Çalışmada, düz veya düze yakın eğim (DE) % 0-2, hafif eğim (HE) % 3-6, orta eğim (OE) % 7-12 ve fazla eğim (FE) > % 12 olmak üzere dört farklı eğim gruplaması oluşturulmuştur (Şekil 1). Her grup için farklı derinlikler dikkate alınarak toprak örneklerine ait çeşitli fiziksel ve kimyasal özellikleri dikkate alınmıştır. Dört farklı eğim grubunda yer alan toprakların bünye, suyla doygunluk, pH, EC, tuz (%), kireç, kum, kil, silt, Ca+Mg, Na, SAR, ESP, B ve kil oranı I, II, III gibi özellikleri çalışma alanının çölleşme eğilimini belirleyebilmek amacıyla değerlendirilmiştir. Bu amaçla, toplam 1808 adet olmak üzere, farklı noktalardan alınmış ve analiz edilmiş 0-20cm, 20-50cm, 50-90cm, 90-120cm derinliklere ait toprakların bazı özellikleri dikkate alınmıştır.



Şekil 1. Araştırma yeri örnek noktaları, yerleşim yerleri ve eğim değerleri

Yarıvariogram, fraktal analiz kapsamında, DE, HE, OE ve FE eğim gruplarında yer alan topraklarda farklı derinlikler için toprak değişimlerinin dağılımını tanımlamak için kullanılmıştır. Yarıvariogram denklemle hesaplanmıştır (Diekman ve ark, 2007).

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{N(h)} [z(S_i) - z(X_i + h)]^2 \quad (\text{Eşitlik 1})$$

Burada,  $\gamma(h)$  yaklaşık yarıvariogram,  $z(X_i)$  ve  $z(X_i + h)$  gecikme  $h$  ile ayrılmış bir değişken değerinin,  $N(h)$  karşılık gelen gecikme çift sayısıdır. Fraktal analiz desen yöntemine göre DE, HE, OE ve FE topraklarda mekansal değişkenlik derecesini değerlendirmek için toprak değişkenlerinin uzaysal verileri kullanılmıştır (Burrough, 1983, Eghball ve ark,1999). Çalışmada, çarpıklık katsayısı



gözetilerek mutlak değeri 1'den büyük değerler için logaritmaları alınarak, 0.5 – 0.99 değerler için karekökleri hesaplanarak gerekli düzeltmeler yapılmıştır (Webster, 2001).

Fraktal fonksiyon değişkenler için uzaysal yapı olarak tarif edilmiştir:

$$\lambda(h) \propto kh^H \quad (\text{Eşitlik 2})$$

Burada  $\lambda(h)$  yarıvariogram,  $h$  gecikme,  $H$  keyfi dik boyut ve  $k$  değişim ölçüsünde sabit sayıdır.

Fraktal boyut  $D$  Eşitlik 3'e göre hesaplanmıştır (Burrough, 1983, Eghball ve ark., 1999).

$$D = d - 0.5H \quad (\text{Eşitlik 3})$$

Burada,  $d$  değeri, araziler için çeşitli çalışmalarda önerilen şekilde 2 olarak kabul edilmiştir (Mandelbrott, 1982). Böylelikle tahmini fraktal boyut ( $D = 2 - 0.5H$ ) olmuş ve burada  $H$  değeri regresyon çizgisini ortaya çıkaran eğim değeri (keyfi dik boyut) olarak hesaplanmıştır (Eghball ve ark., 1999). Analiz uyumunu artırmak için en küçük kareler, yarıvariogram aralığında yer alan açıkça tanımlanmış veri noktaları kullanılmıştır (Burrough, 1983). Farklı eğim gruplarında ve derinliklerde yer alan toprakların çeşitli özellikleri için gerekli hesaplamalar GS+ 7 (GS+ Ver.7.0, 2005; Gamma Design software) programında yapılmıştır. Koordinatlı olarak programa girilen verinin çarpıklık değeri dikkate alınarak gerekli dönüşümler yapılmıştır (Webster, 2001). Otokorelasyon işleminden sonra programın Fraktal seçeneği yardımıyla toprakların fraktal variogramı elde edilmiştir. Her toprak özelliği için GS+ yardımıyla hesaplanan veriler excel yazılıma aktarılmış, x eksenine log (ortalama mesafe) ve y eksenine log (ortalama yarıvariogram) olacak şekilde regresyona tabi tutularak doğrusal denklemin eşitliği ve  $R^2$  değerleri belirlenmiştir. Bu şekilde belirlenen  $r$  değeri  $h$  değerine eşittir (Eghball ve ark., 1999). Çalışmada  $d$  değeri önerildiği şekliyle 2 olarak alınmış (Mandelbrott, 1982) ve Eşitlik 3 yardımıyla fraktal boyut her eğim gurubunda ve derinlikte yer alan toprak özellikleri için ayrı olacak şekilde hesaplanmıştır.

### Bulgular ve Tartışma

Araştırmada dört eğim ve derinlik grubu için değerlendirilen toprak özelliklerine ait fraktal katsayı ( $D$  değeri) Eşitlik 3 yardımıyla hesaplanarak Çizelge 1'de verilmiştir. Uzaysal değişkenlikte  $D$  değeri, 1 ile 2 arasında değişen bir değer alır.  $D$  değeri 1'e yaklaşması uzaysal değişkenliğin fazla, 2'ye yaklaşması ise daha homojen ve düşük çölleşme eğilimine işaret etmektedir. Çalışmada Fraktal analizler sonucu hesaplanan  $R^2$  değerleri yüksek bulunmuştur.  $R^2$  değerlerinin yüksek,  $D$  değerlerinin ise düşük çıkması bütün toprak özellikleri için çölleşme eğiliminin yüksek olduğu söylenebilir.

Düz eğimli ve 0-20 cm derinlikteki üst toprakların tanımlama katsayıları ( $R^2$ ), sırasıyla SAR, pH, Na, B, kum, saturasyon, kireç, EC, Ca+Mg, kil oranı III, kil oranı I, ESP, tuz, silt, kil oranı II ve kil olarak sıralanmıştır.  $D$  değerleri ise sırasıyla B, kil oranı III, Ca+Mg, kum, EC, kil oranı I, kil, saturasyon, kil oranı II, Na, ESP, tuz pH, kireç, SAR ve silt olarak gerçekleşmiştir. Düz eğimli üst topraklarda SAR, pH, Na, B, kum, saturasyon, kireç değerleri düşük  $R^2$  ve yüksek  $D$  değeri göstererek yüksek çölleşme eğilimi göstermişlerdir. Düz eğimli ve 20-50 cm derinlikte toprak özelliklerinin  $R^2$  değerleri, sırasıyla pH, B, Na, kireç, kil, saturasyon, tuz, ESP, kil oranı III, kil oranı II, EC, Ca+Mg, kil oranı I, SAR, silt ve kum olarak sıralanmıştır.  $D$  değeri ise sırasıyla B, tuz, kil oranı III, EC, Kum, Ca+Mg, kil oranı I, saturasyon, pH, kil, kil oranı II, kireç, Na, silt, SAR ve ESP olarak gerçekleşmiştir. Düz eğimli, 20-50cm derinlikteki topraklarda pH, Na, kireç, kil ve saturasyon değerleri düşük  $R^2$  ve yüksek  $D$  değeri göstererek yüksek çölleşme eğilimi göstermişlerdir. Düz eğimli ve 50-90 cm derinlikteki toprakların  $R^2$  değerleri, sırasıyla pH, silt, B, SAR, kireç, kum, kil, Na, ESP, EC, saturasyon, kil oranı II, kil oranı III, Ca+Mg, kil oranı I ve tuz olarak sıralanmıştır.  $D$  değeri ise sırasıyla tuz, kil oranı III, kireç, EC, Ca+Mg, kil oranı I, kum, kil, saturasyon, kil oranı II, B, Na, ESP SAR, silt ve pH olarak gerçekleşmiştir. Bu eğim ve derinlik grubunda pH, silt, B ve SAR değerleri düşük  $R^2$  ve yüksek  $D$  değeri göstererek yüksek çölleşme eğilimi göstermişlerdir. Düz eğimli ve 90-120 cm derinlikteki toprakların  $R^2$  değerleri, sırasıyla kireç, kil oranı III, saturasyon, pH, kil oranı I, SAR, ESP, Na, kil oranı II, tuz, B, kil, silt, EC, kum ve Ca+Mg olarak sıralanmıştır.  $D$  değeri ise sırasıyla EC, tuz, kil oranı I, Ca+Mg, pH, kum, kil, kil oranı II, B, kil oranı III, saturasyon, silt, Na, SAR, ESP ve kireç olarak gerçekleşmiştir. Bu eğim ve derinlik kombinasyonunda kireç, kil oranı III, saturasyon, pH, kil oranı I, SAR, ESP, Na ve kil oranı II değerleri düşük  $R^2$  ve yüksek  $D$  değeri göstererek yüksek çölleşme eğilimi göstermişlerdir (Çizelge 1).



Hafif eğimli ve 0-20 cm derinlikte yer alan toprakların  $R^2$  değerleri, sırasıyla EC, kil oranı I, B, Ca+Mg, kum, tuz, silt, kil, kireç, kil oranı II, saturasyon, SAR, ESP, kil oranı III, pH ve Na olarak sıralanmıştır. D değeri ise sırasıyla B, pH, Ca+Mg, kum, saturasyon, kil oranı II, kil, kil oranı III, tuz, kireç, silt, ESP, SAR, kil oranı I, EC ve Na olarak gerçekleşmiştir. Hafif eğimli, 0–20 cm derinlikteki üst topraklarda EC, kil oranı I, Ca+Mg, kum, tuz ve silt değerleri düşük  $R^2$  ve yüksek D değeri göstererek yüksek çölleşme eğilimi göstermişlerdir. Hafif eğimli ve 20-50cm derinlikteki toprakların  $R^2$  değerleri, sırasıyla kil oranı I, B, kireç, ESP, kil, SAR, kil oranı III, tuz Ca+Mg, silt, Na, EC, kil oranı II, saturasyon, pH ve kum olarak sıralanmıştır. D değeri ise sırasıyla B, pH, kum, kireç, kil oranı III, kil oranı I, Silt, kil oranı II, EC, saturasyon, tuz, kil, Ca+Mg, Na, SAR ve ESP olarak gerçekleşmiştir. Hafif eğimli, 20-50 cm derinlikteki topraklarda kil oranı I, kireç, ESP, kil, SAR, kil oranı III, tuz Ca+Mg, silt, Na, EC ve kil oranı II değerleri düşük  $R^2$  ve yüksek D değeri göstererek yüksek çölleşme eğilimi göstermişlerdir. Hafif eğimli ve 50-90 cm derinlikteki topraklar için  $R^2$  değerleri, ESP, B, tuz, SAR, silt, kil oranı III, kil oranı II, saturasyon, kil oranı I, kum, kil, Na, kireç, EC, Ca+Mg ve pH olarak sıralanmıştır. D değeri ise sırasıyla pH, B, kil oranı I, kil oranı III, kil, saturasyon, kil oranı II, kireç, silt, ESP, SAR, Ca+Mg, kum, Na, EC ve tuz olarak gerçekleşmiştir. Bu eğim-derinlik kombinasyonunda yer alan topraklar ESP, tuz, SAR, silt, kum ve kireç değerleri düşük  $R^2$  ve yüksek D değeri göstererek yüksek çölleşme eğilimi göstermişlerdir. Hafif eğimli ve 90-120 cm derinlikteki topraklar için  $R^2$  değerleri, sırasıyla B, Na, kil oranı III, EC, ESP, SAR, Ca+Mg, kireç, kil oranı I, silt, kum, kil, tuz, kil oranı II, saturasyon ve pH olmuştur. D değeri ise sırasıyla pH, B, kil oranı I, kireç, kil oranı II, kil oranı II, kil, saturasyon, SAR, ESP, tuz, EC, Ca+Mg, silt ve Na olarak gerçekleşmiştir. Hafif eğimli, 90-120 cm derinlikteki topraklarda Na, EC, Ca+Mg ve silt değerleri düşük  $R^2$  ve yüksek D değeri göstererek yüksek çölleşme eğilimi göstermişlerdir. Orta eğimli ve 0-20 cm derinlikteki toprakların  $R^2$  değerleri, sırasıyla pH, SAR, silt, tuz, Na, kireç, B, ESP, kil, Ca+Mg, kum, kil oranı II, EC, saturasyon, kil oranı I ve kil oranı III olarak olmuştur. D değeri ise sırasıyla pH, SAR, B, silt, kum, kil oranı III, kireç, kil oranı II, kil oranı I, kil, saturasyon, Na, tuz, EC, ESP ve Ca+Mg olarak gerçekleşmiştir. Bu eğim ve derinlik kombinasyonundaki topraklarda tuz, Na ve ESP değerleri düşük  $R^2$  ve yüksek D değeri göstererek yüksek çölleşme eğilimi göstermişlerdir (Çizelge 1).

Orta eğimli ve 20-50 cm derinlikteki toprakların  $R^2$  değerleri, sırasıyla Ca+Mg, B, ESP, SAR, kil oranı III, silt, EC, kil oranı I, Na, kum, kil oranı II, kil, tuz, saturasyon, kireç ve pH olarak sıralanmıştır. D değeri ise sırasıyla pH, silt, kum, kireç, kil oranı III, kil oranı I, B, saturasyon, tuz kil, kil oranı II, EC, Ca+Mg, ESP, SAR ve Na olarak gerçekleşmiştir. Orta eğimli, 20–50cm derinlikteki topraklarda Ca+Mg, ESP ve SAR değerleri düşük  $R^2$  ve yüksek D değeri göstererek yüksek çölleşme eğilimi göstermişlerdir. Orta eğimli ve 50-90 cm derinlikteki toprakların  $R^2$  değerleri, sırasıyla ESP, SAR, B, saturasyon, tuz, EC, kil oranı III, kum, silt, pH, kil oranı II, kil, kireç, kil oranı I, Na ve Ca+Mg olarak sıralanmıştır. D değeri ise sırasıyla kireç, pH, kil oranı III, kum, kil oranı I, silt, Ca+Mg, kil, kil oranı II, tuz saturasyon, B, EC, Na, SAR ve ESP olarak gerçekleşmiştir. Bu eğim-derinlik grubunda ESP, SAR, B, saturasyon, tuz ve EC değerleri düşük  $R^2$  ve yüksek D değeri göstererek yüksek çölleşme eğilimi göstermişlerdir. Orta eğimli ve 90-120 cm derinlikteki toprakların tanımlama katsayıları ( $R^2$ ), sırasıyla Na, pH, Ca+Mg, B, kil oranı II, kil oranı III, silt, kil, tuz SAR, ESP, EC, kum, kil oranı I, kireç ve saturasyon olarak sıralanmıştır. D değeri ise sırasıyla B, kil oranı I, EC, kil oranı III, kum, pH, SAR, ESP, kireç, kil, kil oranı II, Ca+Mg, tuz, silt, saturasyon ve Na olarak gerçekleşmiştir. Orta eğimli, 90-120 cm derinlikteki topraklarda Na, Ca+Mg, ve silt değerleri düşük  $R^2$  ve yüksek D değeri göstererek yüksek çölleşme eğilimi göstermişlerdir (Çizelge 1).

Yüksek eğimli ve 0-20 cm derinlikteki üst topraklar için  $R^2$  değerleri, sırasıyla saturasyon, Na, SAR, ESP, kil oranı I, EC, tuz, kum, B, silt, pH, kil oranı II, kil oranı III, Ca+Mg, kireç ve kil olarak sıralanmıştır. D değeri ise sırasıyla B, kum, kireç, SAR, kil oranı III, ESP, Na, pH, Ca+Mg, silt, tuz, kil oranı I, EC, saturasyon, kil ve kil oranı II olarak gerçekleşmiştir. Yüksek eğimli, üst topraklarda saturasyon, kil oranı I, EC ve kil oranı II değerleri düşük  $R^2$  ve yüksek D değeri göstererek yüksek çölleşme eğilimi göstermişlerdir. Yüksek eğimli ve 20-50 cm derinlikteki topraklar için  $R^2$  değerleri, sırasıyla kil, Na, saturasyon, tuz, ESP, SAR, silt, kum, Ca+Mg, kil oranı II, EC, pH, kireç, B, kil oranı III ve kil oranı I olarak sıralanmıştır. D değeri ise sırasıyla pH, B, kireç, kil oranı III, tuz, SAR, ESP, Na, kum, EC, Ca+Mg, silt, kil oranı II, kil oranı I, kil ve saturasyon olarak gerçekleşmiştir. Yüksek eğimli, 20–50 cm derinlikteki topraklarda kil, saturasyon, silt ve kil oranı II değerleri düşük  $R^2$  ve yüksek D değeri göstererek yüksek çölleşme eğilimi göstermişlerdir. Yüksek eğimli ve 50-90 cm



derinlikteki toprakların  $R^2$  değerleri, sırasıyla saturasyon, kil oranı II, kil, EC, silt, ESP, SAR, kum, B, kil oranı III, pH, kil oranı I, Ca+Mg, Na, Tuz ve Kireç olarak sıralanmıştır. D değeri ise sırasıyla tuz SAR, ESP, kil oranı III, pH, kum, kireç, kil oranı I, silt, Na, EC, kil, Ca+Mg, saturasyon, kil oranı II ve B olarak gerçekleşmiştir. Yüksek eğimli, 50-90 cm derinlikteki topraklarda,  $R^2$  değerinin düşük ve D değerinin yüksek olduğu bulgusuna rastlanmamıştır, bu nedenle yüksek eğimde 50–90cm derinliğinde çölleşme eğilimine indikatör olabilecek toprak özelliği mevcut toprak özellikleri içerisinde belirlenememiştir (Çizelge 1). Bu durum, bu eğim derinlik grubunda yer alan toprakların ana kaya üzerinde yer alan ve toprak oluş süreçlerine henüz maruz ana materyal niteliğinde oluşuyla ilgili olabilir. Zira bu eğim gurubunda, 90 cm derinlikten daha derin topraklar bulunmamaktadır. İncelenen toprak örneklerinin ana materyal niteliği ve zamansal olarak toprak oluş süreçlerine yeterince maruz kalmayışı nedenleri ile heterojenliğin yeterince oluşmaması bir çölleşme indikatörü toprak özelliğinin öne çıkamamasına yol açtığı düşünülmektedir.

Araştırma yeri toprakları yüksek eğim grubunda yer alan topraklarda 90 cm derinlikten daha derin topraklar bulunmadığından Çizelge 1’de ilgili yer boş bırakılmıştır.

Bir toprak özelliğine ait fraktal katsayı değerleri her eğim grubuna ait toprak derinlikleri dikkate alınarak diğer eğim gruplarıyla önem durumu t testi ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 2). Bu değerlendirmeye göre toprakların saturasyon, EC, kum, kil, B, kil oranı I, kil oranı II ve kil oranı III değerlerinin fraktal katsayıları farklı eğimlerde anlamlı farklılıklar göstermemiştir. Ancak ele alınan diğer toprak özelliklerine (pH, tuz, kireç, silt, Ca+Mg, Na, SAR ve ESP) ait fraktal katsayıları farklı eğim gruplarında istatistiksel olarak önemli farklılıklar göstermiştir.

pH değerlerinin farklı eğim gruplarının fraktal katsayı değerleri, %0-2 eğim grubu için en yüksek değeri ve dolayısıyla düşük değişkenliği göstermiştir. En yüksek varyasyon en düşük fraktal katsayı değerine sahip %3-6 eğim grubunda belirlenmiştir. Bu eğim grubu pH değerlerinde yüksek varyasyon görülmesi özellikle kimyasal bozulma süreçleri olmak üzere fiziksel bozulma ve toprak yönetim uygulamalarındaki çeşitliliğin diğer eğim gruplarına göre daha fazla olduğu şeklinde değerlendirilmiştir. pH değerlerinin fraktal katsayılarına göre %7-12 ve %12< eğim grupları aynı grupta yer almışlardır. Tarımsal girdilerin daha yoğun olarak kullanıldığı %0-2 eğim grubu ve bu girdilerin çok daha az kullanıldığı %7’ yi aşan eğim grupları için, toprak pH değerinin fraktal katsayısının düşük değişkenlik göstermesi, bu eğim gruplarında tarımsal uygulamaların kendi içerisinde oldukça benzer olmasının bir sonucu olabilir. Örneğin toprak işleme ve gübre uygulaması (Huang ve ark., 1999), toprak neminde görülen mevsimsel dalgalanmalar, sıcaklık değerleri, mikrobiyal aktivite, bitki besin maddeleri uygulamaları ve benzer ana materyaller (Tuffour ve ark., 2015) bu sonuca neden olmuş olabilir. Tarımsal niteliği bulunan, ancak yönetim uygulamalarının çeşitliliği ve farklılığı çok fazla olan %3-6 eğim grubu daha yüksek varyasyonun oluşumuna neden olduğu düşünülmektedir.

Araştırma yeri topraklarının tuz içerikleri fraktal katsayıları eğim derecesine bağlı olarak anlamlı olarak değişmiştir. En düşük tuz içeriği %12< eğim grubunda görülmüştür. Toprakların tuz içerikleri uygulanan gübre gibi çeşitli tarımsal girdilerden etkilenmekte ve tuz hareketlerinde toprak nem içeriği de etkili rol oynamaktadır. Bu durum nedeniyle çalışma yeri toprakları eğim ve tuzluluk değerlerinin fraktal katsayıları arasında doğrusal değişen bir ilişki oluşmamıştır. En yüksek D değeri, farklı çiftçi yönetim uygulamalarına daha fazla maruz olan %3-6 eğim grubunda görülmüştür. Bu eğim grubu diğer eğim gruplarından ayrılmıştır. Keshavarzi ve ark. (2018) İran, Meşhed Ovası’nda yürüttükleri çalışma bulgusunda ise fraktal boyut ve tuz içeriği arasında güçlü doğrusal pozitif ilişki ( $P < 0.05$ ) olduğunu rapor etmişlerdir. Araştırmacılar, toprağın fraktal boyutu, toprak alkalizasyonu ve alkali topraklardaki değişkenliğin potansiyel bir göstergesi olarak hizmet edebileceği sonucuna vardıklarını bildirmişlerdir.

Kireç içeriği fraktal katsayısı en düşük değer %12< eğim grubunda hesaplanmıştır. Düşük D değeri yüksek çölleşme unsuru olarak değerlendirilebileceği dikkate alınrsa kireç içeriklerinin fraktal katsayıları ile çalışma yeri topraklarının çölleşme riskinin değerlendirilebileceği düşünülmektedir. Han ve Cheng (2014) tarafından Çin’in Jixi, şehrinde alınan test toprağına dijital görüntü analiz teknikleri kullanılarak yapılan çalışmada farklı kireç içerikli toprakların fraktal boyutundaki değişim araştırıldı. Çalışma sonucuna göre, kireç içeriğinin toprağın mikro yapısını değiştirdiği, kireç içeriği ağırlıkça %4’ün altında olduğunda, kireç içeriğindeki artışla fraktal boyutun arttığı belirlenmiştir. Kireç içeriği %6’nın üzerinde olduğunda, artan kireç içeriği ile fraktal boyutun azaldığı belirlenmiştir.





Çizelge 1. Farklı eğim grupları ve toprak derinlikleri için R<sup>2</sup> ve D değerleri

Toprak Özelliği	0-20 cm		20-50 cm		50-90 cm		90-120 cm	
	% 0-2 Eğim							
	R <sup>2</sup>	D	R <sup>2</sup>	D	R <sup>2</sup>	D	R <sup>2</sup>	D
Saturasyon, %	0.7758	1.9049	0.8098	1.9013	0.8615	1.8962	0.5557	1.9159
pH	0.6989	1.9449	0.6734	1.9054	0.6792	1.9795	0.5974	1.8893
EC, µS/cm	0.8102	1.8865	0.8511	1.8685	0.8566	1.8526	0.8921	1.8505
Tuz, %	0.8982	1.9367	0.8145	1.8635	0.9423	1.8353	0.8149	1.8788
Kireç, %	0.7571	1.9485	0.7741	1.9311	0.8117	1.8508	0.4415	1.9830
Kum, %	0.7339	1.8852	0.9440	1.8702	0.8265	1.8657	0.8921	1.8948
Kil, %	0.9608	1.9006	0.8070	1.9088	0.8397	1.8960	0.8305	1.8986
Silt, %	0.9464	1.9743	0.9216	1.9653	0.7002	1.9764	0.8833	1.9249
Ca+Mg, meq	0.8281	1.8843	0.8560	1.8827	0.9025	1.8618	0.9260	1.8816
Na, meq	0.7145	1.9270	0.7411	1.9544	0.8434	1.9374	0.7637	1.9375
SAR	0.6742	1.9684	0.8962	1.9858	0.7691	1.9575	0.7234	1.9611
ESP, %	0.8772	1.9327	0.8152	1.9865	0.8450	1.9537	0.7243	1.9611
B, ppm	0.7315	1.7877	0.7088	1.6875	0.7193	1.9209	0.8207	1.9075
Kil oranı I	0.8768	1.8901	0.8701	1.8958	0.9185	1.8656	0.7066	1.8793
Kil oranı II	0.9547	1.9147	0.843	1.9193	0.8832	1.8984	0.7977	1.9035
Kil oranı III	0.852	1.8692	0.8409	1.8662	0.8885	1.8464	0.555	1.9156
% 3-6 Eğim								
Saturasyon, %	0.8767	1.9243	0.8117	1.9433	0.7218	1.8637	0.8738	1.7979
pH	0.9192	1.4301	0.8910	1.0200	0.8950	1.0133	0.9325	0.6274
EC, µS/cm	0.5040	1.9573	0.7522	1.9417	0.8231	1.9344	0.7080	1.9577
Tuz, %	0.7979	1.9326	0.6816	1.9439	0.6551	1.9500	0.8570	1.9421
Kireç, %	0.8245	1.9365	0.6600	1.9099	0.7941	1.9003	0.7742	1.7078
Kum, %	0.7693	1.9114	0.9610	1.9037	0.7598	1.9304	0.8210	1.7677
Kil, %	0.8196	1.9315	0.6717	1.9475	0.7605	1.8364	0.8334	1.7400
Silt, %	0.8039	1.9403	0.7318	1.9374	0.7016	1.9069	0.7987	1.9671
Ca+Mg, meq	0.7625	1.9093	0.7071	1.9584	0.8451	1.9208	0.7475	1.9640
Na, meq	0.9758	1.9629	0.7416	1.9724	0.7832	1.9320	0.6736	1.9786
SAR	0.8772	1.9539	0.6732	1.9783	0.7005	1.9170	0.7405	1.8731
ESP, %	0.8851	1.9537	0.6695	1.9787	0.5507	1.9087	0.7393	1.8757
B, ppm	0.6476	1.0132	0.6417	0.9720	0.6171	1.4012	0.6585	1.4450
Kil oranı I	0.5841	1.9541	0.6062	1.9341	0.7275	1.6728	0.7974	1.5425
Kil oranı II	0.8649	1.9247	0.7919	1.9396	0.7064	1.8662	0.8593	1.7203
Kil oranı III	0.8978	1.9319	0.6739	1.9243	0.7024	1.6847	0.7002	1.7298
% 7-12 Eğim								
Saturasyon, %	0.8775	1.9065	0.8790	1.8998	0.6826	1.9322	0.9572	1.9520
pH	0.5961	1.6768	0.9334	1.7430	0.8040	1.8640	0.5559	1.8740
EC, µS/cm	0.8619	1.9513	0.8004	1.9320	0.7664	1.9519	0.8350	1.8358
Tuz, %	0.7391	1.9512	0.8762	1.9115	0.7519	1.9302	0.8043	1.9346
Kireç, %	0.7576	1.8868	0.8834	1.8506	0.8916	1.8566	0.9508	1.8841
Kum, %	0.8476	1.8487	0.8136	1.8484	0.7692	1.8829	0.8704	1.8687
Kil, %	0.8224	1.9063	0.8749	1.9124	0.8133	1.9219	0.7553	1.8883
Silt, %	0.7178	1.8465	0.7426	1.8444	0.7940	1.8993	0.7306	1.9455
Ca+Mg, meq	0.8341	1.9575	0.6288	1.9349	0.9664	1.9104	0.6157	1.9136
Na, meq	0.7473	1.9243	0.8084	1.9783	0.9484	1.9614	0.5279	1.9749
SAR	0.6060	1.7801	0.7391	1.9757	0.6099	1.9696	0.8216	1.8815
ESP, %	0.7935	1.9556	0.7385	1.9754	0.5978	1.9698	0.8227	1.8827
B, ppm	0.7724	1.8087	0.7346	1.8993	0.6445	1.9325	0.6253	1.4791
Kil oranı I	0.8946	1.8933	0.8024	1.8965	0.9284	1.8982	0.9124	1.7785
Kil oranı II	0.8525	1.8933	0.8402	1.9142	0.8079	1.9230	0.6267	1.8971
Kil oranı III	0.9841	1.8569	0.7412	1.8541	0.7689	1.8827	0.7005	1.8588
% 12< Eğim								
Saturasyon, %	0.5944	1.9449	0.6087	1.9684	0.5226	1.7775		
pH	0.7775	1.8474	0.8551	1.5439	0.7282	1.6059		
EC, µS/cm	0.6774	1.9266	0.8428	1.8475	0.6401	1.7031		
Tuz, %	0.7021	1.8793	0.6308	1.7998	0.8574	1.3665		
Kireç, %	0.8849	1.8242	0.8774	1.6750	0.8791	1.6318		
Kum, %	0.7428	1.8203	0.7113	1.8349	0.6981	1.6284		
Kil, %	0.9045	1.9738	0.5996	1.9682	0.6375	1.7157		
Silt, %	0.7765	1.8715	0.6976	1.9002	0.6718	1.6575		
Ca+Mg, meq	0.8593	1.8653	0.7580	1.8668	0.7870	1.7199		
Na, meq	0.5968	1.8305	0.6043	1.8302	0.8372	1.6718		
SAR	0.6068	1.8243	0.6469	1.7999	0.6804	1.5463		
ESP, %	0.6089	1.8245	0.6336	1.8019	0.6796	1.5466		
B, ppm	0.7751	1.7544	0.9006	1.5951	0.7069	1.8623		
Kil oranı I	0.6166	1.9228	0.9923	1.9580	0.755	1.6454		
Kil oranı II	0.7836	1.9783	0.7958	1.9310	0.5507	1.8059		
Kil oranı III	0.7974	1.8243	0.9091	1.7915	0.7228	1.5664		



Toprakların tekstürel fraksiyonlarından silt içeriği ile fraktal katsayı arasında t testi sonucuna göre istatistiksel ilişki bulunmaktadır. Eğim derecesindeki artışa bağlı olarak D değerleri tedrici olarak azalmıştır. En düşük D değeri en yüksek eğimler için belirlenmiştir. Bu sonuca göre, toprakların silt içeriklerinin fraktal katsayıları toprakların erozyon ve fiziksel bozulma süreçlerini tanımlayacak bir çölleşme değerlendirme kriteri olmuştur. Araştırma yeri toprakları Na, SAR ve ESP içeriklerine ait fraktal katsayılar eğim derecelerindeki artışa bağımlı olarak azaldıkları görülmüştür. Her üç parametre de çalışma bölgesi topraklarının kimyasal bozulma süreçlerini tanımlamada uygun toprak özellikleri olduğu kanaatine varılmıştır.

Çizelge 2. Toprak özelliklerine ait D değerleri ile eğim grupları arasındaki istatistiksel ilişki

Eğim	Saturasyon	pH	EC	Tuz	Kireç	Kum	Silt	Kil
0-2	1.9275 <sup>a</sup>	1.9295 <sup>a</sup>	1.9305 <sup>a</sup>	1.8785 <sup>a</sup>	1.9283 <sup>a</sup>	1.8790 <sup>a</sup>	1.9600 <sup>a</sup>	1.9013 <sup>a</sup>
3-6	1.9275 <sup>a</sup>	1.0225 <sup>b</sup>	1.8975 <sup>a</sup>	1.9423 <sup>b</sup>	1.8635 <sup>a</sup>	1.8783 <sup>a</sup>	1.9378 <sup>ab</sup>	1.8638 <sup>a</sup>
7-12	1.8675 <sup>a</sup>	1.7895 <sup>c</sup>	1.8605 <sup>a</sup>	1.9320 <sup>a</sup>	1.8697 <sup>a</sup>	1.8623 <sup>a</sup>	1.8838 <sup>b</sup>	1.9070 <sup>a</sup>
12<	1.8900 <sup>a</sup>	1.6657 <sup>c</sup>	1.8813 <sup>a</sup>	1.6820 <sup>ab</sup>	1.7103 <sup>ba</sup>	1.7610 <sup>a</sup>	1.8100 <sup>a</sup>	1.8860 <sup>a</sup>
Eğim	Ca+Mg	Na	SAR	ESP	B	KO I	KO II	KO III
0-2	1.8777 <sup>a</sup>	1.9388 <sup>a</sup>	1.9683 <sup>a</sup>	1.9585 <sup>a</sup>	1.8260 <sup>a</sup>	1.8827 <sup>a</sup>	1.9090 <sup>a</sup>	1.8743 <sup>a</sup>
3-6	1.9338 <sup>b</sup>	1.9615 <sup>a</sup>	1.9305 <sup>a</sup>	1.9295 <sup>a</sup>	1.3155 <sup>a</sup>	1.7758 <sup>a</sup>	1.8628 <sup>a</sup>	1.8178 <sup>a</sup>
7-12	1.9299 <sup>cb</sup>	1.9595 <sup>a</sup>	1.9018 <sup>ab</sup>	1.9460 <sup>a</sup>	1.7800 <sup>a</sup>	1.8665 <sup>a</sup>	1.9068 <sup>a</sup>	1.8633 <sup>a</sup>
12<	1.8173 <sup>a</sup>	1.7773 <sup>b</sup>	1.7233 <sup>b</sup>	1.7247 <sup>b</sup>	1.7370 <sup>a</sup>	1.8420 <sup>a</sup>	1.9050 <sup>a</sup>	1.7273 <sup>a</sup>

### Sonuç ve Öneriler

Fraktal katsayıları dikkate alarak çalışma bölgesi için yapılan değerlendirmeye göre eğim derecelerindeki artışa bağlı olarak birçok toprak özelliği daha düşük D değeri göstermiştir. Toprakların saturasyon, EC, kum, kil, B ve kil oranı (K.O I, K.O II, K.O III) değerlerine ait fraktal katsayılar farklı eğim grupları için anlamlı değişim göstermemiştir. Bu nedenle bölgede yapılacak çalışmalarda fraktal katsayı üzerinden çölleşme eğilimi belirlemek amacıyla pH, tuz, kireç, silt, Ca+Mg, Na, SAR ve ESP toprak özelliklerine özel önem verilmesi önerilir. Bu çalışma sonucuna göre, fraktal katsayı ile ele alınan toprak özelliğindeki farklılıkları tanımlamada oldukça tatminkâr sonuçlar vermiştir. Değişimlerde %12’yi aşan eğimler bir kırılma noktası göstermiştir. Bu çalışmada ele alınmayan çölleşme indikatörü olabilecek diğer toprak özelliklerinin de ileriki çalışmalarda ele alınması önerilir. Düz arazilerde daha çok toprak kimyasal özellikleri heterojenlik kaynağı olduğu düşünülmektedir. Fiziksel özelliklerden silt içeriğindeki değişiklik ana materyalden kaynaklı olabileceği gibi çölleşme indikatörü olarak da kullanılabilirliği düşünülmüştür.

### Kaynaklar

- Anonim, 2013. Aksaray ili Ortaköy ilçesi AT ve TİGH projesi planlama toprak etüt ve toprak endeksi raporu.
- Biswas, A., 2019. Joint multifractal analysis for three variables: Characterizing the effect of topography and soil texture on soil water storage. *Geoderma*, 334: 15-23.
- Burrough, P.A., 1983. Multiscale sources of spatial variation in soil: I. Application of fractal concept to nested levels of soil variation. *J. Soil Sci.* 34: 577-597.
- Diekman, L.O., Lawrence, D., Okin, G.S., 2007. Changes in the spatial variation of soil properties following shifting cultivation in a Mexican tropical dry forest. *Biogeochemistry*. 84: 99-113.
- Dong Z.B., Hu G.Y., Yan C.Z., Wang, W.L., Lu, J.F., 2010. Aeolian desertification and its causes in the Zoige Plateau of China’s Qinghai–Tibetan Plateau. *Environ Earth Sci.* 59:1731–1740.
- Dregne, H.E., 1977. Desertification of arid lands. *Economic geography*. 53(4):322-331.
- Feng, X., Qu, J., Tan, L., Fan, Q., Niu, Q., 2020. Fractal features of sandy soil particle-size distributions during the rangeland desertification process on the eastern Qinghai-Tibet Plateau. *Journal of Soils Sediments*. 20: 472–485.
- Gamma Design Software, 2005. GS+ Geostatistics for the environmental science version 7.0. Gamma Design software L.L.C., Plainwell, Michigan, USA.
- Han, C., Cheng, P., 2015. Micropore variation and particle fractal representation of lime-stabilised subgrade soil under freeze–thaw cycles. *Road Materials and Pavement Design*. 16(1): 19-30.
- Hu, G.Y., Dong, Z.B., Lu, J.F., Yan, C.Z., 2015. The developmental trend and influencing factors of aeolian desertification in the Zoige Basin, eastern Qinghai–Tibet Plateau. *Aeolian Res.* 19:275–281.
- Huang, X., Skidmore, E. L., Tibke, G., 1999. Spatial variability of soil properties along a transect CRP and Continuously Cropped Land. In: *Sustaining the Global Farm*. Stott, D.E., Mohtar, R.H., Steinhardt, G. C. (Eds.). Selected papers from the 10th International Soil Conservation Organization, 2001. Purdue University and USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory. p.641-647.



- Kachanoski, R.G., De Jong, E., Rolston, D.E., 1985. Spatial and spectral relationships of soil properties and microtopography: II. Density and thickness of B horizon. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49:812-816.
- Keshavarzi, S., Tuffour, H.O., Bagherzadeh, A., Vasu, D., 2018. Spatial and fractal characterization of soil properties across soil depth in an agricultural field, Northeast Iran. *Eurasian J Soil Sci*, 7(2): 93 – 102.
- Mandelbrot, B.B., 1982. *The fractal geometry of nature*. H.W freeman and Co., New York, USA.
- Mohammadi, M., Shabanpour, M., Mohammadi, M.H. Davatgar, N. 2019. Characterizing spatial variability of soil textural fractions and fractal parameters derived from particle size distributions. *Pedosphere*.29(2): 224-234.
- Mouat, D., Lanchester, J., Wade, T., Wickham, J., Fox, C., Kepner, W., Ball, T., 1997. Desertification evaluated using an integrated environmental assessment model. *Environ. Monitoring & Assessment*. 48:139-156.
- Oğuz, İ., Erşahin, S., Susam, T., 2011. Evaluation of desertification potential in a sloping catchment. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*. 6(1): 81-88.
- Schlesinger, W.H., Reynolds, J.F., Gunningham, G.L., Huenneke, L.F., Jarrel, W.M., Wirginia, R.A., Whitford, W.G., 1990. Biological feedbacks in global desertification. *Science*, 247: 1043-1048.
- Su, Y.Z., Zhao, H.L., Zhao, W.Z., Zhang, T.H., 2004. Fractal features of soil particle-size distribution and the implication for indicating desertification. *Geoderma*. 122: 43-49.
- Tuffour, H.O., 2015. Fractal scaling of the hydraulic and hydrologic properties of an acrisol. *Applied Research Journal*. 1(5): 320-326.
- Türkeş, M., Öztaş, T., Tercan, E., Erpul, G., Karagöz, A., Dengiz, O., Doğan, O., Şahin, K., Avcıoğlu, B., 2019. Desertification vulnerability and risk assessment for Turkey via an analytical hierarchy process model. *Land Degradation and Development*. 31(2): 205-214.
- Wang, X., Li, M.H., Liu, S., Liu, G., 2016. Fractal characteristics of soils under different land-use patterns in the arid and semiarid regions of the Tibetan Plateau. *China. Geoderma* 134: 56– 61.
- Webster, R., 2001. Statistics to support soil research and their presentation. *European Journal of Soil Sciences*. 52: 331-340.
- Xiao, L., Xue, S., Liu, G.B., Zhang, C., 2014. Fractal features of soil profiles under different land use patterns on the Loess Plateau, China. *J Arid Land*. 6(5): 550–560.



Araştırma Makalesi/Research Article

## Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Değişimlerinin Farklı Zamanlı Landsat Uydu Görüntüleri ile Belirlenmesi: Çarşamba Delta Ovası Örneği

İnci Demirağ Turan<sup>1\*</sup> 

Orhan Dengiz<sup>2</sup> 

Nursaç Serda Kaya<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Samsun Üniversitesi, İktisadi İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Samsun, Türkiye.

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun, Türkiye

\*Sorumlu yazar: dmrinci@mail.com

Geliş Tarihi: 10.01.2021

Kabul Tarihi: 03.02.2021

### Öz

Arazi örtüsü/arazi kullanımı değişimleri araziye uygun bir şekilde yapılmadığı takdirde, ekolojide önemli tahribatlara neden olabilmektedir. Çalışmanın amacı, Samsun ilinin doğusunda yer alan ve Karadeniz Bölgesi'nin en önemli ovalarından birisini oluşturan Çarşamba Delta Ovası'nın arazi kullanımı ve arazi örtüsünün yaklaşık otuz yıllık süreçteki zamansal değişiminin uzaktan algılama tekniği kullanılarak belirlenmesidir. Çalışmada 1994, 2000, 2011, 2020 yıllarına ait Landsat uydu görüntüleri kullanılmıştır. Sınıflandırma işleminin yapılabilmesi için ENVI 5.3v programında kontrollü sınıflandırma yapılarak altı ana arazi örtüsü ve arazi kullanım sınıfları oluşturulmuş, oluşturulan sınıfların arazide kontrolleri yapılmış ve tarım, mera, orman, fındık alanları, yapay yüzeyler ve su alanları olarak altı sınıf tanımlanmıştır. Arazi kullanım etkinliğinin belirlenmesi için analog veriler sayısallaştırılmış ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) veri tabanına aktarılmıştır. Ova üzerinde en geniş alan tarım alanlarına ait iken bunu fındık alanları ve yapay alanları izlemektedir. Özellikle yaklaşık son on yıllık süreçte yapay alanlar ve fındık arazilerinde artış, mera alanlarındaki azalış olması meydana gelen arazi degradasyonuna dikkat çekmektedir. Ayrıca, bu çalışma ile geniş alanlarında arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişiminin belirlenmiş ve kullanım eğilimlerinin izlenmesinde, uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılmasıyla arazi kullanım eğilimlerinin izlenmesi önemli rol oynamaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Arazi kullanımı arazi örtüsü, değişim analizi, Çarşamba Ovası

### Determination of Land Use/ Land Cover Changes with Multi-temporal Landsat Satellite Images: A Case Study of Çarşamba Delta Plain

#### Abstract

Land cover/land use changes can cause significant damage to ecology if they are not built properly for the land. The aim of the study is to determine the temporal change in Land Use and land cover of Çarşamba Delta plain, which is located in the east of Samsun province and forms one of the most important plains of the Black Sea region, using remote sensing technique. 1994, 2000, 2011, 2020 dated Landsat image were used in this study. For performing calculations in ENVI 5.3v software supervised classification applied and six main classes were formed. For determining the unclassified classes as classified the field work applied. The result of the classification farm lands, forest, pasture, hazelnut field, water surface and artificial areas were determined as six land use-land cover classes. For determining land use efficiency analogue data were digitized and transferred to GIS database. The largest area on the plain belongs to agricultural areas, followed by hazelnut areas and artificial areas. Especially in the last decade, the increase in artificial areas and hazelnut lands, and the decrease in pasture lands focused on showing variation for the size of the areas, is important. In addition, this study showed that to determine and to monitor for large areas land cover and land use trend, remote sensing and geographic information system techniques have important role to generate accordance and fast data.

**Keywords:** Land use land cover, change analysis, Çarşamba Plain

#### Giriş

İnsanlık, ekosistemler tarafından sağlanan gıda, lif, yakıt ve diğer malzemeleri elde etmek için tabiatı sürekli dönüştürmektedir. Dünya yüzeyinin %83'ü doğrudan veya dolaylı yoldan insan faaliyetlerinden etkilenmektedir (Sanderson ve ark., 2002). Son 40 yılda tarımsal üretim için yılda yaklaşık 4 milyon hektar doğal bitki örtüsü tahrip edilmiştir (Tilman ve ark., 2001). Bu arazi



örtüsü/arazi kullanımı değişiklikleri, kaynakların mevcudiyeti, iklim dalgalanmaları ve çok çeşitli sosyoekonomik faktörler ile ilişkilendirilmektedir (Lambin ve ark., 2003). Orijinal arazi örtüsünün değiştirilmesi sonucu yaşanan habitat kayıpları, küresel biyoçeşitlilik krizinde önemli bir rol oynamaktadır (Sala et al., 2000; Pimm ve ark., 2000). Arazi örtü desenlerindeki değişimler ve toprak kayıpları, biyojeokimyasal döngülerin (Vitousek ve ark., 1997; Houghton ve ark., 2001) ve iklimin (Pielke ve ark., 2002; Gibbard ve ark., 2005) de değişmesine neden olmaktadır. Ekosistemlerin yapısı ve işleyişindeki bu sürekli değişimler, arazi örtüsü/arazi kullanımındaki küresel değişimin temel etkenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Foley ve ark., 2005) ve böylece insan ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kalmaktadır. Bu değişim sürdürülebilir şekilde olmadığı takdirde ciddi problemlere sebep olmaktadır. Bu nedenle doğal ortama uygun bir şekilde arazilerin kullanılması ve planlanması gelecekteki arazi yönetimi için güncel arazi örtüsü/arazi kullanım bilgilerine ihtiyaç vardır (Gülersoy, 2008).

Ülkemizde arazi kullanımı sürekli bir değişim halindedir. Türkiye’de hızla artan nüfus, şehirleşme ve buna bağlı olarak sanayi faaliyetlerinin artması arazi örtüsü/arazi kullanımında oldukça fazla değişiklikler meydana getirmektedir. Orman ve meraların tahrip edilmesi, özellikle I. sınıf tarım alanlarının uygun kullanılmaması, kontrolsüz ve plansız bir biçimde kullanımları buna çok açık örnekler olup, arazilerde geri dönülemez tahribatlara yol açıp tahrip olmalarıyla sonuçlanmaktadır. Bu şekilde kaybedilen arazi varlığımız (I., II. ve III. sınıf) 573.239 hektara ulaşmış durumdadır (Cangir ve ark., 1998, Dengiz ve ark., 2006). Arazi örtüsü/arazi kullanımı değişimi ya da basit adıyla arazi değişimi, insanoğlunun yeryüzünde meydana getirdiği değişiklikler için kullanılan bir terimdir (Erle ve Pontius, 2007) ve bu durumun küresel bir hal alması, dünyanın işleyişini de önemli ölçüde etkileyebilmektedir (Lambin ve ark., 2001). Arazi örtüsünde meydana gelen değişiklikler ekosistemdeki sürdürülebilirliğe olumsuz yönde etki edebilir ve insan faaliyetleri bu sürecin hızlanmasına neden olabilecek en önemli etkenlerden biri olarak kabul edilmektedir (Agarwal ve ark., 2001). Bu nedenle arazinin uygun şekilde kullanılması için arazi kullanımındaki zamansal değişim ortaya konulup, elde edilen sonuçlarla planlamalar yapılmalı ve ona uygun şekilde yönetim anlayışı benimsenmelidir.

Bilim ve uzay teknolojilerindeki gelişmelerle hızlı, güvenilir, güncel ve analiz edilebilir bilgiye ulaşmak çok daha kolaydır. Günümüzde arazi örtüsü/arazi kullanım değişimlerinin tespitinde uzaktan algılama (UA) ve coğrafi bilgi sistemlerinden (CBS) yararlanılmaktadır. UA ve CBS, arazi örtüsü/arazi kullanımı değişimlerinin gözlemlenmesinde başvurulan en etkili yöntemlerdendir. UA ve CBS’nin birlikte entegrasyonu, birçok yer bilimi çalışmalarına kaynak sağlayan arazi örtüsü/arazi kullanımlarının tespiti, zamansal ve mekânsal değişikliklerin gözlemlenmesi, planlanması ve yönetiminde de büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Nitekim Yaseen ve Dilovan Ramadhan (2019), Irak’ın Zakho şehrinin 1987-2017 yılları arası arazi örtüsü/arazi kullanımındaki zamansal ve mekânsal değişimi, 1989 yılı Landsat Thematic Mapper (TM) ve 2017 yılı Landsat Operational Land Imager (OLI) uydu görüntüleri ile izlemiş olduğu bu çalışmada, tarım alanları, inşaat alanları, kayalık araziler, toprak arazisi ve su kütlelerinde artışlar olduğunu, diğer taraftan ormanlar ve otlak alanlarda ise azalmalar olduğunu gözlemlemiştir.

Türkiye’de de UA ve CBS tekniklerini kullanarak arazi örtüsü/arazi kullanımındaki değişimi inceleyen birçok çalışma yapılmıştır (Dengiz ve ark., 2014; Kaya ve ark., 2020; Özdemir ve ark., 2003; Bulut ve ark., 2018; Canıberk ve ark., 2014; Gülersoy 2013; Gürbüz ve ark., 2012; Topaloğlu ve ark., 2013) Dengiz ve Demirağ Turan, (2014) uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerini kullanarak, Samsun ili Merkez İlçesinin 1984-2011 yılları arasındaki arazi örtüsü/arazi kullanımındaki zamansal değişimini belirledikleri bu çalışmada, 1984 yılı arazi kullanım türleri ile 2005 ve 2011 yıllarına ait uydu görüntülerini kullanarak belirledikleri arazi kullanım türlerini arazi kullanım kabiliyet sınıfları ile kıyaslamış ve bu kıyaslama sonucunda I., II. ve III. sınıf tarım arazilerinde nüfusun baskısıyla birlikte yerleşmeye açılmasının arttığını; 1984 yılında 24313.76 ha olan tarım arazisinin, 2005 yılında 10120.96 hektara, 2011 yılında ise 6960.69 hektara gerilediğini; buna karşılık 1984 yılında 1893.36 hektar olan tarım dışı arazilerin 2005 yılında 6301.662 hektara, 2011 yılında ise 7917.737 hektara yükseldiğini gözlemlemiştir. Benzer şekilde, Kaya ve ark., (2020) tarafından CORINE arazi örtüsü/arazi kullanım sınıflarının belirlendiği bu çalışmada, farklı konumsal çözünürlüğe sahip Landsat 8, Sentinel 2 ve Triplesat uydu görüntülerinin CORINE arazi kullanım/arazi örtüsü sınıflamasının birinci ve ikinci düzeylerinde dağılım haritaları oluşturulmuş ve yer gerçekleri ile



karşılaştırmaları yapılarak çalışma alanına ait kullanılan uydularda tarım alanlarının geniş yayılış gösterdiği ve ayrıca tarım ve orman alanlarının tarım dışı alanlar olarak dönüştüğü gözlemlenmiştir. Özelkan ve ark. (2018) uzaktan algılama ile kent alalarının tarım alaları üzerindeki baskısını incelemişlerdir. Kent alanlarındaki yayılmanın tarım arazileri üzerine yoğunlaştığı ve baskı yaptığı ve kentleşmedeki yayılma ile tarım alanları arasında yüksek bir negatif korelasyon olduğunu belirlemişlerdir.

Arazi örtüsü/arazi kullanımındaki sınıflandırmanın değişimi belirlemek için başka bir değerlendirme ise, Karar H. Fahad ve ark. (2020) tarafından Irak'ın Bağdad kentinin 1990-2018 yılları arasındaki arazi örtüsü/arazi kullanımının zamansal ve mekânsal değişimin gözlemlendiği bu çalışma olup, USGS'den (United States Geological Survey) temin edilen Landsat TM ve Landsat OLI-8 uydu görüntüleri sınıflandırılarak kentsel alanlar, su kütleleri, tarım alanları, çıplak araziler ve sulak alanlar olmak üzere 5 ayrı arazi örtüsü sınıfı oluşturulmuş ve bu arazi örtüsü sınıflarından kentsel alanlar ve toprak arazisinin sırasıyla %3 ve %20 oranında arttığını; tarım alanlarının, sulak alanların ve su kütlelerinin ise sırasıyla %5, %17 ve %1 oranında azaldığı gözlemlenmiştir. Sonam Wangyel Wang ve ark. (2020), uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerini kullanarak, Nepal'in Kathmandu şehrinin 1990-2010 yılları arasındaki arazi örtüsü/arazi kullanımındaki zamansal ve mekânsal değişimini belirlediği ve geleceğe yönelik tahminlerde bulunduğu bu çalışmada, Kathmandu bölgesindeki ormanların %9.28'inin, tarım alanlarının %9.8'nin ve su kütlelerinin ise %77'sinin kaybedildiğini gözlemlemiş bu veriler ışığında 2030 yılı arazi örtüsü/arazi kullanımındaki değişim eğilimlerine yönelik orman, tarım ve su kütlelerinde sırasıyla %14.43, %16.67 ve %25.83 oranında ek bir azalma ve kentsel alanlarda ise %18.55 oranında ek bir artış olacağı tahmininde bulunmuşlardır.

Türkiye'de bazı ovalar büyük ova koruma alanı olarak belirlenerek Bakanlar kurulunca kararlar yürürlüğe konulmuştur. Çarşamba Ovası'nın da içinde bulunduğu 141 ova ilgili tarımsal potansiyeli yüksek, ancak buna karşılık erozyon, kirlilik, arazinin amacına uygun kullanılmaması gibi çeşitli nedenlerle toprak kaybı ve arazi bozulmalarının önemli bir problem olduğu ovalar büyük ova koruma alanı olarak belirlenmiştir (Anonim, 2020a). Çarşamba ovasında geçmişten günümüze nüfusun artması ile arazi üzerindeki baskı da artmaktadır. Bu anlamda büyük ova koruma alanı içindeki bir ovanın geçmişten günümüze değişimin ve bu değişimin ne yönde olduğunun ortaya konması gelecekte alınacak önlemler bakımından önemlidir.

Bu çalışmanın amacı, Samsun ilinin doğusunda yer alan ve Karadeniz bölgesinin en önemli ovalarından birisini oluşturan Çarşamba Delta Ovası'nın arazi kullanım ve arazi örtüsünün yaklaşık otuz yıllık (1994–2020) süreçteki zamansal değişiminin uzaktan algılama tekniği kullanılarak belirlenmesi ve mevcut arazi kullanım ve arazi örtüsü hakkında bilgi verilmesidir.

## **Materyal ve Yöntem**

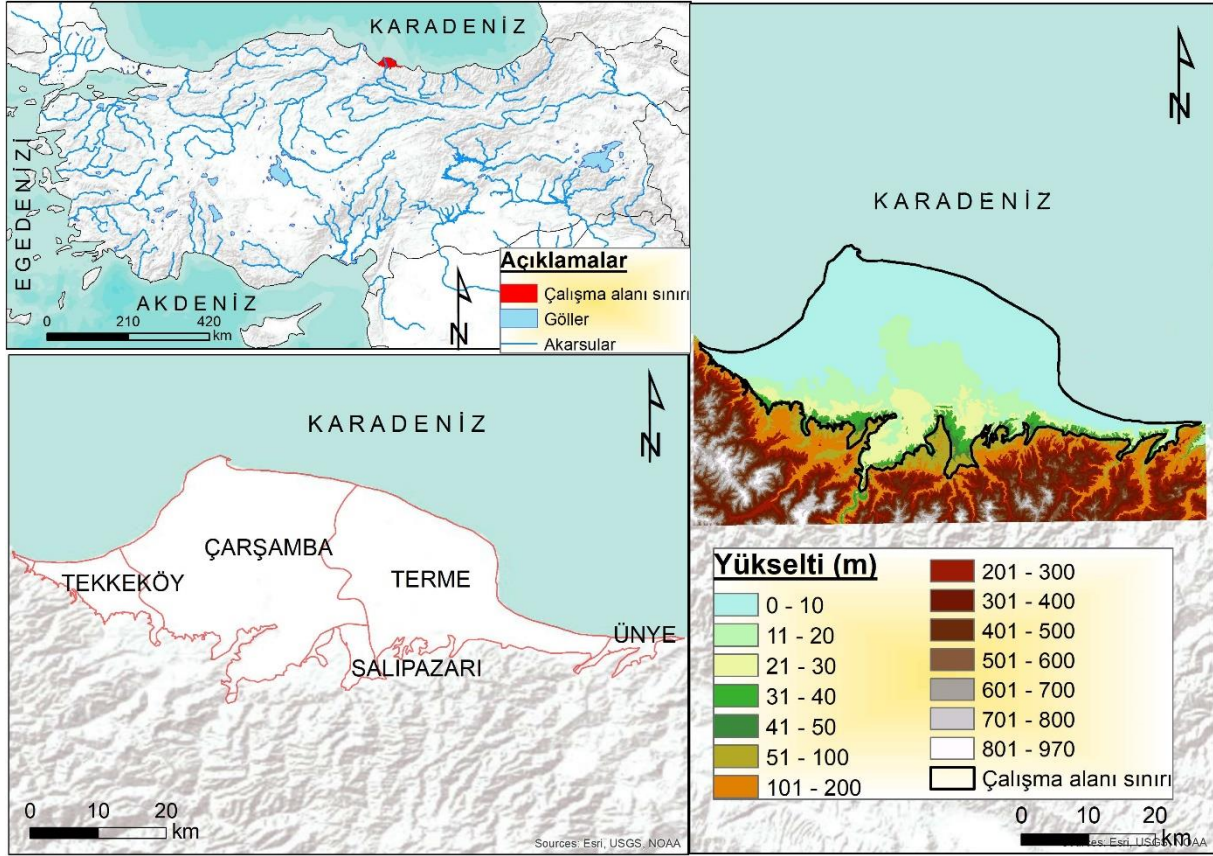
### **Çalışma alanının genel özellikleri**

Çalışma alanını Samsun ilinin doğusunda yer alan ve büyük çoğunluğunu Yeşil ırmağın getirmiş olduğu depozitler üzerinde dağılım gösteren Çarşamba delta ovası oluşturmaktadır. Ovada Samsun'un; Tekkeköy, Çarşamba, Terme, Salıpazarı ilçelerine ait sınırlar ile Ordu ilinin Ünye ilçesinin bir miktar sınırı yer almaktadır (Şekil 1). Ayrıca çalışma sahası 41° 03' 24"-41° 23' 12" kuzey paralelleri ile 36° 23' 11"-37° 16' 23" doğu meridyenleri koordinatları arasında kalır. Alan yaklaşık olarak 106561 ha'dır.

Ova tabanındaki yerlerde eğim değerleri ortalama %0.1 dir. Bu değer denize doğru yaklaştıkça %0.0–0.02 ye kadar düşer. Yeşilirmak bol alüvyon taşıdığı dönemde sığ şelf sahasında biriktirme yapmış ve günümüze dek birkaç kez yatak değiştirmiştir (Arınç, 2011). Bu nedenle kıyının hemen gerisi yarı bataklık görünümündedir. Bataklıklardaki su birikintileri yağışlı havalarda birer küçük göl karakteri gösterecek kadar büyüktür.

Yamaç arazilerde eğim %2–40 arasında değişmektedir. Deltanın güney kesimini Canik Dağları'nın kuzey yamaçları ile sınırlandırılmakta ve yaklaşık 50 m izohipsi oluşturmaktadır. Çalışma alanı içindeki 10 yıldan daha fazla verisi olan meteoroloji istasyonlarından yararlanılmıştır. Çarşamba Meydan (havaalanı) meteoroloji istasyonu verilerine göre uzun yıllık (2000-2020) ortalama sıcaklık 14.3 °C'dir. Uzun yıllık toplam yağış miktarı ise 843 mm'dir (MGM, 2020). Verimli alüviyal topraklara sahip Çarşamba Delta Ovası'nda yoğun olarak tarım yapılmaktadır. Tarımsal faaliyet

artıkça yerleşmeler açılmıştır. Sulak alanlarda kavak yetiştirilir. Ovada fındık, tütün, mısır, çeltik, sebze, ayçiçeği, soya ve meyve üretilir.



Şekil 1. Çalışma alanının lokasyon haritası.

Ova üzerinde dağılım gösteren ilçelerin 1965-2019 yılları arasında TÜİK verilerine göre nüfus özellikle Çarşamba, Terme, Tekkeköy ve Salıpazarı ilçelerinde 1965 yılında toplam 208083 kişinin yaşadığını, bu rakamın 2016 yılı itibarıyla 278179'a ve 2019 yılında 282961'e ulaştığını söyleyebiliriz (Anonim, 2020b). Çalışma alanında nüfus 2000 yılına kadar sürekli artmakta, 2000 yılından sonra ise bir miktar azalmaya olduğu ancak son yıllarda tekrar arttığını söylemek mümkündür (Çizelge 1). Nüfusun bu artışı da ova üzerindeki baskıyı gün geçtikçe arttırmaktadır.

Çizelge 1. Çalışma alanındaki ilçelere ait nüfus dağılımları (Anonim, 2020b).

İlçeler	Yıllar						
	1965	1975	1985	2000	2007	2016	2019
Tekkeköy	-	-	-	50.476	49.046	50.149	52.935
Çarşamba	129.425	153.266	175.829	131.194	136.343	137.739	138.544
Terme	79.405	96.411	103.344	82.608	74.833	71.577	71.492
Salıpazarı	-	-	-	25.113	20.986	18.714	19.990
Toplam Nüfus	208.083	249.677	279.173	289.391	281.208	278.179	282.961

## Yöntem

### Arazi kullanım arazi örtüsü zamansal değişim

Çalışma alanına ait 20.05.1994, 20.05.2000 ve 20.06.2011 tarihlerine ait 30m x 30m konumsal çözünürlüğe sahip Landsat (TM) uydu görüntüleri ile 11.05.2020 tarihine ait Landsat 8 OLI-TIRS uydu görüntüleri kullanılmıştır. Sınıflandırma işleminden önce her bir uydu görüntüsü için radyometrik, atmosferik ve geometrik düzeltme işlemleri ayrı ayrı yapılmış, kontrast artırma ve keskinleştirme gibi görüntü zenginleştirme işlemleri uygulanmıştır. 11.05.2020 tarihli Landsat 8 OLI-



TIRS uydu görüntüsünün çözünürlüğü Pan-Sharpening işlemi ile 30 m'den 15 m çözünürlüğe yükseltilmiştir. ENVI 5.3 programında her bir uydu görüntüsü için ayrı ayrı eğitim veri setleri hazırlanmış ve görüntüler eğitilmiş olarak sınıflandırılmıştır. Arazi çalışmalarında her bir sınıfa ait 40 adet olmak üzere toplam 240 adet referans nokta seçilmiş ve el GPS'i ile koordinatları kaydedilmiştir. Günümüzde en çok kabul gören sınıflandırma yöntemi En Yüksek Olasılık (Maximum Likelihood) yöntemidir (Ekercin, 2007). Bu nedenle bu çalışmada görüntüler eğitilmiş olarak sınıflandırılırken En Yüksek Olasılık (Maximum Likelihood) yöntemi kullanılmıştır. Maksimum benzerlik metodu uygulanarak sınıflandırılan görüntüden altı farklı (findık alanları, mera alanları, yapay yüzeyler, orman alanları, tarım alanları ve su alanları) sınıf oluşturulmuştur. Eğitilmiş sınıflandırma ve doğruluk analizi işlemlerinde ENVI 5.3v, haritalama işlemlerinde ise ArcGIS 10.5v programlarından faydalanılmıştır.

#### **Arazi örtüsü-arazi kullanımının zamansal değişimi**

Yapılan birçok çalışma, sınıflandırma sonrası değişimin belirlenmesi analizinin, aynı alana ait arazi örtü yoğunluğunda ve arazi kullanımının farklı zamanlarda meydana gelen değişikliklerin gözlemlenmesinde kullanılan en uygun yöntem olduğunu göstermiştir (Wickware ve Howarth 1981; Forkuo ve Frimpong, 2012; Woo ve Do, 2015). Sınıflandırma sonrası gerçekleştirilen değişimin belirlenmesi analiziyle, çalışma alanında meydana gelen arazi kullanımı/arazi örtüsü değişiklikleri tespit edilebilmekte ve dönüşüme uğrayan çalışma alanının yeni arazi kullanım türü belirlenebilmektedir. Bu çalışmada, eğitilmiş olarak sınıflandırılmış 20.05.1994, 20.05.2000, 11.06.2011 ve 11.05.2020 tarihlerine ait dört farklı Landsat uydu görüntüsü üzerinde sınıflandırma sonrası değişimin belirlenmesi algoritması kullanılarak, arazi kullanımı/arazi örtüsünde meydana gelen değişiklikler belirlenmiştir.

#### **Doğruluk analizi**

Uzaktan algılama veri ve tekniklerindeki hızlı gelişme kullanımlarının gittikçe yaygınlaşması, konumsal analizleri daha hızlı ve daha güçlü hale getirmiştir. Fakat artan konumsal heterojenlik, hata olasılıkların artmasına da neden olabilmektedir. Bu nedenle, uzaktan algılama verilerinden elde edilen haritaların doğruluğunun değerlendirilmesi, sınıflandırmayı gerçek arazi örtüsünü doğru bir şekilde yansıttığına inanılan referans verilerle karşılaştırma işlemi kritik ve önemli bir adımdır (Dağıstanlı ve ark., 2018).

Araştırma sahasına ait sınıflandırılmış her bir uydu görüntüsünün doğruluk analizleri en yaygın olarak kullanılan hata matrisi yöntemi (Fan ve ark., 2007) ile belirlenmiştir. Doğruluk analizi, araziden alınan referans noktaları ile kontrollü sınıflandırma yapılan haritayı istatistiksel olarak karşılaştıran yöntemdir. Sınıflandırma sonrası karşılaşılan hatalar, piksellerin yanlış sınıflara atanmasından dolayı meydana gelmektedir. Ayrıca, sınıflandırma sonrası doğruluk analizlerinde hata matrisi ile birçok hata ölçüsü oluşturulabilir. Kullanıcı doğruluğu, üretici doğruluğu ve genel doğruluktur en çok kullanılan hata ölçülerindedir (Yan, 2006). Kullanıcı doğruluğunun hesaplanmasında her bir sınıfa doğru olarak atanmış piksel sayısı, o kategoride sınıflandırılan toplam piksel sayısına bölünerek belirlenmiştir (Yan ve ark., 2006) (Eşitlik 1).

$$\text{Kullanıcı Doğruluk} = \frac{n_{ii}}{n_{ik}}$$

(1)

Burada;  $n_{ii}$ : sınıflandırılmış piksel ve  $n_{ik}$ : sınıflandırılan toplam piksel anlamına gelmektedir,

Üretici doğruluğu ise her bir sınıf için doğru olarak sınıflandırılmış piksel sayısının, o sınıf için seçilen gerçek örtü tipi örnekleme sayısı toplamına (sütun toplamı) bölünmesiyle hesaplanmıştır (Eşitlik 2).

$$\text{Üretici Doğruluk} = \frac{n_{ii}}{n_{ki}}$$

(2)

Burada;  $n_{ii}$ : Doğru olarak sınıflandırılmış piksel ve  $n_{ki}$ : o sınıf için seçilen gerçek örtü tipi örnekleme sayısı toplamı anlamına gelmektedir,

Bu iki değerden birinin 100'e yakın olurken diğerinin çok düşük olması ya da iki değerlerin de çok küçük olması seçilen oluşturulan eğitim setlerinin ya da kullanılan algoritmanın yeniden değerlendirilmesini gerektirebilir (Boyacı, 2012).

Genel doğruluk, her bir sınıf için doğru olarak sınıflandırılmış piksel sayısının, toplam referans piksel sayısına bölünmesi ile hesaplanmıştır (Eşitlik 3).





$$Doğruluk\ Yüzdesi = \frac{\sum_{k=1}^q n_{kk}}{n} \times 100$$

(3)

$n_{kk}$ : sınıflandırılmış piksel sayısı

$n$ : toplam referans piksel sayısı

Elde edilen sonuçlarda toplam doğruluk oranının % 80 ve üzerinde olması sınıflandırılmanın doğru ve güvenilir olduğunu göstermektedir (Koç ve Yener, 2001; Özdemir ve Özkan, 2003).

Sınıflandırma sonrası doğruluk analizlerinde kullanılan bir başka hata ölçütü ise kappa (k) değeridir. Kappa (k) doğruluk değerinin hesaplanmasında aşağıdaki formülden yararlanılmaktadır (Eşitlik 4);

$$K_{hat} = \frac{N \sum_{i=1}^R X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{i+} * X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{i+} * X_{+i})}$$

(4)

Bu eşitlikte kullanılan semboller aşağıdaki gibidir:

Bu eşitlikte kullanılan semboller:

$r$  : hata matrisindeki toplam satır sayısı,

$X_{ii}$ : i. satır ve sütundaki piksel sayısı,

$X_{i+}$ : i. satırdaki toplam piksel sayısı,

$N$  : matrisin tamamındaki piksel sayısı

Kappa değeri 0 ile 1 arasında bir değer alır. Bu değer 1'e yakın olması sınıflandırmanın doğru ve güvenilir olduğunu gösterir (Lillesand ve ark., 2008). Gözlemciler arası uyumu belirten k değeri aralıkları ise şöyledir:  $k: \leq 0.20$  ise önemsiz uyum,  $k: 0.21-0.40$  ise minimal uyum,  $k: 0.41-0.60$  ise orta derecede uyum,  $k: 0.61-0.80$  ise önemli derecede uyum,  $k: 0.81-1.00$  ise gözlemciler arasındaki uyumun tam olduğunu göstermektedir (Çelik, 2006).

Doğruluk analizlerinde dikkat edilmesi gereken hususlardan biri test alanlarının olabildiğince büyük ve homojen dağılıyor olmasıdır. İşlenmemiş veriden alınmış test pikselleri uzaktan algılanmış görüntü ile aynı tarihte alınmamış ise, değişiklikler olması nedeniyle sonuçlar tutarlı olmamaktadır. Ayrıca test alanları ve sınıflandırılmakta olan görüntü pikselleri arasındaki ölçek farkından dolayı sorunlar çıkabilir. Test pikselleri gerçeğine uygun şekilde olmalıdır. Bu nedenle hata matrisinden alınan doğruluklar bazı hatalı yorumlara sebep olabilir. Eğitimli sınıflandırma sonrasında gerçekleştirilen değişimin belirlenmesi analizi ise, aynı yerin farklı zamanlarına ait görüntüler arasındaki farklılıkların ölçülmesi, tanımlanması ve açıklanmasında başvurulan bir yöntemdir.

## Bulgular ve Tartışma

### Arazi kullanımı ve arazi örtüsündeki zamansal değişim

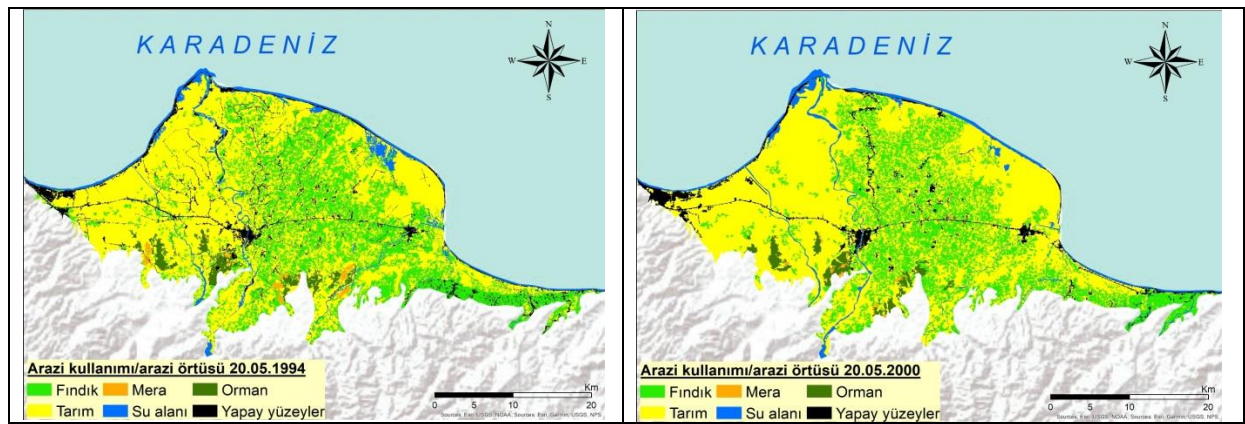
Bu çalışmada, 26 yıllık (1994-2020) süreç boyunca insan faaliyetlerinin Çarşamba Delta Ovası'nın arazi kullanım ve arazi örtüsünde üzerinde yapmış oldukları değişimin etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Alanda yaygın olarak bulunan altı farklı sınıf olan arazi kullanım ve arazi örtü çeşidi üzerinde durulmuş olup, 1994'den 2020 yılına kadar en geniş alanı özellikle ekilebilir tarım arazilerinin oluşturduğu görülmüştür (Çizelge 2). Ayrıca çalışma alanının yıllara ait arazi kullanımı arazi örtüsü dağılım haritaları Şekil 2'de verilmiştir. Ekilebilir tarım alanları toplam alanın 1994'de % 61.6, 2000 yılında %64.4 ve 2011 yılında ise %64.6'nı kısmın kaplamakta iken, 2020 yılında bu oran %45'e gerilemiştir. Çalışma sahasının eğimi ve yükseltisinin artış gösterdiği güney kesimleri az da olsa yer yer ormanların olduğu alanlar, 1994 yılında 2996 ha (%2.8) iken 2020 yılında bu miktarın %1.6'ya indiği belirlenmiştir. Ovada mera arazisi toplam alan içerisinde en az dağılıma sahip olan alan olup, 1994 yılında %0.7 düzeylerinden bir miktar daha azalarak 2020 yılında %0.2 dolayına kadar inmiştir. Ovada ikinci en geniş alanı kaplayan arazi kullanım arazi örtüsünü ise dikili tarım arazisi olarak da nitelendirilebilen fındık arazileri oluşturmaktadır. 2000 yılına kadar çoğunlukla ovanın sağ sahilinde yaygın olarak dağılım gösterirken, özellikle 2011 yılından sonra sol sahilin de yaygın olarak fındık alanlarıyla kaplandığı belirlenmiştir. Fındık alanları ova üzerinde 1994 yılından 2011 yılına

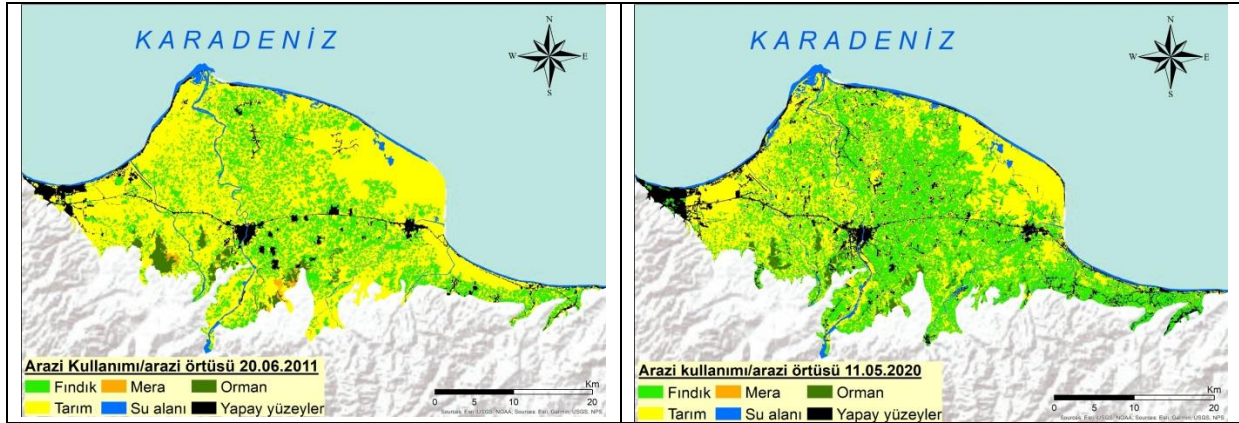
kadar toplam alanın yaklaşık dörtte biri (%25 civarında) kadar iken, bu oranın 2020 yılında %41'lere ulaştığı görülmektedir. Bu artışın gerek ova üzerindeki nüfus artışının etkisi sonucunda oluşabileceği 2002 yılına ait resmi gazetede yayımlanan “fındık üretiminin planlanması ve dikim alanlarının belirlenmesi ile fındık yerine alternatif ürün yetiştirmeyi tercih eden üreticilerin desteklenmesine dair esas ve usuller hakkında yönetmelik, no: 24637” kapsamında en az %6 eğim, III ve IV. Sınıf arazilerde ve maksimum 750 m yükseklikte yer alan araziler şeklindeki kriterlerin (Sarıoğlu ve ark, 2013), 2009 yılında kaldırılması ile fındık alanlarının ova üzerindeki yayılımının daha da arttığı düşünülmektedir.

Su alanlarında yaklaşık 30 yıllık süreç içerisindeki değişim çok az düzeylerde olup 1994’de toplam alanın %4.4’ünü kaplarken bu oran 2020 yılında % 4.0 dolaylarındadır. Ova üzerinde dağılım gösteren yerleşim yerleri, yollar, havaalanı, sanayi alanı gibi yerler yapay yüzeyler olarak ifade edilmiş olup bu yüzeyler 1994 yılında %5.7 dolayında iken 2000 yılında %4.3’e gerilemiş, 2011 yılında ise dağılım bir miktar artış göstermiş ve % 4.9’a ulaşmıştır. Fakat 2020 yılında ise bu oran %8.1’e yükselerek 8857 ha alana ulaşmıştır. Ova üzerinde 1965’li yıllardan 2000’li yıllara kadar nüfusta bir artış eğilimi görülürken (Çizelge 2), 2000 ile 2016 yılları arasında azalma eğiliminde olduğu fakat 2016’dan sonra 2019’a doğru tekrar bir artış olduğu görülmektedir. Bu durum özellikle yapay yüzeylerdeki 2011 yılından sonraki artış, alan üzerinde özellikle ekilebilir tarım, mera ve orman alanlarında azalmaya buna karşın fındık tarımına yönelme ile fındık arazilerinde artışa neden olmuştur.

Çizelge 2. Çarşamba Ovası’nda 1994, 2000, 2011 ve 2020 yıllarına ait arazi kullanım arazi örtüsünün alansal ve oransal dağılımlarının değişimleri.

AK/AÖ	1994		2000		2011		2020	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Fındık alanları	26354	24.7	26397	24.8	25669	24.1	43740	41.0
Mera alanları	741	0.7	254	0.2	526	0.5	120	0.2
Yapay alanlar	6081	5.7	4581	4.3	5215	4.9	8857	8.1
Orman alanları	2996	2.8	2213	2.1	2318	2.2	1665	1.6
Tarım alanları	65666	61.6	68624	64.4	68839	64.6	47971	45.0
Su yüzeyleri	4723	4.4	4492	4.2	3994	3.7	4308	4.0
Toplam	106561	100.0	106561	100.0	106561	100.0	106561	100.0





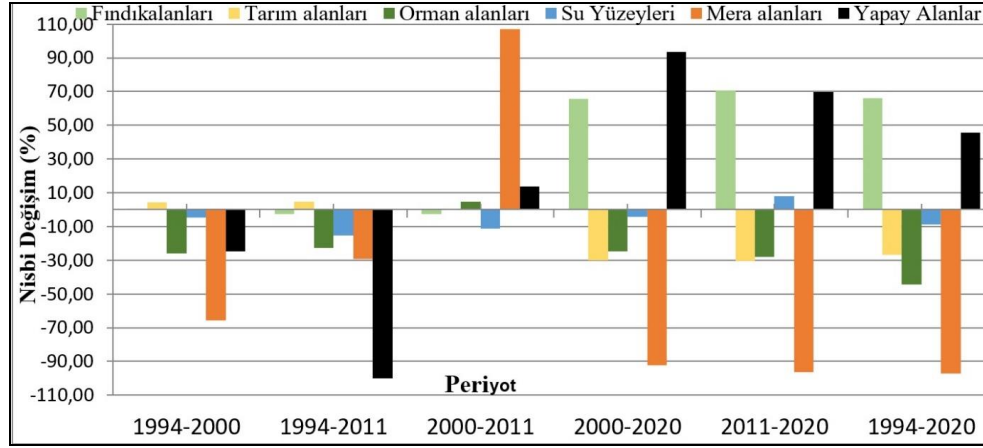
Şekil 2. Çarşamba Ovası'na ait farklı yıllardaki arazi kullanım ve arazi örtüsü dağılım haritaları

Rawat ve ark. (2014) UA ve CBS tekniklerini kullanarak arazi kullanımı/razi örtüsündeki değişimi belirledikleri çalışmada, 1990 ve 2010 yıllarına ait iki farklı Landsat uydu görüntüsünü kullanarak 20 yıllık zaman periyodundaki değişim miktarını belirlemişler ve uydu görüntülerini ERDAS 9.3v yazılımında maximum likelihood tekniğini kullanarak eğitimli olarak sınıflandırıp; çalışma alanına ait görüntüleri vejetasyon alanları, tarım arazileri, kıraç araziler, yerleşim alanları ve su kaynakları olmak üzere 5 farklı kategoriye ayırmışlardır. 20 yıllık zaman periyodunda vejetasyon ve yerleşim alanlarının sırasıyla %3.51 (9.39 km<sup>2</sup>) ve %3.55 (9.48 km<sup>2</sup>) arttığını; tarım arazileri, kıraç araziler ve su kaynakları sırasıyla %1.52 (4.06 km<sup>2</sup>), %5.46 (14.59 km<sup>2</sup>) ve %0.08 (0.22 km<sup>2</sup>) azaldığını gözlemlemişlerdir.

Abd El-Kawy ve ark. (2011) uzaktan algılama verilerini kullanarak, Batı Nil deltasının arazi kullanımı/razi örtüsündeki değişimi belirlemek üzere 1984, 1999, 2005 ve 2009 yıllarına ait Landsat uydu görüntülerini eğitimli olarak sınıflandırmış ve sınıflandırma sonucunda kıraç arazilerin 1984-1999, 1999-2005 ve 2005-2009 tarihli zaman periyotlarında sırasıyla yaklaşık %28, %14 ve %9'unun tarım arazilerine dönüştüğünü; bu arazi kullanımı/razi örtüsündeki değişimlere ek olarak da insan aktiviteleri sonucunda arazide bozulmalar meydana geldiği gözlemlemiş ve daha iyi bir arazi kullanımı/razi örtüsü yönetimi için politika önerilerinde bulunmuşlardır. Çalışma alanı için kullanılan dört farklı yıla ait görüntülerden elde edilen alansal dağılımların altı farklı eşleştirmedeki nisbi değişimleri Çizelge 3 ve Şekil 3'de verilmiştir. 1994 yılı ile 2000 yılı arasındaki 6 yıllık bir süreçte en fazla nisbi değişim mera alanlarındaki azalma olarak görülürken, % 4.51 ile tarım alanlarında ve yine fındık alanlarında da çok az bir artış görülmektedir. 17 yıllık bir süreçte (1994-2011) ise fındık alanlarında nisbi olarak %2.6'lık bir azalma varken bu oran yapay alanlarda %100'e ulaşmaktadır. Tarım alanlarında ise nisbi olarak bir miktar artış devam etmektedir. Fındık alanlarının ova içerisinde nisbi oranda en çarpıcı artışının ise 2000 ile 2020 yılları arasında olduğu görülmektedir ki bu durum ekilebilir tarım alanlarında, orman alanlarında ve mera alanlarında azalış olarak görülmektedir. Son olarak 26 yıllık süreç içerisinde (1994-2020) Çarşamba Ovası'nda meydana gelen arazi örtüsü arazi kullanım türlerindeki değişim itibarıyla, en fazla alansal artış fındık alanları ve sonrasında yapay yüzeyler üzerinde olmuştur. En fazla nisbi azalış dağılımının ise %97.3 ile mera alanlarında olduğu ve mera alanlarını sırasıyla orman ve tarım alanlarının izlediği gözlemlenmiştir.

Çizelge 3. Arazi kullanım türlerinin yıllara göre oransal değişimi

Arazi Kullanım Türleri	Nisbi değişim (%)					
	1994-2000	1994-2011	2000-2011	2000-2020	2011-2020	1994-2020
Fındık alanları	0.16	-2.60	-2.76	65.70	70.40	65.97
Tarım alanları	4.51	4.83	0.31	-30.10	-30.31	-26.95
Orman alanları	-26.14	-22.64	4.74	-24.74	-28.15	-44.42
Su yüzeyleri	-4.90	-15.44	-11.09	-4.11	7.85	-8.80
Mera alanları	-65.74	-29.05	107.09	-92.20	-96.24	-97.33
Yapay alanlar	-24.66	-100.00	13.84	93.35	69.84	45.66



Şekil 3. Arazi kullanım türlerinin 6 farklı periyottaki nisbi değişimleri

### Doğruluk analizi sonuçları

Çalışma alanına ait 20.05.1994, 20.05.2000 ve 20.06.2011 tarihli Landsat (TM) uydu görüntüleri ile 11.05.2020 tarihli Landsat-8 OLI uydu görüntüsü kullanılarak arazi kullanımının belirlenmesine yönelik yapılan doğruluk analizleri, araziden alınmış 240 adet yer kontrol noktaları belirlenmiştir. Her bir uydu görüntüsünün sınıflama sonrası elde edilen doğruluk analiz sonuçları Çizelge 4’ de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 20.05.1994 tarihli uydu görüntüsünde % 85.46 doğruluğa ulaşılmış ve çıkarımlar da bulunulmuştur. Bu değere göre sınıflandırmanın doğru ve güvenilir şekilde yorumlanmaktadır (Koç ve Yener, 2001; Özdemir ve Özkan, 2003). Ayrıca 0.82 kappa değeri, gözlemciler arasındaki uyumun tam olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4. Her bir uydu görüntüsünün sınıflandırma sonrası elde edilen doğruluk analiz sonuçları

20.05.1994 (%) Genel Doğruluk = % 85.46 Kappa Değeri = 0.82								
Sınıf	Fındık	Mera	Orman	Su alanı	Tarım	Yapay yüzeyler	Üretici Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu
Fındık	79.16	2.54	3.83	0.6	0.0	5.22	79.16	89.42
Mera	1.15	87.2	0.13	4.83	8.51	8.63	87.2	78.14
Orman	18.45	0	95.41	4.23	0.0	0.36	95.41	76.95
Su alanı	0.29	0.85	0.13	87.01	0.0	2.19	87.01	95.21
Tarım	0.38	7.49	0.0	0.91	88.53	6.32	88.53	87.83
Yapay yüzeyler	0.57	1.93	0.51	2.42	2.97	77.28	77.28	89.83
Toplam	100	100	100	100	100	100		
20.05.2000 (%) Genel Doğruluk = % 86.02 Kappa Değeri = 0.83								
Fındık	86.93	0.75	7.07	0	1.37	1.81	86.93	88.41
Mera	0.12	83.19	0.47	15.2	3.74	0.65	83.19	81.45
Orman	10.79	0.5	92.46	0.61	0	0	92.46	88.9
Su alanı	0	11.92	0	80.85	0.09	0.26	80.85	84.44
Tarım	1.56	2.76	0	2.74	89.14	16.39	89.14	84.44
Yapay yüzeyler	0.6	0.88	0	0.61	5.66	80.9	80.9	88.94
Toplam	100	100	100	100	100	100		
20.06.2011 (%) Genel Doğruluk = % 85.55 Kappa Değeri = 0.82								
Fındık	93.99	3.59	1.1	0.39	2.92	0.55	93.99	93.89
Mera	1.76	81.61	3.04	7.77	9.93	6.73	81.61	74.35
Orman	2.59	2.73	95.58	1.17	0.15	0.27	95.58	92.89
Su alanı	1.14	3.59	0	86.99	1.02	0	86.99	91.24
Tarım	0.41	6.75	0.28	3.5	80.15	20.19	80.15	71.58
Yapay yüzeyler	0.1	1.72	0	0.19	5.84	72.25	72.25	90.69
Sütun Toplam	100	100	100	100	100	100		
11.05.2020 (%) Genel Doğruluk = % 91.45, Kappa Değeri = 0.89								
Fındık	88.26	5.38	1.41	0.37	0	0.31	88.26	92.2
Mera	5.98	84.53	0	0.25	3.41	12.16	84.53	78.13
Orman	1.92	0.22	98.59	0	0	0	98.59	98.24
Su alanı	0	0	0	97.03	0	0	97.03	100
Tarım	3.20	3.48	0	0.5	94.19	2.35	94.19	91.44
Yapay yüzeyler	0.64	6.39	0	1.86	2.4	85.19	85.19	89.1
Toplam	100	100	100	100	100	100		



Elde edilen sonuçlardan en yüksek kullanıcı doğruluğu % 95.21 su alanlarında çıkmıştır. Su alanlarından sonra yapay yüzeyler (%89.83), fındık (%89.42), tarım (%87.53), mera (%78.14) ve orman alanları (%76.95) gelmektedir. 20.05.2000 tarihli uydu görüntüsünde sınıflandırma sonuçları için % 86.02 doğruluğa ulaşılmış ve 0.83 kappa değeri ile gözlemciler arasındaki uyumun tam olduğu belirlenmiştir. Bu dönemki sonuçlarda da kullanıcı doğruluğu % 88.94 ile yapay yüzeylerde en yüksek değer elde edilmiştir.

Yapay yüzeyleri sırasıyla; orman (%88.9), su alanı (%84.44), tarım (%84.44), fındık (%88.41) ve mera alanları (%81.45) izlemiştir. Genel sınıflama doğruluğu % 85.55 ve kappa duyarlılığı 0.82 olan 20.06.2011 tarihli uydu görüntüsünde en yüksek kullanıcı doğruluğu % 93.89 ile fındık alanlarından elde edilmiştir. Fındık alanlarını sırasıyla; orman (%92.89), su alanı (%91.24), yapay yüzeyler (%90.69), mera (%74.35) ve tarım alanları (%71.58) izlemiştir. 11.05.2020 tarihli uydu görüntüsünde kontrollü sınıflandırmada % 91.45 doğruluk belirlenmiş ve kappa 0.89 ile gözlemcilerin uyumlu olduğu görülmüştür. Görüntüdeki % 100 ile su alanlarından en iyi kullanıcı doğruluğuna ulaşılmıştır. Su alanlarını sırasıyla; orman (%98.24), fındık (%92.2), tarım (%91.44), yapay yüzeyler (%89.1) ve mera alanlarının (%78.13) izlediği gözlemlenmiştir.

### Sonuç

Gerçekleştirilen bu çalışma ile Orta Karadeniz Bölgesi'nin en önemli ovalarından biri olan Çarşamba Delta Ovası'nın yaklaşık 10'ar yıllık ara ile dört farklı tarihe ait Landsat uydu görüntüsü kullanılarak yaklaşık son otuz yıllık (1994-2020) süreç içerisindeki altı farklı arazi kullanım ve arazi örtüsünde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Uydu görüntülerine ait sınıflandırmaların doğruluk oranlarında %85'in üzerinde bir oran elde edilmiştir. Ovada en fazla yayılım alanına sahip alanları ekilebilir tarım arazileri oluştururken, en az dağılma sahip alanları mera alanları oluşturmaktadır. Değişimlerin karakteristikleri irdelendiğinde, 1994 ile 2011 yılları arasındaki en fazla değişim mera ve orman alanlarında olurken, özellikle son on yıllık süreçte yapay alanlar ve fındık arazilerindeki artış, mera alanlarındaki azalış dikkat çekmektedir. Bu değişim üzerinde ovada yer alan ilçelerdeki nüfus artışının da etkili olduğu söylenebilir.

Çalışmanın sonuçları, Samsun Çarşamba Delta Ovası'nın yaklaşık son otuz yıllık süreçte yapay alanlar ve fındık arazilerine odaklı arazi örtüsü arazi kullanım değişiminin çok daha fazla olduğunu ortaya çıkarmıştır. Elde edilen çalışmaya ait bulgularının ve uygulanan yaklaşımın, kısa süreç içerisinde güvenilir ve doğru bir biçimde zamana bağlı değişimleri belirleyebilmede, yetkililerin ve karar vericilerin yönetsel faaliyetlerinde en önemli altlık olarak kullanılabilir mekânsal verisinin zamansal boyutu ile değerlendirilmiş olması önemli bir kaynak olabileceği düşünülmektedir. Çalışmanın gelecekte daha yüksek mekânsal, zamansal ve spektral çözünürlüğe sahip uydu verileri ile farklı zamanlar kullanılarak geliştirilmesi önerilebilir.

### Kaynaklar

- Abd El-Kawy, O.R., Rød, J.K., Ismail, H.A., Suliman, A.S. 2011. Land use and land cover change detection in the Western Nile Delta of Egypt using remote sensing data. April 2011. Applied Geography 31(2):483-494.
- Agarwal, C., Green, G.L., Grove, M., Evans, T., Schweik, C. 2001. A Review and Assessment of Land-Use Change Models Dynamics of Space, Time, and Human Choice. Gen. Tech. Rep. NE-297. Newton Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station. 61 p.
- Anonim, 2020a. Bakanlar kurulu kararı. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/01/20170121M1.pdf>. Erişim Tarihi: 30.12.2020.
- Anonim, 2020b. Nüfus ve demografi İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=nufus-ve-demografi-109&dil=1>. Erişim Tarihi: 20.12.2020.
- Arınc, K. 2011. Türkiye'nin Kıyı Bölgeleri, Biyosfer Araştırmaları Merkezi, Coğrafya Araştırmaları Serisi: 102, Eser Ofset Matbaacılık, Erzurum.
- Boyacı, D. 2012. CBS-uzaktan algılama entegrasyonu ve örnek uygulama: Uydu görüntülerinden detay ve otomatik Öznitelik tespiti. Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.



- Bulut, H., Demirör, Z., Alan, İ., Kaya, Ş., Bilgin, N., Öztaş, Z., Gürçayır, E., Darende, V., 2018. 2018 Yılı İzmir Meteorolojik Radar Verilerinin Zamansal ve CORINE Arazi Sınıflarına Göre Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Analizi. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Yazılım Geliştirme Şube Müdürlüğü, Ankara.
- Cangir, C., Kapur, S., Boyraz, D., Akça, E. 1998. Türkiye’de arazi kullanımı, tarım topraklarının sorunları ve optimum arazi kullanım politikaları. M. Şefik Yeşilsoy International Symposium on Arid Region Soil, Menemen, İzmir, Turkey.
- Canberk, M., Kiracı, A.C. 2014. Arazi kullanımının zamansal değişiminin tarihi ortofotolarla belirlenmesi: Elmalı havzası örneği. 5. Uzaktan Algılama-CBS sempozyumu, 14-17 Ekim 2014, İstanbul.
- Çelik, H. 2006. İstanbul Sarıyer ilçesine ait uzaktan algılama uydu verileri ile mekansal veri analizleri. Yüksek lisans tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Dağistanlı, C., Demirağ Turan, İ., Dengiz, O. 2018. Evaluation of the suitability of sites for outdoor recreation using a multi-criteria assessment model. *Arabian Journal of Geosciences*.11:492.
- Dengiz, O., Turan, İ.D. 2014. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistem teknikleri kullanılarak arazi örtüsü / arazi kullanımını zamansal değişiminin belirlenmesi: Samsun Merkez ilçesi örneği (1984-2011). *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*. 1(1): 78-90.
- Dengiz, O., Usul, M., Keçeci, M. 2006. Atatürk orman çiftliği arazilerinin tarımsal kullanım durumlarının değerlendirilmesi. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*. 21(1): 55- 64.
- Ekercin, S. 2007. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri entegrasyonu ile Tuz Gölü ve yakın çevresinin zamana bağlı değişimi. Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Erle, E., Pontius R. 2007. "Landuse and landcover change." In: *Encyclopedia of Earth*. Eds. Cutler J. Cleveland (Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment).
- Fahad K.H., Hussein S., Dibs H. 2020. Spatial-temporal analysis of land use and land cover change detection using remote sensing and gis techniques. conference: iop conference series: materials science and engineering. 671(1).
- Fan, F., Weng, Q., Wang, Y. 2007. Land use land cover change in Guangzhou, China, from 1998 to 2003, based on Landsat TM/ETM+ imagery. *Sensors*. 7:1323–1342.
- Foley, J.A., Defries, R.S., Asner, G.P., Barford, C.C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin III, F.S., Coe, M.T., Daily, G.C., Gibbs, H., Helkowski, J.H., Holloway, T., Howard, E.A., Kucharik, C.J., Monfreda, C., Patz, J., Prentice, I.C., Ramankutty, N., Snyder, P.K. 2005. Global Consequences of Land Use. *August 2005. Science*. 309(5734):570-4.
- Forkuo, E. K., Frimpong, A. 2012. Analysis of forest cover change detection. *International Journal of Remote Sensing Applications*. 2(4): 82–92.
- Gibbard, S., Caldeira, K., Bala G., Phillips, T.J., Wickett, M. 2005. Climate effects of global land cover change. *Geophysical Research Letters*, (32):23705.
- Gülersoy, A.E. 2008. Bakırçay Havzası’nda doğal ortam koşulları ile arazi kullanımı arasındaki ilişkiler. Yayımlanmamış Doktora Tezi, D.E.Ü. Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Gülersoy, A.E. 2013. Farklı uzaktan algılama teknikleri kullanılarak arazi örtüsü/kullanımında meydana gelen değişimlerin incelenmesi: Manisa Merkez İlçesi Örneği (1986-2010). *Turkish Studies Academic Journal*. 8: 1915-1934.
- Gürbüz, M., Denizdurduran, M., Karabulut, M., Kızılelma, Y. 2012. Uzaktan algılama ve CBS kullanarak Elbistan Ovasında arazi kullanımı/arazi örtüsünde meydana gelen değişimlerin incelenmesi. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 30-37.
- Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Nogue, M., van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K., Johnson, C.A. 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.
- Kaya, N.S., Turan, İ.D., Dengiz, O., Saygın, F. 2020. Farklı Konumsal Çözünürlüğe Sahip Uydu Görüntüleri Kullanarak CORINE Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Sınıflarının Belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi - Turkish Journal of Agricultural Research*. 7(2): 207-218.
- Koç, A., Yener, H., 2001. Uzaktan algılama verileriyle İstanbul çevresi ormanlarının alansal ve yapısal değişikliklerinin saptanması. *İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*. Seri A, 51(2): 17-36.
- Lambin, E.F., Geist, H.J., Lepers, E. 2003. Dynamics of Land-Use and Land-Cover Change in Tropical Regions. *Annual Review of Environment and Resources*, Vol. 28: 205-241.
- Lambin, E.F., Turner, B.L., Geista, H.J., Agbolac, S.B., Angelsen, A., Bruce, J.W., Coomes, O.T., Dirzog, R., Fischer, G., Folke, C., George, P.S., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Lin, X., Morano, E.F., Mortimore, M., Ramakrishnan, P.S., Richards, J.F., Skanes, H., Steffent, W., Stone, G.D., Svedin, U., Veldkamp, T.A., Vogel, C., Xuy, J. 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*. 11: 261–269.



- Lillesand, T., Kiefer, R., and J. Chipman, 2008. *Remote Sensing and Image Interpretation*, 6th ed., New York, NY: John Wiley & Sons, 756 p.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM). 2020. Çarşamba Meydan istasyonu meteorolojik verileri.
- Özdemir, İ., Özkan, Y.U. 2003. Armutlu Orman İşletme Şefliği'ndeki orman alanlarındaki değişimin LANDSAT uydu görüntülerinin kullanılarak değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi. 1: 55-66.
- Özelkan, E., Sağlık, A., Sümer, S.K., Bedir, M., Kelkit, A. 2018. Kentleşmenin tarım alanları üzerine etkisinin uzaktan algılama ile incelenmesi – Çanakkale Örneği, ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi. (COMU J. Agric. Fac.). 6 (1): 123–134.
- Pielke, P.A., Marland, S.G., Betts, R.A., Chase, T.N., Eastman, J.L., Niles, J.O., Niyogi, D.D.S., Running, S.W. 2002. The influence of land-use change and landscape dynamics on the climate system: Relevance to climatechange policy beyond the radiative effect of greenhouse gases. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A.* 360: 1705-1719.
- Pimm, S.L., Raven, P. 2000. Biodiversity - Extinction by numbers, *Nature.* 403(6772): 843-5.
- Rawat, J.S., Kumar, M., Biswas, V., 2014. Land use/cover dynamics using multi- temporal satellite imagery: a case study of Haldwani Town area, district Nainital, Uttarakhand, India. *Inter. Journal of Geomtry and Geosciences*, 4 (3): 536-543.
- Sala, O.E., III Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E.L., Bloomfield, J., Huenneke, L., Jackson, R.B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L., Sykes, M.T., Walker, B., Walker, M., Wall, D.H. 2000. Biodiversity: global biodiversity scenarios for the year 2100, *Science.* 287(5459):1770-1774.
- Sanderson, E.W., Jaiteh, M., Levy M. A., Redford, K.H., Wannebo, A.V., Woolmer, G. 2002. The human footprint and the last of the wild: the human footprint is a global map of human influence on the land surface, which suggests that human beings are stewards of nature, whether we like it or not *BioScience.* 52(10): 891–904.
- Sarıoğlu, F.E., Saygın, F., Balcı, G., Dengiz, O., Demirsoy, H. 2013. Determination of potential hazelnut plantation areas based GIS model case study: Samsun city of central Black Sea region. *Eurasian Journal of Soil Science.* 2 (1): 12-18.
- Tilman, D.A., Reich, P.B., Knops, J.M.H., Wedin, D.A., Mielke, T., Lehman, C.L. 2001. Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. *Science.* 294(5543): 843-5.
- Topaloğlu, R.H., Ekercin, S. 2013. Coğrafi bilgi sistemi ve uzaktan algılama entegrasyonu ile konya kapalı havzası'nda arazi örtüsü/kullanımı zamansal değişimlerinin belirlenmesi. TMMOB Coğrafi Bilgi Sitemleri Kongresi, 11-13 Kasım 2013, Ankara.
- Vitousek, P.M., Mooney, H.A., Lubchenco, J., Melillo, J.M., 1997. Human domination of earth's ecosystems. *Science.* 277.
- Wang, S.W., Gebru, B.M., Lamchin, M., Kayastha, R.B., Lee, W.K., 2020. Land use and land cover change detection and prediction in the kathmandu district of nepal using remote sensing and GIS. *Sustainability.* 12, 3925.
- Wickware, G. M., Howarth, P. J. 1981. Change detection in the Peace-Athabasca delta using digital Landsat data. *Remote Sensing of Environment.* 1, 9–25.
- Woo, D. M., Do, V. D., 2015. Post-classification change detection of high resolution satellite images using AdaBoost classifier. *Advanced Science and Technology Letters.* 117: 34–38.
- Yan, G., Mas, J.F., Maathuis, B.H., Xiangmin, Z., Van Dijk, P. M. 2006. Comparison of pixelbased and object-oriented image classification approaches-a case study in a coal fire area, Wuda, Inner Mongolia, China.
- Yaseen T.M., Dilovan Ramadhan, İ. 2019. Land use land cover change in zakho district, kurdistan region, iraq: past, current and future. conference: 2019 International Conference on Advanced Science and Engineering (ICOASE).



Araştırma Makalesi/Research Article

## Effects of Different Soil Conditioners on Water Use Efficiency and Tomato Plant Growth in Loam and Clay Loam Soils

Nurten İşler\*  Yasemin Kavdır 

Çanakkale Onsekiz Mart University, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Faculty of Agriculture, Çanakkale, Turkey.

\*Corresponding author: nurtenisler83@gmail.com

Geliş Tarihi: 08.04.2021

Kabul Tarihi: 26.05.2021

### Abstract

Experiment was consisted of two different soil textures (clay loam and loam), four treatments (8% olive pomace compost, 4% perlite, 0.12% hydrophilic polymers and control) with three replications. Tomato (*Lycopersicon lycopersicum* L.) seedlings were transferred to each pot and plants were grown under controlled atmosphere conditions. Effects of different soil conditioners on plant water use efficiency and tomato plant growth were determined. As a result, olive pomace compost applications to loam soil saved irrigation water 45.12%, 42.99% and 38.88% compared to control, perlite and hydrophilic polymers treatments respectively. On the other hand, hydrophilic polymers treatments saved irrigation water 17.82%, 46.76% and 27.29% compared to control, perlite and olive pomace compost treatments respectively for clay loam soil. Soil pH decreased and electrical conductivity (EC) increased for both soils after the experiment. The highest soil EC value was detected with the application of olive pomace compost. Perlite application increased plant fresh weight and length while olive pomace compost increased branch numbers of tomato for clay loam soil. Root length and surface areas were maximum under olive pomace compost applications for both soils.

**Keywords:** Soil conditioner, water use efficiency, tomato, olive pomace compost, hydrophilic polymers

### Farklı Toprak Düzenleyicilerin Tın ve Killi Tın Topraklarda Su Kullanım Randımanına ve Domates Bitkisinin Büyümesine Etkileri

#### Öz

Bu çalışma iki farklı tekstür (tın ve killi tın), dört farklı uygulama (kontrol, % 8 pirina kompostu, % 4 perlit ve % 0.12 su tutucu polimer) ve üç tekrardan oluşmaktadır. Bitki büyüme odasında yürütülen bu çalışmada, toprak düzenleyicilerin toprak nemine, bazı toprak özelliklerine ve domates bitkisinin (*Lycopersicon lycopersicum* L.) bazı bitkisel özelliklerine etkileri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, tınlı toprakta pirina kompostu uygulamasına kontrol, perlit ve su tutucu polimer uygulamalarına göre sırasıyla % 45.12, % 42.94 ve % 38.88 oranında daha az sulama suyu verilmiştir. Killi tın toprakta ise su tutucu polimer uygulaması ile kontrol, perlit ve pirina kompostu uygulamalarına göre sırasıyla % 17.82, % 46.76 ve pirina % 27.29 oranında daha az sulama suyu verilmiştir. Deneme sonunda her iki toprakta da pH düşmüş ve elektriksel iletkenlik (EC) artmıştır. En yüksek EC pirina kompostu uygulamasında bulunmuştur. Killi tın toprakta en fazla bitki yaş ağırlığı ve bitki boyu perlit uygulamasında, en fazla bitki dal sayısı pirina kompostu uygulamasında bulunmuştur. Her iki toprakta da en fazla kök uzunluğu ve kök alanı pirina kompostu uygulamasında olmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Toprak düzenleyici, su kullanım randımanı, domates, pirina kompostu, su tutucu polimerler

#### Introduction

Drought has been dramatically increasing across the worldwide and therefore water must be used more efficiently. Adding certain organic substances and soil conditioners particularly into sandy soils with low aggregate stability and water holding capacity improves the water retention capacity of such soils (Brady and Weil, 2008). There are many types of organic or inorganic substances available that may be used to regulate soil water properties. However; these substances should not be harmful to environment and plant development. Perlite and hydrophilic polymers are inorganic soil conditioners and they are widely available in markets. Perlite is a volcanic glass containing more than 1% water. and it softens when it reaches temperatures of 800-900 °C. Perlit's volume increases about 20 times of its original volume to create an expanded and porous material when it is heated rapidly (Yurkov and





Aksel'rod, 2005) Initial research on synthetic polymers showed great promise in improving soil aggregation, soil water holding capacity and prevent erosion (Wallace and Wallace, 1986). Gel-forming, cross-linked polyacrylamides can be used to overcome short term or persistent drought which inhibits plant growth (Johnson, 1984). Hydrogels absorb and store water hundreds of times their own weight (Bowman and Evans, 1991). The uses of alternative water holding amendments and irrigation methods will become more important, especially in regions have water scarcity on the other hand they are too expensive for widespread use (Wallace and Wallace, 1986). The correct use of hydrophilic polymers has great importance for agricultural production especially under drought and semi-drought climates because it diminishes the negative effects of water-scarcity (Han et al., 2010). Direct use of olive pomace restricts the plant's development that is because phenol substances and organic fatty acids contained in the plant cannot transform into humic substances (Ilay et al., 2013). Therefore, olive pomace should be used in agriculture after making compost (Gonzalez et al., 1990; Kavdır and Killi, 2008) which is ecologically friendly soil conditioner and it can be used as a considerable source for increasing the carbon content in soil and improving soil aggregate stability (Kavdır and Killi, 2008). Addition of olive pomace compost (OPC) to sandy clay loam soil increased available water for plant growth and improved hydraulic characteristics of soils. Results suggest that OPC may also serve as effective organic conditioner to improve soil hydraulic properties (Killi et al., 2014).

The fact that the ratio of water and air in the soil is within certain limits is very important in terms of normal development of the plants. For this reason, it is necessary to control the amount of water in the root zone and to determine irrigation amount accurately. Direct and indirect methods can be used to determine soil water contents. Using FDR sensor (Leib et al., 2003) does not require much labor, save time and can be placed at desired soil depth.

The aim of this research was to determine effects of different soil conditioners on soil properties (water contents, pH and electrical conductivity), tomato plant growth (the number of branches, plant height and fresh weights, plant water use efficiency, root parameters) and total irrigation water amount.

## Materials and Methods

### Properties of soils used in the study

Loam and clay loam soil samples were taken from 0-20 cm soil depths from Çanakkale Onsekiz Mart University-Dardanos Campus and Lapseki province in Çanakkale. Texture, pH, electrical conductivity (EC), field capacity, bulk density and wilting point of these soil samples are presented in Table 1.

Table 1. Some physical and chemical properties of soils

Soil	S and (%)	Si It (%)	C lay (%)	Texture	pH (1:2.5)	EC ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	Bulk density ( $\text{g cm}^{-3}$ )	Field Capacity PV (%)	Wilting Point PV (%)
Lapseki	4 9.95	2 8.51	2 1.54	L	8.0 5	115.8 0	1.42	33.74	15.08
Dardanos	3 5.82	2 4.91	3 9.27	CL	7.7 7	201.9 0	1.30	47.74	18.53

### Properties of olive pomace compost

The olive pomace compost (OPC) was prepared by using olive pomace (50%), 30% poultry manure, 10% alfalfa, 5% olive leaves, 5% soil and approximately 5 L of water was added in the composting bins. Some chemical parameters of the olive pomace compost areas follow; pH :8.83, EC: 2830 $\mu\text{S cm}^{-1}$ , C: 27.10%, N: 1.74%, C: N ratio: 15.57.

### Experimental design and planting

*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. H-2274 was selected as the tomato varieties. Peat was selected as the germination media. Three seeds were planted in each seedling pots and they were placed to incubator at 22°C for germination experiment. The seeds started to germinate eight days



after sowing. Soils were sieved through a 6mm-sieve and olive pomace compost (8% w/w), perlite (4%), and hydrophilic polymer (0.12%) were mixed with soils and placed in pots (3-L volume). Average size of OPC and perlites were 2 mm and between 2-4 mm respectively. Soil without any amendment was used as a control treatment and all treatments were replicated three times. Tomato seedlings were transplanted in the pots and then they were placed to growth chamber as a randomized block design. Plant growth chamber's temperatures were set between 24-27 °C and humidity's were between 70-75% during the experiment. Plants were grown for 27 days and then above ground parts of tomato plants were cut from soil surface and fresh weights were determined.

### Fertilization

Mono ammonium phosphate (MAP) and potassium sulphate (PS) fertilizer solutions were prepared in accordance with the ratios of 300 kg ha<sup>-1</sup> N, 150 kg ha<sup>-1</sup> P and 600 kg ha<sup>-1</sup> K. Fertilizer solutions were applied at planting and it was applied several times with the irrigation water during the experiment.

### Soil moisture data recording

Loam and clay loam soils were sieved through a 6 mm sieve and filled into 3000 cm<sup>3</sup>-pots. Previously their water content at saturated conditions and at field capacity were determined in order to calculate the quantity of the irrigation water (Table 2). The moisture change was measured with the help of FDR sensors. Moisture sensors were calibrated by adapting the technique recommended by Starr and Paltineanu (2002). Weight of pots including soil and water was recorded. FDR sensors were placed in soil vertically and calibrated for each soil texture and soil plus conditioners mixtures. The coefficient of determination (R<sup>2</sup>) was found to be over 0.90 for all treatments. The data measured by the sensors were stored by data recorders with hourly intervals. The stored data were transferred from the data recorders to the computer through USB connection (Demirel and Kavdır, 2013). Irrigation water quantity was determined by using the calibration data in accordance with the Equation (1). Inadequate amount was calculated by subtracting current moisture from field capacity (Table 2) value. Unit was converted from percentage to ml by using soil weights in the pots. The quantity of decreased water is determined with 5-day intervals in ml.

$$dn = FC - CM \quad (1)$$

In the equation; dn: net quantity of irrigation water (ml), FC: field capacity (%) CM: current moisture (%)

Table 2. Field capacity, wilting point and available water contents for loam and clay loam soil

Treatments	Field Capacity		Wilting Point		Available Water Content	
	PV (%)		PV (%)		PV (%)	
	Loam	Clay loam	Loam	Clay loam	Loam	Clay loam
Control	20.79	31.46	10.72	18.58	10.07	12.88
Perlite	23.93	30.26	13.70	19.47	10.23	10.79
Olive pomace compost	29.07	35.52	17.86	22.66	11.21	12.87
Hydrophilic polymer	22.99	34.16	12.17	19.49	10.82	14.67

PV: percent by volume

### Determination of evaporation

In order to determine evaporation, a certain amount of water was filled into an approximately 3000 cm<sup>3</sup> vessel and water height was measured every single day during the testing period; and the evaporation was determined according to the amount of water decreased.

### Soil analytical methods

Gravimetric water content was determined by the difference between moist weight and oven-dried (at 105 °C for 24 h) weights of soil samples. Soil pH was determined through the potentiometric measurement of the hydrogen ion concentration in 1:2.5 soil-water mixture with a pH meter (İnoLab, WTW); and the electrical conductivity through the electrical conductivity method with an EC meter (Crison CM-35) (Black, 1965). Compost pH and EC were measured in 1:10 compost-water mixture. Soil texture was determined using the hydrometer method (Gee and Bauder, 1986). Field capacity and wilting point determined with the help of pressure chambers (Soil Moisture Equipment Corp, USA). Field capacity value ranges between 10 kPa (Romano and Santini, 2002) and 33 kPa (Orfánus and Eitzinger, 2010) depending on soil texture.



### Plant measurements and analysis

The number of branches of tomato plants was determined by counting, Tomato plants were cut from the soil surface and the height was determined by measuring with a ruler.

### Root analytical methods

The roots were pulled and removed from soils. Roots were placed in a container filled with water and they were filtered through 0.163 mm sieve. This process has continued several times. Root parameters such as root length (cm) and root surface area (cm<sup>2</sup>) were determined in digitized root images using WinRhizo Basic 2007 (Regent Inst) program.

### Water use efficiency

Water use efficiency was calculated with the help of the equation 2.

$$WUE = PFW/QIWP \quad (2)$$

In the equation: WUE: Water Use Efficiency, PFW: Plant's Fresh Weight (g), QIWP: Quantity of Irrigation Water Provided (ml).

### Statistical analysis

Duncan test was conducted to provide significant differences ( $P < 0.05$ ) between pH, EC, quantity of irrigation water applied, tomato plant's fresh weight. Analysis was conducted by using SAS programme (SAS, 1999).

## Results and Discussion

### Effects of different soil conditioners on soil water

In this study, the coefficient of determination ( $R^2$ ) was found to be over 0.90 for all treatments. Cardenas-Lailhacar and Dukes (2010) reported the positive relation between the volumetric water content obtained from FDR sensors and the water content determined through the gravimetric method in their study. They found the average  $R^2$  value was 0.934 that was close to our data. Starr and Paltineanu (1998) reported that the correlation coefficient was 0.992 in their study. Fazackerley and Lawrence (2010), compared the amount of controlled irrigation water used under normal conditions and controlled irrigation water with the help of FDR sensors. They reported that they saved 47% of water as a result of the study.

Control soils received the highest amount of dn and followed by P, HP and OPC respectively (Table 3). The difference among treatments were found to be statistically significant in terms of dn for loam soil ( $P < 0.05$ ). Total quantity of irrigation water applied to the OPC treatment was significantly lower than other treatments. OPC treatment received 45.12%, 42.94% and 38.88% less irrigation water compared to control, P and HP treatments respectively. Conservation of soil moisture by application of OPC has also been reported by other researchers. Bouranis et al. (1995) reported that the water retention capacity of the soil mixed with the compost composed of olive oil waste water and olive oil solid waste would be two times more in comparison with pure soil. El-Asswad et al. (1993) mentioned that addition of oil cake significantly increased ( $p \leq 0.05$ ) the water retention of two sandy soils studied under all applied tensions. P treatment saved 3.83%, HP treatments saved 10.22% water compared to control treatment for loam soil. Effects of treatments for clay loam soil was found to be significant in terms of total dn applied ( $P < 0.05$ ) (Table 3). Total dn of P treatment was greater than dn of other treatments for clay loam soils. P treatment received 46.76%, 35.22% and 26.78% more water than HP, control and OPC treatments respectively (Table 3). Amendments of oversize fragments such as large granules of perlite will increase the air-filled porosity (Caron et al., 2005) and drainage. Evans and Gachukia (2007) mixed different ratios of perlite to rice hulls and when perlite ratio increased from 20% to 60% and water holding capacity reduced from 67.9% to 59.0%. HP treatment received the lowest quantity of irrigation water for clay loam soil. It saved 17.82%, 46.76% and 27.29% irrigation water compared to control, OPC and P respectively. The variations in hydrophilic polymers effects on soil water characteristics and plant growth changes according to type of hydrophilic polymers, plant types and soils (Akhter et al, 2004). Several studies (Abedi-Koupai and Asadkazemi, 2006; López-Elías et al., 2013; Yang et al., 2014; Mazen et al., 2013). have reported that applications of hydrophilic polymers increased soil water holding capacities.



Table 3. Quantity of irrigation water applied to loam and clay loam soil.

Treatments	Total irrigation water applied (ml)	
	Loam	Clay loam
Control	1374.80±113.85A	597.52±78.37B
Perlite	1322.23±78.50A	922.31±59.02A
Olive pomace compost	754.50±29.33B	675.37±24.17B
Hydrophilic polymer	1234.34±97.31A	491.08±117.36B

Differences between the averages specified with different capital letters in the same column are significant and they indicate the difference between treatments (n=3, P < 0.05).

### Effects of different soil conditioners on pH and EC of soils

Average pH and EC values were reported at Table 4. The differences among treatments for loam soil and clay loam soil were statistically significant (p<0.05). An initial pH value was 8.05 in loam soil (Table 1) and it ranged between 7.48-7.83 at the end of the experiment. In clay loam soil; the pH value was initially 7.77 (Table 1) and ranged between 7.52-7.69 at the end of the study. The reason of reduced pH could be the application of the acid-based MAP and PS fertilizers during the experiment. HP treatment had the lowest pH value among all treatments for loam soil while both HP treatment and OPC had the lowest pH value for clay loam soil (Table 4). The pH value of HP was neutral. Research on four different super-absorbent polymers (SAP) showed that the effects of SAPs on soil pH and EC were contrary (Bai et al. 2010). pH values of the P and OPC applied soils were similar to that of the control soil. Hachicha et al. (2006) reported that compost made of olive oil wastes and poultry manure did not have any adverse effects on soil pH value. The lowest pH value was obtained from the OPC treatment for clay loam soil (Table 4). Nektarios et al. (2011) reported decrease in pH value as the compost was mixed into the soil. An initial EC value of loam soil was 115.80  $\mu\text{S cm}^{-1}$  (Table 1) and it ranged between 437.50-878.33  $\mu\text{S cm}^{-1}$  and the initial EC value was 201.90  $\mu\text{S cm}^{-1}$  for clay loam soil (Table 1) and it ranged between 763.67-1475.33  $\mu\text{S cm}^{-1}$  at the end of the experiment. Application of soil conditioners increased EC values in both soil types (Table 4). On the other hand, EC values of both soil types classified as non-saline soil according to Richards' (1954). The highest EC value was observed in the OPC treatment (1475.33  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) and the lowest EC was in the P treatment (779.00  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) for loam soil. The results show that OPC decreased soil pH and increased EC at the end of the study. EC value of OPC was 2830  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , it is possible to conclude that EC value increased in either loam soil or clay loam soil subsequent to the treatment. Increase of soil EC after the addition of olive pomace and OPC were also reported by Kavdır and Killi (2008) and Ntoulas et al. (2011).

Table 4. Effects of different soil conditioners on soil pH and EC

Treatments	pH (1:2.5)		EC ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	
	Loam	Clay loam	Loam	Clay loam
Control	7.80±0.06A	7.67±0.05A	437.50±46.51B	763.67±30.33B
Perlite	7.83±0.07A	7.69±0.05A	476.33±94.66B	779.00±59.27B
Olive pomace compost	7.78±0.07A	7.52±0.09B	878.33±60.07A	1475.33±45.90A
Hydrophilic polymer	7.48±0.03B	7.56±0.07B	438.00±50.72 B	897.67±93.39B

Differences between the averages specified with different capital letters in the same column are significant and they indicate the difference between treatments (n=3, P < 0.05).

### Effects of different soil conditioners on plant growth and water use efficiency

Treatments did not have significant effect on brunch numbers, height (Table 5) and weight (Table 6) of tomato plants in loam soil on the other hand their effects were found significant in clay loam soil (P<0.05). Plant fresh weight and height were the greatest in P treatment (60.16 cm and 33.83 g respectively), the highest number of plant branches was found in the OPC (10.30) application in clay loam soil. However, the number of plant branches in P treatment is close to that of OPC treatment. Control soils had the lowest tomato fresh weight for both soil types. The highest tomato fresh weight was obtained from OPC treatment (23.16 g) while it was the lowest in control (10.14 g) treatment for



loam soil, but this values were not statistically significant ( $P < 0.05$ ) (Table 6). It is well known that additions of organic material to soils enhance plant growth. Cucci et al. (2008) applied 210 t ha<sup>-1</sup> olive pomace to soil and soil organic matter increased 84%. Montemurro et al. (2004) reported that applications of olive oil waste water and olive compost as an organic fertilizer increased rye-grass growth compared to unfertilized treatment. Co-composting products of olive oil processing wastewater and solid residue applied to soil 25% w w<sup>-1</sup> and plants grown in these mixtures were 1.52-8.5% times larger than those grown on a sandy loam soil (Bouranis et al., 1995). Evans and Gachukia (2004) reported that tomato plants grown in perlite and sphagnum peat mixture containing 20% to 40% perlite had significantly higher dry shoot weights than those grown in same amount of fresh rice hulls-sphagnum peat mixture. Papafotiou et al. (2005) were placed OPC, peat and perlite in pots by mixing in different ratios. They reported that OPC is effective in increasing the height of the *Ficus benjamina* L. plant. Ozenc and Ozkan (2003) investigated the effects of peat and perlite addition to soil on the development of the pepper plant under water stress. Peat and perlite increased pepper development compared to soil alone.

Water use efficiency (WUE) as affected by different soil amendments are presented in Table 6. There was a decrease in tomato fresh weight and WUE in the control treatment compared to other treatments. WUE was the highest in OPC (0.030 and 0.040 g ml<sup>-1</sup>) and the least in control (0.007 and 0.010 g ml<sup>-1</sup>) treatments for loam and clay loam soils (Table 6). P treatment has low water holding capacity therefore increasing the irrigation water can also improve plant growth under P treatment. Plant growth was enhanced by applications of OPC (Montemurro et al., 2004; Killi et al., 2014). Hydrophilic polymers did not effect on WUE thus López-Elías et al. (2013) observed no positive effects of polyacrylamide-based hydrophilic polymer (PAM) on WUE of plant.

Table 5. Plant branch number and plant height in different treatments

Treatments	Number of plant branches		Plant height (cm)	
	Loam	Clay loam	Loam	Clay loam
Control	8.00±0.00 A	8.0±0.00 B	42.50±8.50 A	36.83±5.73 B
Perlite	8.00±0.87 A	10.00±0.57 A	47.66±5.13 A	60.16±0.44 A
Olive pomace compost	8.60±0.33 A	10.30±0.66 A	50.83±3.09 A	47.66±5.13 B
Hydrophilic polymer	9.60±0.66 A	7.00±0.57 B	48.66±3.38 A	39.00±2.65 B

Differences between the averages specified with different capital letters in the same column are important and they indicate the difference between treatments (n=3, P < 0.05).

Table 6. Fresh weight and water use efficiency of tomatoe plants in different treatments

Treatments	Plants fresh weight (g)		Water use efficiency (g ml <sup>-1</sup> )	
	Loam	Clay loam	Loam	Clay loam
Control	10.14±1.99 A	6.25±1.06 B	0.007	0.010
Perlite	20.84±1.16 A	33.83±4.00 A	0.015	0.036
Olive pomace compost	23.16±5.97 A	26.64±5.45 A	0.030	0.040
Hydrophilic polymer	15.98±2.57 A	6.78±0.87 B	0.012	0.013

Differences between the averages specified with different capital letters in the same column are important and they indicate the difference between treatments (n=3, P < 0.05).

### Effects of different soil conditioners on plant root parameters

Effect of soil conditioners on tomato root length and root surface area was statistically significant for both soil types. The highest root length was recorded in OPC applied soils. OPC significantly increased root length in a loam (186%), and a clay loam (486%) soils. Similarly, OPC also significantly increased root surface area by 212% and 392% in a loam and clay loam soil

respectively (Table 7). Roots grown in HP treated soils showed the weakest development in a loam soil. Some researchers reported that hydrogel application reduced root and shoot growth of plants (Keever et al., 1989) and negatively affected plant growth (İşlek and Öztokat Kuzucu, 2018). In this research amended clay loam soil by OPC, P and HP enhanced plant root growth. OPC application increased root length by 5.9, 1.3, and 3.7 fold compared to control, P and HP treatments respectively, in a clay loam soil (Table 7). Killi et al (2014) also reported that root length and surface area increased with 8% OSWC application. OPC increased root surface area 3.1, 3.6, and 4.0-fold compared to control, P and HP treatments respectively in a loam soil.

Table 7. Plant root length and root area in different treatments

Treatments	Root length (cm)		Root surface area (cm <sup>2</sup> )	
	Loam	Clay loam	Loam	Clay loam
Control	469.80±87.26B	155.30±60.02B	41.07±3.50B	13.07±2.33C
P	469.30±105.42B	704.80±214.36BA	36.14 ±1.86B	38.30±4.39B
OPC	1345.40±404.53A	910.60±165.52A	128.28±0.92A	64.38±1.78A
HP	247.70±22.56B	247.70±22.56B	31.72±2.57B	23.53±2.89CB

Differences between the averages specified with different capital letters in the same column are important and they indicate the difference between treatments (n=3, P < 0.05).

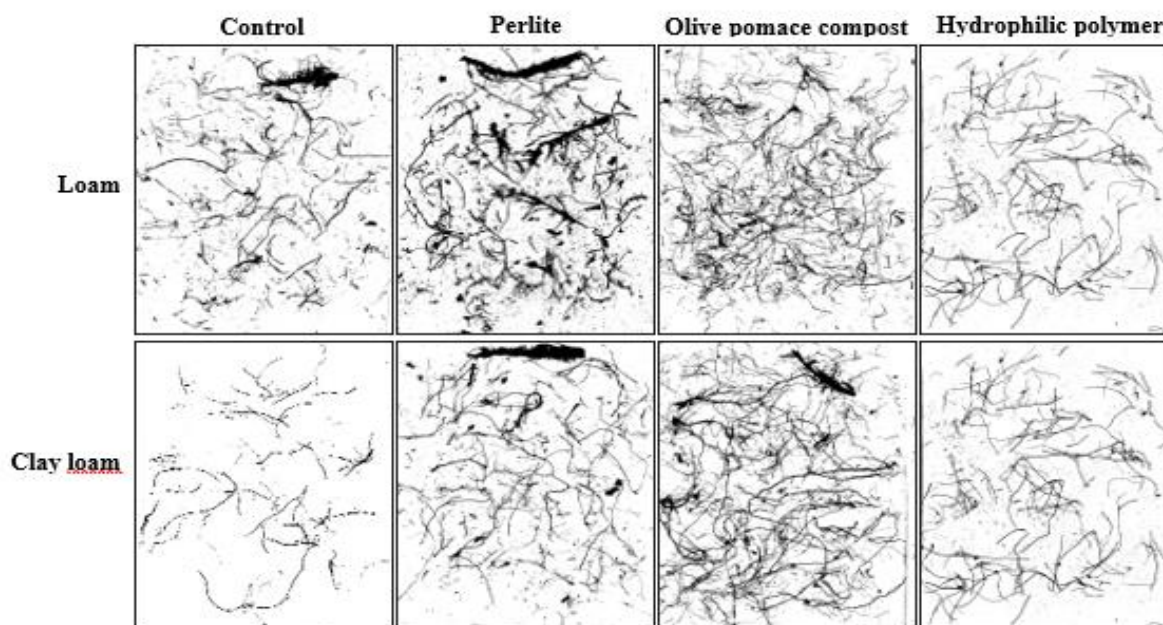


Figure 1. Plant root images of different applications in loam and clay loam soil

### Conclusion

In this study, four different treatments including soil alone, 8% OPC, 4% P and 0.12% HP were used and replicated three times in loam and clay loam soils. Study was conducted under controlled atmosphere conditions and effect of soil water contents, pH and electrical conductivity, tomato plant growth (the number of branches and leaves, plant height, fresh and dry weights, plant water use efficiency, root parameters) and total irrigation water amount have been determined. Consequently; it is possible to conclude that P, HP and OPC which were mixed with soils conserved much more soil water compared to control soils. However; especially OPC preserved more water, increased tomato growth compared to other treatments in loam soils. Both tomato plants shoot and the root growth of OPC applied loam soil was significantly higher than those in the control treatment. Application of P increased tomato plant growth in clay loam soils but this material does not conserve water in the soil compared to other treatments. HP saved water in clay loam soil, but it had contributed the least to the development of tomatoes among other treatments. P, OPC and HP applications



increased WUE by 114.29, 328.57, 71.43% respectively in loam soil and by 260.00, 300.00, 30.00, respectively in clay loam soil compared to control treatment. In this research HP was applied at the rates of 1.7 and 1.6 t ha<sup>-1</sup> while application rates of OPC were 114 and 104 t ha<sup>-1</sup> for loam and clay loam soils, respectively. Cost of both amendments (HP and OPC) per year is nearly equal. Therefore, it can be suggested to apply OPC to the soil every year, since it increases plant water use efficiency and plant growth especially in loam soils compared to HP.

### Acknowledgments

This article was produced from the MSc thesis of Nurten İşler' s entitled "Effects of different soil conditioners on soil water and modelling with Hydrus-2D. This research was funded by COMU BAP Project No. 2012/18.

### References

- Abedi-Koupai, J., Asadkazemi, J., 2006. Effects of a hydrophilic polymer on the field performance of cupressus arizonica under reduced irrigation regimes. *Iranian Polymer Journal*. 15(9):715-725.
- Akhter, J., Mahmood, K., Malik, K. A., Mardan, A., Ahmad, M., Iqbal, M. M., 2004. Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea. *Plant Soil and Environment*. 50(10): 463-469.
- Bai, W., Zhang, H., Liu, B., Wu, Y., Song, J., 2010. Effects of super-absorbent polymers on the physical and chemical properties of soil following different wetting and drying cycles. *Soil Use and Management*. 26(3): 253-260.
- Black, C. A., 1965. *Methods of Soil Analysis Part-II*. American Soc. of Agronomy Inc., Publisher Madison Wisconsin, USA: 1372-1376.
- Bouranis, D.L., Vlyssides, A.G., Drossopoulos, J.B., Karvouni, G., 1995. Some characteristics of a new organic soil conditioner from the co-composting of olive oil processing wastewater and solid residue. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 26(15-16): 2461-2472.
- Bowman, D.C., Evans, R.Y., 1991. Calcium inhibition of polyacrylamide gel hydration is partially reversible by potassium. *HortScience*. 26(8): 1063-1065.
- Brady, N. C., Weil, R. R., 2008. *The nature and properties of soils*. 13: 662-710. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Cardenas-Lailhacar, B.C., Dukes, M.D., 2010. Precision of soil moisture sensor irrigation controllers under field conditions. *Agricultural Water Management*. 97(5) 666-672.
- Caron, J., Rivière, L.M., Guillemain, G., 2005. Gas diffusion and air-filled porosity: Effect of some oversize fragments in growing media. *Canadian Journal of Soil Science*. 85(1): 57-65.
- Cucci, G., Lacolla, G., Caranfa, L., 2008. Improvement of soil properties by application of olive oil waste. *Agronomy for sustainable development*. 28(4): 521-526.
- Demirel, K., Kavdir, Y., 2013. Effect of soil water retention barriers on turfgrass growth and soil water content. *Journal of Irrigation Science*. 31(4): 689-700.
- El-Asswad, R. M., Said, A. O., Mornag, M. T., 1993. Effect of olive oil cake on water holding capacity of sandy soils in Libya *Journal of arid environments*. 24(4): 409-413.
- Evans, M.R., Gachukia, M., 2004. Fresh parboiled rice hulls serve as an alternative to perlite in greenhouse crop substrates. *HortScience*. 39(2): 232-235.
- Evans, M.R., Gachukia, M.M., 2007. Physical properties of sphagnum peat-based root substrates amended with perlite or parboiled fresh rice hulls. *HortTechnology*. 17(3): 312-315.
- Fazackerley S. and Lawrence R., 2010. Reducing turfgrass water consumption using sensor nodes and an adaptive irrigation controller. Retrieved December 5, 2010, from: <https://people.ok.ubc.ca/rlawrenc/research/Papers/IEEESAS2010.pdf>. Accessed 10 Mar. 2012.
- Gee, G.W., Bauder, J.W., 1986. Particle-size analysis. In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods*, 2nd ed. Agron. 9, American Society of Agronomy, Madison, WI: 383–413.
- Gonzalez, M.D., Moreno, E., Quevedo-Sarmiento, J., Ramos-Cormenzana, A., 1990. Studies on antibacterial activity of waste waters from olive oil mills (alpechin): inhibitory activity of phenolic and fatty acids. *Chemosphere*. 20(3-4): 423-432.
- Hachicha, S., Chtourou, M., Medhioub, K., Ammar, E., 2006. Compost of poultry manure and olive mill wastes as an alternative fertilizer. *Agronomy for Sustainable Development*. 26(2): 135-142.
- Han, Y. G., Yang, P. L., Luo, Y. P., Ren, S. M., Zhang, L. X., Xu, L., 2010. Porosity change model for watered super absorbent polymer-treated soil. *Environmental Earth Sciences*. 61(6): 1197-1205.
- Ilay, R., Kavdir, Y., Sümer, A., 2013. The effect of olive oil solid waste application on soil properties and growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *International*



- Biodeterioration & Biodegradation. 85: 254-259.
- İşlek, M., Öztokat Kuzucu, C., 2018. Hidrojel-perlit karışımlarının salata (*lactuca sativa* var. *crispa*) yetiştiriciliğinde verim ve bazı kalite parametreleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi. 6: 1-7.
- Johnson, M.S., 1984. The effects of gel-forming polyacrylamides on moisture storage in sandy soils. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 35(11): 1196-1200.
- Kavdir, Y., Killi, D., 2008. Influence of olive oil solid waste applications on soil pH, electrical conductivity, soil nitrogen transformations, carbon content and aggregate stability. *Bioresource Technology*. 99(7): 2326-2332.
- Keever, G.J., Cobb G.S., Stephenson J.C. and Foster W.J., 1989. Effect of hydrophylic polymer amendment on growth of container grown landscape plants. *J. Environ. Hort.* 7 (2): 52-56.
- Killi, D., Anlauf, R., Kavdir, Y., Haworth, M., 2014. Assessing the impact of agro-industrial olive wastes in soil water retention: Implications for remediation of degraded soils and water availability for plant growth. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 94: 48-56.
- Leib, B.G., Jabro, J.D., Matthews, G.R., 2003. Field evaluation and performance comparison of soil moisture sensors. *Soil Science* 168 (6): 396-408.
- López-Elías, J., Huez, L., Rueda, P., Jiménez, L., Cruz, B., & Garrido, L. (2013). Use of a hydrophilic polymer in Anaheim pepper (*Capsicum annuum* L.) under greenhouse conditions. *Idesia*, 31(2), 77-81.
- Mazen, A.M., Radwan, D.E.M., Ahmed, A.F., 2013. Conditioning effect of different absorbant polymers on physical and chemical properties of sandy soil. *Journal of Functional and Environmental Botany*. 3(2): 82-93.
- Montemurro, F., Convertini, G., Ferri, D., 2004. Mill wastewater and olive pomace compost as amendments for rye-grass. *Agronomie*. 24(8): 481-486.
- Nektarios, P.A., Ntoulas, N., McElroy, S., Volterrani, M., Arbis, G., 2011. Effect of olive mill compost on native soil characteristics and tall fescue turfgrass development. *Agronomy journal*. 103(5): 1524-1531.
- Ntoulas, N., Nektarios, P.A., Gogoula, G., 2011. Evaluation of olive mill waste compost as a soil amendment for *Cynodon dactylon* turf establishment, growth and anchorage. *HortScience*. 46(6): 937-945.
- Orfánus, T., & Eitzinger, J., 2010. Factors influencing the occurrence of water stress at field scale. *Ecohydrology*, 3(4): 478-486.
- Ozenc, B. D., Ozkan, I., 2003. Effect of peat and perlite mixed with soil on growth of pepper plant (*Capsicum annuum* var. *grossum* cv. 11B-14) under water stress. *Journal of Agricultural Sciences*. 9(3): 305-312.
- Papafotiou M., Kargas G., Lytra I., 2005. Olive-mill Waste Compost as a Growth Medium Component for Foliage Potted Plants. *HortScience*. 40(6): 1746-1750.
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. United States salinity laboratory staff. United States Department of Agriculture Handbook. 60-160.
- Romano, N., Santini, A., 2002. Water retention and storage: Field. In "Methods of Soil Analysis, Part 4, Physical Methods". Dane, J.H., Topp, G.C., (Eds.), SSSA Book Series N.5, Madison, WI, USA: 721-738.
- SAS, S., 1999. OnlineDoc®, Version 8. SAS Institute, Cary, North Carolina. USA.
- Starr, J.L., Paltineanu, I.C., 1998. Real-time soil water dynamics over large areas using multisensor capacitance probes and monitoring system. *Soil and Tillage Research*. 47(1-2): 43-49.
- Starr, J.L., Paltineanu, I.C., 2002. Methods for measurement of soil water content: Capacitance Devices. In: Dane, J.H., Topp, G.C., (Eds.), *Methods of Soil Analysis: Part 4, Physical Methods*. Soil Science Society of America, Inc., Madison, WI. 463- 474.
- Wallace, A., Wallace, G. A., 1986. Effects of very low rates of synthetic soil conditioners on soils. *Soil Science*. 141(5): 324-327.
- Yang, L., Yang, Y., Chen, Z., Guo, C., Li, S., 2014. Influence of super absorbent polymer on soil water retention, seed germination and plant survivals for rocky slopes eco-engineering. *Ecological Engineering*. 62: 27-32.
- Yurkov, A. L., Aksel'rod, L. M., 2005. Properties of heat-insulating materials (a review). *Refractories and Industrial Ceramics*. 46(3): 170-174.







Araştırma Makalesi/Research Article

## Suluca (Lapseki-Çanakkale) Katenasında Toprak Özellikleri ve Taksonomik Değişim

Gamze Sivrikaya\*  Hüseyin Ekinci 

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Çanakkale  
\*Sorumlu yazar: gamze\_svrky@hotmail.com

Geliş Tarihi: 26.02.2021

Kabul Tarihi: 22.05.2021

### Öz

Bu çalışmada Suluca-Kocaveliköy (Lapseki-Çanakkale) katenasında beş adet toprak profili incelenmiştir. Farklı rakım ve topoğrafyada yer alan toprak profillerinin morfolojik tanımlaması yapılarak, her bir horizontan toprak örnekleri alınmıştır. Çalışma, toprak örneklerinde fiziksel, kimyasal ve bazı mineralojik (XRD, SEM, oksit) analizler yapılarak önemli özelliklerinin saptanması, katenasal farklılıkların toprak oluşu ve sınıflandırılmasına etkisinin ortaya konulması amacıyla yapılmıştır. Laboratuvar analizi sonuçlarına göre toprak profillerinde genel olarak kumlu kil ve kil tekstür sınıfının baskın olduğu görülmüştür. Toprak asitliği (pH) genellikle hafif alkalin olarak bulunmuştur. Organik madde içeriğinin % 0,13-15,9 arasında olduğu belirlenmiştir. Katyon değişim kapasitesi (KDK) değerleri 12,60-43 cmol kg<sup>-1</sup> arasında bulunmuştur. Toprak profillerinde toprak oluşumunun incelenmesinde SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gibi ayrışma oranları ve kimyasal alterasyon indeksi (CIA) gibi indeksler kullanılmıştır. Bu indekslere göre, en yüksek kimyasal ayrışma değeri 83 olarak bulunmuştur. İncelenen profiller, analiz sonuçlarına ve morfolojik gözlemlere bağlı olarak toprak taksonomisi ve WRB sınıflandırma sistemine göre sınıflandırılmıştır. Toprak proilleri toprak taksonomisine göre entisol, inceptisol, mollisol ve vertisol ordolarında, WRB sistemine göre ise calcisols, phozems, leptosols, vertisols ve cambisols referans toprak gruplarında sınıflandırılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Toprak Profili, Suluca, Toprak Taksonomisi, Katena

## Taxonomic Changes and Soil Properties in Suluca-Kocaveli Soil Catena (Lapseki-Çanakkale)

### Abstract

In this study, five soil profiles were investigated in Suluca-Kocaveliköy (Lapseki-Çanakkale). Soil samples were taken from each horizon by making the morphological description of soil profiles in different altitudes and topography. In this study, physical, chemical and some mineralogical (XRD, SEM, oxide) analyzes were performed to determine the important properties of soils and to determine the effect of catena differences on the formation and classification of soils. According to the results of the laboratory analysis, sandy clay and clay texture class was dominant in the soil profiles. The soil acidity (pH) was generally found to be slightly alkaline. Organic matter were between 0,13-15.9% and the cation exchange capacity (CEC) values were between 12.60-43 cmol kg<sup>-1</sup>. Weathering rates such as SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and chemical alteration index (CIA) were used in the soil profiles. According to these indexes, the highest chemical weathering value was found to be 83. The examined profiles were classified according to the soil taxonomy and WRB classification system depending on the analyses results and the morphological observations. Soil profiles were classified as an entisols, inceptisols, mollisols and vertisols orders and as calcisols, phozems, leptosols, vertisols and cambisols reference soil groups according to the soil taxonomy and WRB system, respectively.

**Keywords;** Soil Profile, Suluca, Soil Taxonomy, Catena

### Giriş

Katena, Toprak Bilimi Terimler Sözlüğünde benzer ana materyal ve benzer iklim koşulları altında ortaya çıkan fakat rölief ve drenajdaki farklılık nedeniyle farklı karakteristiklere sahip yaklaşık aynı yaştaki toprak dizisi olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 1996). Kiyuchevskii (1972)'e göre bu kavram, çeşitli yazarlar tarafından düzenlenmiş olmakla birlikte, özellikle Busenell (1942, 1944, 1958) tarafından ele alınmış ve günümüzde A.B.D. de “toposequens” terimi yerine kullanılmaya



başlanmıştır. Toposequens terimi, morfolojik bir ayrımdır ve rengin (özellikle gri ton) yükseklik ve hidrolojiyle değişimini kapsamaktadır. Katena ise anlam olarak bir toprak oluşum olayı ve bunun sonuçlarını yansıtmaktadır.

Bazı araziler belli bir kullanım türünün gereksinimlerini çok az karşılarken diğer bir kullanım türünün tamamını karşılayabilir. Değişik özelliklerdeki toprakların üretken olarak kullanılması için çeşitli kullanım türleri göz önüne alınarak bir planlamaya gidilmesi şarttır (FAO, 1976; Dent ve Young, 1981). Bu nedenle, karmaşık bir yapıya sahip olan toprakların diğer tüm varlıklarda olduğu gibi sınıflandırılmaları gerekmektedir. Toprakların sınıflandırılması ise toprak profillerinin ayrıntılı incelenmesi ve her bir toprak horizonunun oluşumunun saptanması ile mümkündür. Bunun için incelenen toprak profilinin, her bir horizonundan alınan toprak örneklerinin morfolojik, fiziksel, kimyasal ve mineralojik özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Applegarth ve Dahms (2001), USA, Wyoming, Whiskey havzasının kireç morenleri katenalarının toprağını araştırmışlardır. Araştırmacılar, iki farklı moren alanının her birine ait devrin (çağın) katenasını incelemiştir. Bunlar The Jakey's Fork ve Torrey Creek vadileridir. Jakey's Fork'daki Bull gölü katenasının topraklarının aynı alanın pinedale katenasından daha gelişmiş olduğu belirlenmiştir. Bunlar yaşların daha büyük olmasından dolayı daha kalın soluma, daha fazla horizona, daha fazla pedogenetik kile ve daha fazla pedogenetik karbonata sahiptirler. Katena gelişimindeki farklılıkların çoğunlukla Jakey's Fork ve Torrey Creek katenası arasındaki eğim uzunluğundaki farklılıklardan etkilendiği belirlenmiştir. Katena gelişiminde topoğrafik konumun rolünün Jakey's Fork katenalarında Torrey Creek katenalarından daha az olduğu saptanmıştır.

Başarlar ve Ekinci (2019), Bayramiç-Çan arasında kalan farklı jeolojik- jeomorfolojik yapıya sahip yaklaşık 50 km'lik alanda yürüttükleri çalışmada, yedi adet toprak profilinin morfolojik tanımlanmasını yaparak toprakların fizikokimyasal ve bazı mineralojik özelliklerini incelemiştir. Araştırmacılar çalışma sonucunda, en yüksek kil içeriği (% 47,75) ve en yüksek KDK (47 cmol kg<sup>-1</sup>) miktarı ile eski göl terasında oluşmuş vertisol profilinde saptamışlardır. Bunun yanında araştırma alanı toprakları Toprak taksonomisinin alfisol, mollisol, inceptisol, entisol ve vertisol ordolarında, WRB sınıflandırma sisteminde ise phaeozems, luvisols, calcisols, cambisols, fluvisols ve vertisols referans gruplarında sınıflandırılmıştır.

Timpson ve ark. (1982), Girit adasının kuzeydoğu kesimindeki Kuvaterner yaşlı alüvyon üzerinde oluşan bir toposequens boyunca toprakların mineralojik bileşimini incelemiştir. Çalışmada toposequens boyunca 3 farklı arazi şekli belirlenmiş bunlar üzerinde dört toprak tanımlanmıştır. Fluventinc ve Calcixerollic Xerochrepts olarak sınıflandırılmış olan topraklarda eğim %2-5 arasında olup derinlikle birlikte azalan kil ve organik madde içeriğine bağlı olarak KDK miktarı da azalmıştır. Toprak profillerinin her bir horizonunun silt ve kil fraksiyonlarındaki mineralojik analizlerde x-ray difraksiyonu ve elektron mikroskop teknikleri kullanılmıştır. Toprakların kaba ve ince silt fraksiyonlarında dolomit, kalsit, kuvars, feldspat, mika ve klorit içerdiği, feldspatların derinlikle birlikte azaldığı ve kalsitin ise arttığı saptanmıştır. Kil fraksiyonunda ise dominant olarak trioktahedral demir klorit ve mika (muskovit) belirlenmiştir.

Weitkamp ve ark., (1996) mevsimsel yaş arazilerin Entisol- Alfisol- Vertisol katenası üzerinde yaptıkları çalışmada toprak morfolojisi, toprağın kimyasal özellikleri ve topraktaki su hareketi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Yapılan çalışmada doruk ve etek kısmında sıg ve kaba-tınlı Entisoller, etek düzlüğünde (footslope) prizmatik strüktürlü killi Alfisoller saptanmıştır. Taban ve etek ucu düzlüğünde (toeslope) kuvvetli köşeli blok strüktüre ve kayma yüzeylerine (slickenside) sahip Vertisol topraklarını saptamışlardır.

Yüksel ve Ekinci (2019), Meriç havzasında inceledikleri yaşlı alüvyal teras üzerinde oluşmuş bir toprak profilinde SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranının alt katmanlara doğru azaldığını, bu durumun profilde bir kil illuviasyonunun varlığına işaret ettiğini belirtmişlerdir.

Tegene (1997), Etiyopya'da, Welo, yukarı Watiya havzasında birbirine benzer ve birbirine zıt tepe eğimlerinde toprak katenasının özelliklerini incelemiştir. Toprak üniteleri FAO/UNESCO Dünya Toprak Haritasının gözden geçirilmiş lejandına göre saptanmıştır. Her iki tepe eğim tiplerinin zirve ve arka eğimi fazlaca aşınmaya uğramıştır. Leptosoller için sınıflama gereksinimlerini karşılayan sıg topraklar olarak belirlenmiştir. Ap/Bw/Cr horizon dizilimiyle benzer yamaç eğimleri üstündeki pedon oldukça aşınmış olması nedeniyle bozunmuş Haplic Phaeozem olarak sınıflandırılmıştır. Tipik A/CB/Bb horizon düzenine sahip benzer toprak eğimi üzerindeki topraklar ise Eutric regosoller olarak

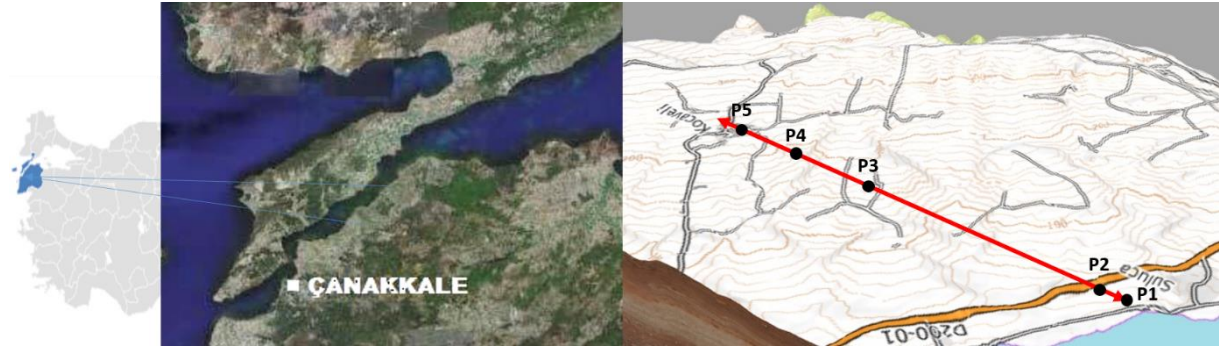
sınılandırılmıştır.. Günümüz veya Üst Halosen'den önce 4000 yıldan birkaç yüzyıl arasında değişen yaş diliminde görülen topuk eğim üzerindeki modern ve gömülü toprakların dizilimi toprak stratigrafisi olarak kolon şeklinde gözlemlenmiştir. Stratigrafik kolonun temelinde Eutric Vertisol olarak tanımlanan en yaşlı gömülü toprak birbirine zıt tepe eğimlerinin birbirine yakın topuk eğimleri üzerindeki yüzeylerde ortaya çıktığı belirlenmiştir. Birbirine zıt tepe eğiminin yamaç eğimle bittiği yerleri kaplayarak üst eğimlerde de yayılım gösteren gömülü olmayan Vertisollerin, koyu kahverengiden çok koyu gri renklere kadar kalın dikey profile ve A/AC veya A/C/Cr horizon dizilimine sahip olduğu görülmüştür.

Toprak-Su Genel Müdürlüğü (Mülga) tarafından Türkiye çapında başlatılan (1966-1971) havza bazlı çalışma sonucunda, 1938 eski Amerikan sisteminin büyük grupları ve bunların önemli fazlarının haritalama ünitesi olarak kullanıldığı 1:200.000 ölçekli toprak harita ve raporları hazırlanmıştır. Bu çalışmalar sonraki yıllarda revize edilmiştir. İl bazında 1:100.000 ölçekli olarak hazırlanan bu haritalara göre çalışma alanında kolüviyal ve kahverengi orman toprakları yer almaktadır (Anonim, 1999). Söz konusu büyük grupları içeren Suluca-Kocaveliköy (Lapseki-Çanakkale) katenasında yürütülen bu çalışmada, benzer ana materyal ve benzer iklim koşulları altında oluşmuş, ancak topoğrafya ve drenaj gibi faktörlerin farklılığı nedeniyle profil gelişimi, morfolojik, fiziksel, kimyasal ve mineralojik özellikleri farklı olan topraklar incelenmiştir. Araştırılan topraklar, taksonomik değişimi görmek amacıyla Toprak Taksonomisi (Soil Survey Staff, 2014) ve IUSS- WRB (2015) toprak sınıflandırma sistemlerine göre sınıflandırılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### Çalışma alanı ve coğrafi konumu

Suluca –Kocaveliköy katenası Çanakkale ili Lapseki ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Çalışmada, belirlenen alanda farklı topoğrafik konumlarda toplam 5 adet toprak profili açılmış ve her bir profilin farklı derinliklerindeki tüm katmanlarından toplam 29 adet toprak örneği alınmıştır (Şekil 1). Bunun yanında yöreye ait eski toprak haritaları, jeoloji haritaları, topoğrafik haritalar ve uydu görüntüleri kartografik materyal olarak kullanılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanının konumu ve profil noktaları

### İklimi ve özellikleri ve Doğal bitki örtüsü

Çalışma alanında çeşitli iklim özelliklerine sahip Marmara Bölgesi iklim özelliği hakimdir. Yörenin yıllık ortalama sıcaklığı 15,1 °C dir. Kış ayları sıcaklık ortalaması 7.0 °C, yaz ayları sıcaklık ortalaması ise 22 °C'dir. En soğuk ay 6,2 °C ile ocak ayı ve en sıcak ay 24,9 °C ile ağustos ayıdır. Bölgede yıllık ortalama yağış 616,2 mm'dir. Kurak dönemdeki ortalama aylık yağış miktarı 10,97 mm iken, kış aylarındaki miktar ise 89 mm'dir. Yıllık toplam yağışın %43'ü kış aylarında, %28'i sonbaharda, %22'si ilkbaharda ve %7'si de yaz aylarında düşmektedir (DMI, 2016). Yörede toprak nem rejimi xeric, toprak sıcaklık rejimi ise thermic olarak belirlenmiştir.

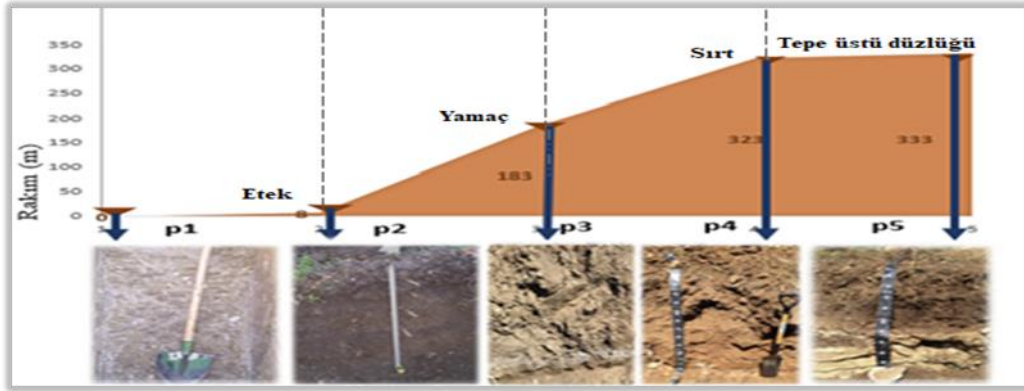
Lapseki ilçesi Akdeniz ve Karadeniz vejetasyon sahaları arasında bir geçiş yeri özelliği taşımaktadır. Ancak, araştırma sahasının meteorolojik verilerine göre bu alanda Akdeniz ikliminin daha baskın olduğu görülmektedir. Kıyı kesimlerinde bazı maki türleriyle kızılçamın hâkim türleri oluşturması bunu desteklemektedir (Güngördü, 1993). Çalışılan arazi, doğal bitki örtüsü olarak meşe ağırlıklı fundalık ve karaçalıdan oluşmaktadır. Kültür bitkisi olarak özellikle şeftali, kiraz, elma ve erik gibi meyveler ile domates ve biber gibi sebzeler yer almaktadır.

### Jeoloji ve jeomorfoloji

Lapseki'nin jeolojik yapısına yönelik yapılan bir çalışmada yörenin İntepe formasyonuna dahil olduğu belirtilmektedir. Bu formasyon; çakıllı konglomera, kalkarenit, silt taşı, kumtaşı ve çamur taşlarından oluşmaktadır. Çamur taşları gri-yeşil renklidir ve bol miktarda fosil veya kırık kabuk içermektedir. Ek olarak, karbonlu bitki kök izleri ve kalış nodülleri de çamur taşlarında görülür. Çamur taşları genellikle merceksi tabakalara sahip birkaç cm-mm kalınlığında kumtaşları içerir. Kumtaşları düzlemsel paralel ve ripil çapraz tabakalar olarak gözlemlenmektedir. Kumtaşları, flaser ve dalgalı çamur taşları ile bir arada yer almaktadır. Çok parçalanmış kırmataşlı kumtaşları ve çakıl konglomeralar, çamur taşları ve aşınmış alt yüzeye sahip kumtaşları ile düzlemsel kavisli katmanlar şeklinde çökelleri oluşturmaktadır. Genel olarak, fosiller, kavkı parçaları ve ince tabakalı kalkarenitler bakımından zengindir (Atabey ve ark., 2004).

Suluca'dan Kocaveli'ye doğru Alçıtepe üyesine ait kalkarenit, kireç taşı (gel-git karbonat vb) kum taşı, marn gibi birimler göze çarpmaktadır. Suluca civarında jeolojik yapıyı Çamrak dere üyesine ait kumtaşı, kalkarenit, marn, kiltası vb (lagün gel-git düzlüğü) birimler oluşturmaktadır (MTA, 2008). Çalışma alanında jeomorfolojik yapı, Suluca civarında kolüviyal etek düzü arazileri, daha sonra sırasıyla yamaç araziler, sırt ve tepe üstü düzlüklerinden oluşmaktadır (Şekil 2).

Suluca- Kocaveli köyleri arasında yer alan kateneda kolüviyal ve kahverengi orman büyük grup toprakları yer almaktadır. Çalışma alanında açılan 5 adet toprak profilinin topoğrafik konumu ve profil görünüşleri Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. Toprak profillerinin topoğrafik konumu ve görünüşleri

### Laboratuvar analizleri

Çalışmada toprak profilleri Soil Survey Division Staff, (2017)'de belirtilen kriterlere göre incelenmiş ve farklı derinliklerdeki horizonlardan 29 adet toprak örneği alınmıştır. Laboratuvar analizleri ile toprakların fiziksel, kimyasal ve bazı mineralojik özellikleri saptanmıştır. Toprak örneklerinde pH (1:2,5 toprak- su süspansiyonu), organik madde (Sağlam, 2008), kireç yüzdesi (Schlichting ve Blume 1966), kation değişim kapasitesi-KDK Sodyum asetat ekstraksiyonu yöntemi ile (USDA, 1954), tekstür (Bouyoucos, 1951), C/N oranı (Kirsten, 1983) 'e göre belirlenmiştir. XRD ve SEM analizleri ÇOMÜ Merkez Laboratuvarında (ÇOBİLTUM), major oksit analizleri ise Kale Seramik (Çan) laboratuvarında yapılmıştır. XRD analizleri, Harris, W. ve White, G.N., (2008) in belirttiği esaslara göre yürütülmüş olup PANakytical Empyrean cihazında 5° - 70° (2θ) aralığında ölçüm alınmış ve veriler X'Pert HighScore Plus software yazılımında işlenmiştir. SEM analizi White, G.N., (2008)' in belirttiği esaslara göre yürütülmüş ve yüzey görüntüleri JEOL JSM-7100F marka-modelindeki Taramalı Elektron Mikroskobu (FE-SEM) ile alınmış olup EDX spektrumları Oxford Instrument X-Max marka-modelindeki dedektör kullanılarak ölçülmüştür. Örneklerin iletkenlik özelliklerini arttırmak için Quorum kaplama cihazında öncelikle 8x10<sup>-1</sup>mbar/Pa vakum uygulanıp, 10 mA voltaj uygulanarak altın-paladyum (%80-20) kaplama işlemi yapılmıştır.

### Bulgular ve Tartışma

Toprakların meydana gelmesi, doğadaki diğer varlıkların oluşundan daha uzun zaman süreci aldığı gibi, daha karmaşık faktör ya da işlemlerin karşılıklı etkilerine dayanmaktadır. Belirli topoğrafik



koşullar ve zaman dilimlerinde iklim ve canlıların ana materyal üzerindeki etkileri nedeniyle toprakta ve çevrede etki ve katkı dereceleri farklı bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemler devam etmektedir. Bu faktör ya da işlemlerdeki en küçük farklılıkların kombinasyonu farklı ve benzersiz toprak karakteristiklerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Daha açık bir ifade ile örneğin yağış miktarındaki değişiklikler, fizyografyanın elementi olan topoğrafyanın değişmesi veya ana materyalin farklılaşması, kısa aralıklar içerisinde bile toprak karakteristiklerine yansımakta ve dolayısıyla birbirinden farklı özelliklere sahip topraklar oluşmaktadır. Nitekim, çalışma alanında topoğrafik ve drenaj koşullarındaki farklılıklar, toprak profilindeki horizon farklılaşmasını sağlayan işlemleri de (ilaveler, yer değiştirmeler, dönüşümler ve kayıplar) etkilemiştir. Bunun sonucunda inceleme alanı toprakları farklı karakteristikler içeren birbirinden farklı taksonomik kategorilerde sınıflandırılmıştır.

### Toprak Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1’de sunulmuştur.

Çizelge 1. Toprak profillerinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

<b>P</b>	<b>Horizon</b>	<b>Derinlik (cm)</b>	<b>pH (1:2,5 top/su)</b>	<b>EC (dS/m)</b>	<b>KDK (cmol/k g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Kireç (%)</b>	<b>OM (%)</b>	<b>C/N</b>	<b>Kum (%)</b>	<b>Silt (%)</b>	<b>Kil (%)</b>	<b>Bünye</b>
<b>1</b>	Ap	0-21	7.80	0.24	39.90	13.07	2.66		55.1	12.8	32.1	SCL
	A2	21-36	7.84	0.25	39.05	13.63	2.17		54.6	8.7	36.7	SC
	Bw	36-57	7.86	0.47	29.44	10.20	1.03		65.7	8.6	25.7	SCL
	BC	57-86	7.90	0.43	36.30	15.44	1.97		55.1	4.2	40.7	SC
	Ck1	86-108	7.99	0.26	35.05	24.25	0.54		38.2	19.1	42.7	C
	Ck2	108-190	8.11	0.25	36.41	22.42	0.76		40.0	17.1	42.9	C
<b>2</b>	O	0-5	7,1	0,69	70,86	5,37	15,9		68,60	15,71	15,73	SL
	A1	5-18	7,48	0,28	41,21	9,51	8,67		42,53	19,92	37,64	CL
	A2	18-32	7,55	0,13	49,34	16,2	3,58		38,63	21,96	39,57	CL
	AB	32-48	7,71	0,29	46,68	22,7	2,05		40,92	19,64	39,58	CL
	Bw	48-75	7,85	0,24	41,78	27,9	1,32		43,41	15,22	41,49	C
	C	75+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>3</b>	Ap	0-12	7,72	0,23	41,17	4,97	6,97	22	27,58	29,51	42,91	CL
	Ass1	12-35	7,73	0,21	42,60	17,60	2,46		27,42	23,24	49,34	C
	Ass2	35-52	7,76	0,25	43,00	14,08	0,75	127	27,19	16,96	55,85	C
	Ass3	52-75	7,87	0,27	40,85	13,02	1,90		24,91	21,24	53,85	C
	AC	75-85	7,74	0,49	40,00	16,01	0,20		22,45	10,66	66,89	C
	Ck	85+	7,66	0,51	36,95	17,95	0,13		23,37	8,80	67,83	C
<b>4</b>	A1	0-19	7,69	0,22	40,85	3,34	6,50	24	42,33	21,02	36,59	CL
	AC	19-30	7,68	0,21	32,15	31,15	4,80	266	40,91	23,76	35,33	CL
	C1	30-55	7,88	0,13	26,05	44,88	0,13		39,98	42,93	17,09	L
	C2	55-95	8,02	0,11	15,20	42,68	0,12		78,98	2,03	18,99	SL
	2C	95-125	7,95	0,13	26,04	40,13	1,35		68,89	16,93	14,18	SL
	2Cr	125+	7,96	0,13	23,00	41,13	1,79		82,98	2,04	14,98	LS
<b>5</b>	A1	0-12	7,8	0,18	30,65	39,95	7,50	48	58,02	18,56	23,42	SCL
	A2	12-27	7,91	0,23	28,08	39,24	5,50	53	76,59	2,06	21,35	SCL
	Bw	27-46	7,68	0,32	26,66	28,16	4,80		57,09	20,59	24,32	SCL
	BC	46-54	7,93	0,22	23,90	50,86	2,50		64,65	12,22	23,13	SCL
	Cr	54-85	8,11	0,14	12,60	42,71	1,50		83,17	2,02	12,22	SL

Çizelge 1 de görüldüğü gibi toprak profillerinde genel olarak kumlu kil ve kil tekstür sınıfı baskındır. Toprak asitliği (pH) genellikle 7 ile 8 arasında değişmekte olup Richards, (1954) ile



Grewelling ve Peech, (1960)'e göre hafif alkalin olarak bulunmuştur. Organik madde içeriği ise % 0,12 ile 15,9 arasında değişmektedir. Organik madde miktarı Smith ve Weldon, (1941)'a göre değerlendirildiğinde 2 numaralı profilde oldukça yüksek (%15,9) miktardadır. Katyon değişim kapasitesi (KDK) değerleri kil içeriğinin yüksek olduğu 3 numaralı profilde ( $43 \text{ cmol kg}^{-1}$ ), organik madde içeriğinin yüksek olduğu 2 nolu profilin O horizonunda  $70 \text{ cmol kg}^{-1}$  olarak saptanmıştır. Yüksel ve Ekinci, (2019) Meriç Nehri teraslarında yapılan profil örneklemede toprakların KDK değerlerinin kil kapsamına göre değişiklik gösterdiğini, kil tekstüre sahip bir profilde KDK değerinin  $65,26 \text{ cmol kg}^{-1}$  a kadar yükseldiğini belirlemişlerdir. Kireç miktarları Ülgen ve Yurtsever, (1995)'e göre değerlendirildiğinde tüm profillerin kireçli, orta kireçli sınıfında yer aldığı görülmüştür.

### Toprak Örneklerinin Bazı Morfolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri

İnceleme alanı topraklarındaki oksit içerikleri Çizelge 2 de verilmiştir.  $\text{SiO}_2$  içeriği tüm profillerde %26,24-%66,4 ve  $\text{Al}_2\text{O}_3$  içeriği ise %4,24 ve %13,64 arasında değişmektedir. Topraktaki Al doğrudan kil dağılımı ile ilişkilidir ve olgun topraklarda  $\text{Al}_2\text{O}_3$  miktarı artmaktadır.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  içeriği ise tüm profillerde % 0,97 -5,05 arasında, %CaO miktarı ise %4,91-29,25 arasında değişmektedir.

Çizelge 2. Toprak profillerinin major oksit analiz sonuçları

Profil No	Horizon	A.Z. (%)	$\text{SiO}_2$ (%)	$\text{Al}_2\text{O}$ (%)	$\text{TiO}_2$ (%)	$\text{Fe}_2\text{O}_3$ (%)	CaO (%)	MgO (%)	$\text{Na}_2\text{O}$ (%)	$\text{K}_2\text{O}$ (%)
P1	Ap	13,90	55,55	11,47	0,73	3,84	9,30	2,06	0,92	1,95
	Bw	13,64	55,79	11,19	0,64	3,67	9,99	1,78	1,03	1,94
	Ck	15,79	51,73	10,97	0,67	3,83	11,27	2,85	0,80	1,77
P3	Ap	8,81	66,4	12,16	0,44	2,88	6,81	0,61	0,24	1,58
	Ass3	12,78	56,23	12,68	0,80	4,51	8,79	1,79	0,64	1,50
P4	Ck	12,25	55,44	13,64	0,86	5,10	8,01	2,19	0,64	1,57
	A <sub>1</sub>	11,30	62,77	12,15	0,75	5,05	4,10	1,34	0,52	1,67
	Ck <sub>1</sub>	23,27	41,64	7,08	0,63	2,20	22,62	0,98	0,47	0,91
P5	A <sub>1</sub>	22,29	44,89	8,16	0,44	2,38	18,57	1,21	0,36	1,34
	Bw	22,31	47,14	8,39	0,44	2,40	16,05	1,06	0,46	1,42
	Cr	32,73	26,25	4,24	0,19	0,97	29,25	5,09	0,36	0,70

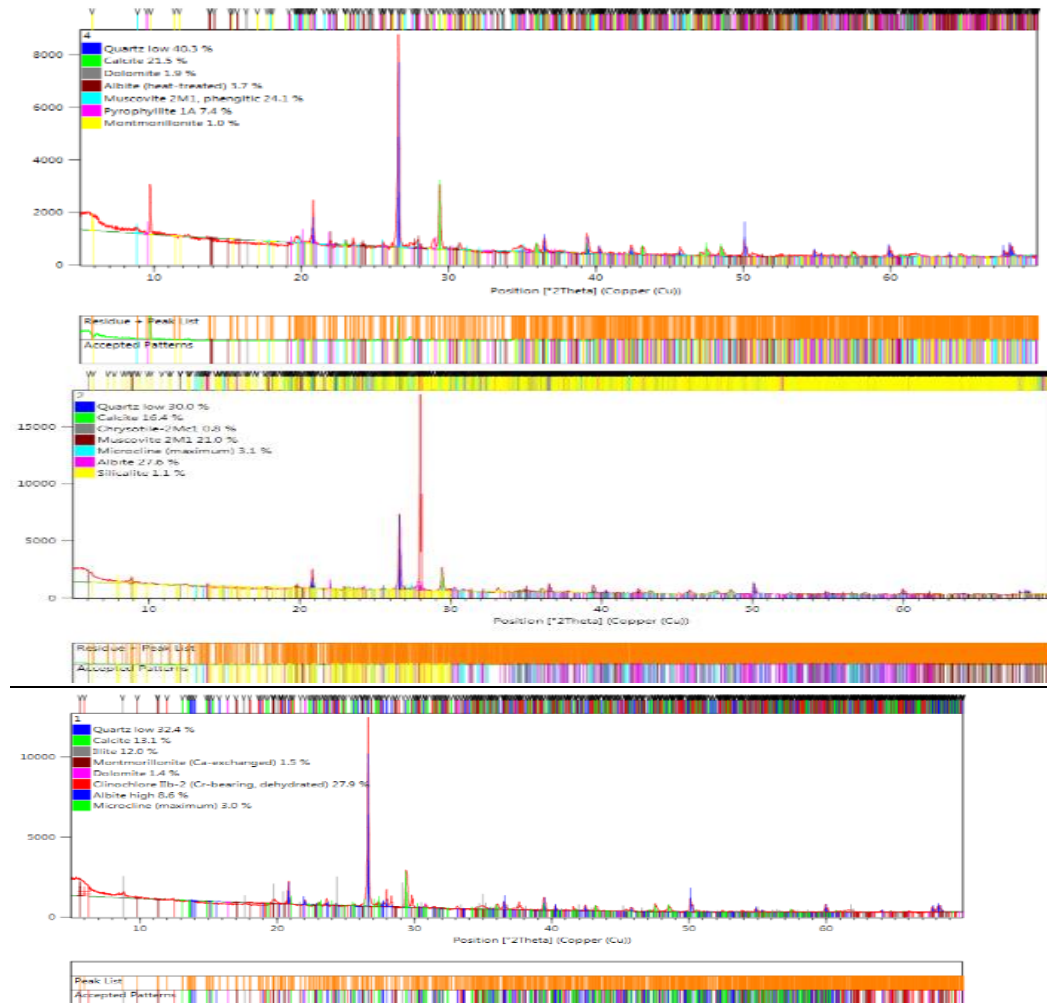
Profil 1 toprakları, arazinin üst kısımlarından taşınan killi materyallerin biriktiği, eğimin düz - düze yakın olduğu (%2) kolüviyal etek düzlüklerinde oluşmuştur. A-B-C horizon dizilimine sahip olup killi ve derin profil yapısındadır. Profilde kambik horizonun altında bir kalsik horizon (Ck) oluşumu mevcuttur. Wagner ve ark., (2007) toprak profillerinin horizonlarında CaO oranı %1 in altına düşerse o toprak profilinde dekalsifikasyon işleminin tamamlanmış olacağını belirtmektedir. Bu çalışmada incelenen tüm profillerde CaO oranı %1 in üzerinde bulunmuş olup dekalsifikasyon işleminin devam ettiği görülmektedir(Çizelge 2). Ekinci ve Yüksel, 2014, Meriç nehri teraslarında iki profilde CaO konsantrasyonunun %1,13 ve %1,07 olarak bulunmasını horizonlarda dekalsifikasyon işleminin devam ettiği şeklinde yorumlamışlardır.

Topraklarda kimyasal ayrışmanın yoğunluğu kimyasal ayrışma veya mineral ayrışma indisleri tarafından belirlenmektedir. Ayrışma düzeyinin saptanmasında çok sayıda indeks kullanılmaktadır. İncelenen toprak profillerine ait bazı jeokimyasal ayrışma oranları Çizelge 3 de gösterilmiştir.

Çizelge 3. Toprak örneklerinin bazı jeokimyasal ayrışma oranları

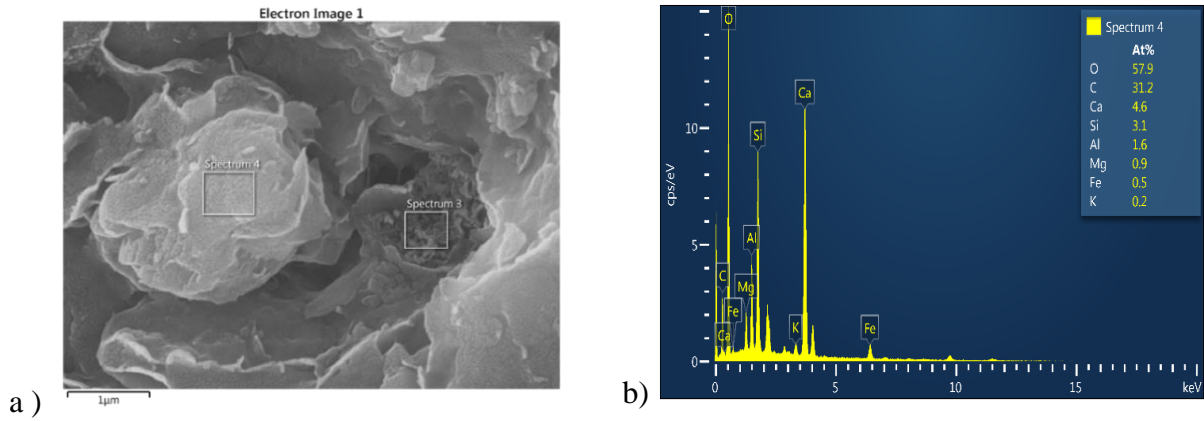
Profil	Horizon	Derinlik		PIA	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$	CIA
		(cm)	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$		+ $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$	
P1	Ap	0-21	4,73	75	3,66	69
	Bw	36-57	4,92	73	3,84	67
	Ck	86-108	4,63	77	3,57	71
P3	Ap	0-12	5,54	93	4,31	83
	Ass3	52-75	4,35	84	3,33	78
	Ck	85+	3,96	85	3,01	78
P4	A1	0-19	5,36	85	3,92	77
	Ck1	30-55	5,71	80	4,35	74
	A1	0-12	5,38	85	4,26	75
P5	Bw	27-46	5,63	82	4,46	73
	Cr	46-24	6,25	73	5,21	68

Profil 1'in X-Işını difraksiyon (XRD) analiz sonuçları Şekil 3 de sunulmuştur. Çizelgeden üm horizonlarda kuvars mineralinin fazla olduğu, bunun yanında albit, kalsit ve silikat minerallerinin de varlığı görülmektedir.



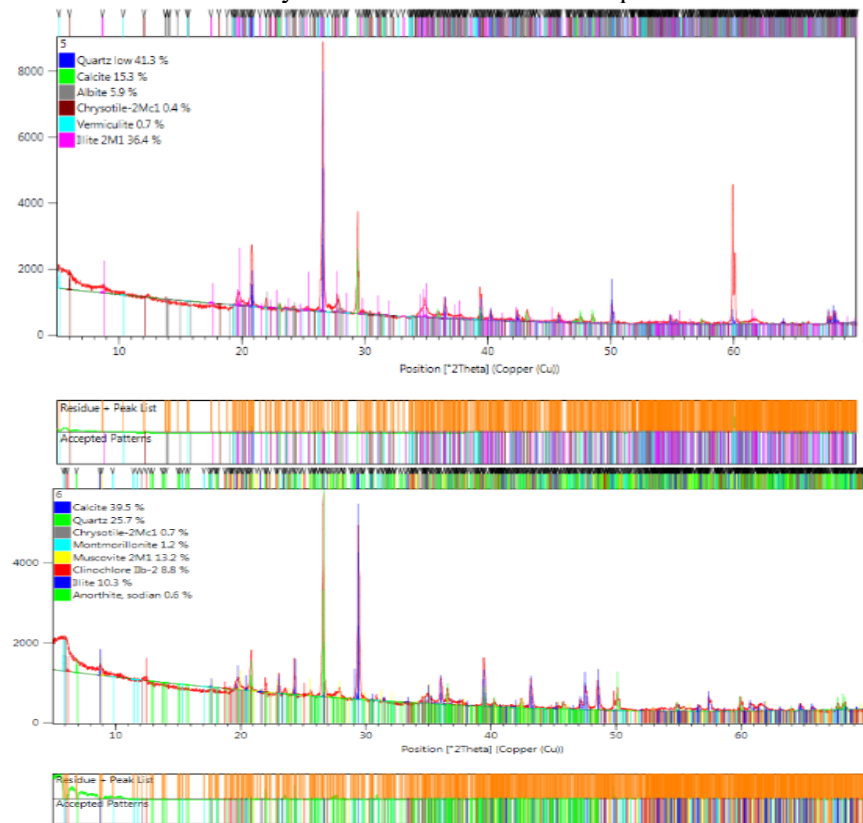
Şekil 3. Profil 1'in Ap, Bw ve Ck horizonlarına ait XRD difraktogramları





Şekil 4. Profil 1 'in Ap horizonuna ait SEM görüntüsü-kil oluşumu (a) ve 4 nolu spektrumun EDS analizi (b).

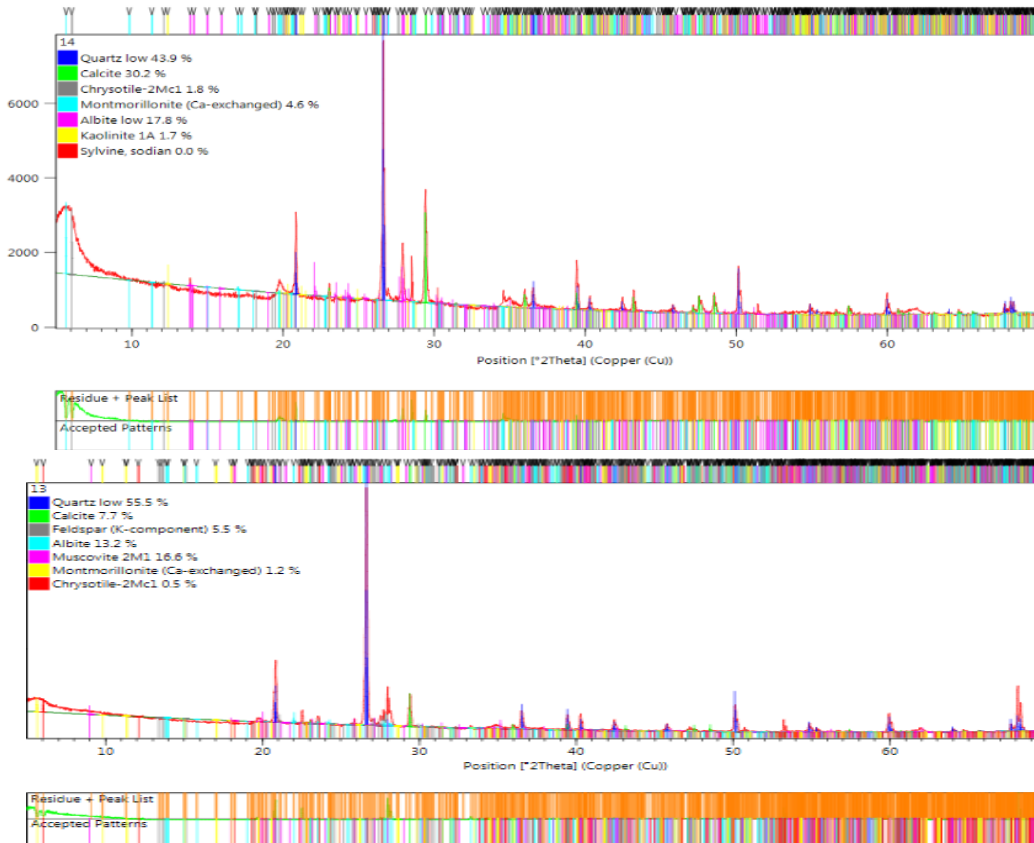
Profil 2 eğimin %4-6 olduğu, kireç taşları üzerinde ve ormanlık alanda (maki) oluşmuştur. O-A-B-C horizon dizilimine sahip olan bu profil, yüksek miktarda organik madde içeren (%15,9) organik horizonza (Oe) sahiptir. Blok strüktüre sahip bir kambik (Bw) horizonu bulunan profilde kil-tın tekstür hakimdir. Profildeki kil miktarının alt katmanlara doğru az da olsa arttığı görülmektedir (Çizelge 1). Horizonların X-Işını difraksiyon (XRD) analiz sonuçlarından da horizonlarda özellikle yüksek oranda illit (%36,4) ve montmorillonit kil mineralleri saptanmıştır (Şekil 5). Söz konusu profilin yüksek oranda illit içermesi ana materyalinin kireç taşları olmasından kaynaklanmış olabilir. Nitekim Saatçi, (1964); Mitchell ve Irmak, (1957) kireç taşları üzerinde yaptıkları çalışmalarda yüksek oranda illit minerali saptamışlardır. 2 nolu profilin fundalık ve makilik bir alanda bulunması ve uzun süreden beri toprak işlemenin yapılmaması nedeniyle yüzeyde %15,9 gibi yüksek bir organik madde içeriğine sahiptir. Bu özelliği nedeniyle koyu renkli ve katyon değişim kapasitesi (KDK) de (yüzeyde 70,86 cmolkg<sup>-1</sup>) yüksektir (Çizelge 1). Söz konusu profil diğer fizikokimyasal ve mineralojik özellikleri bakımından yakın konumda olan 1 no'lu profil ile benzer karakterdedir.

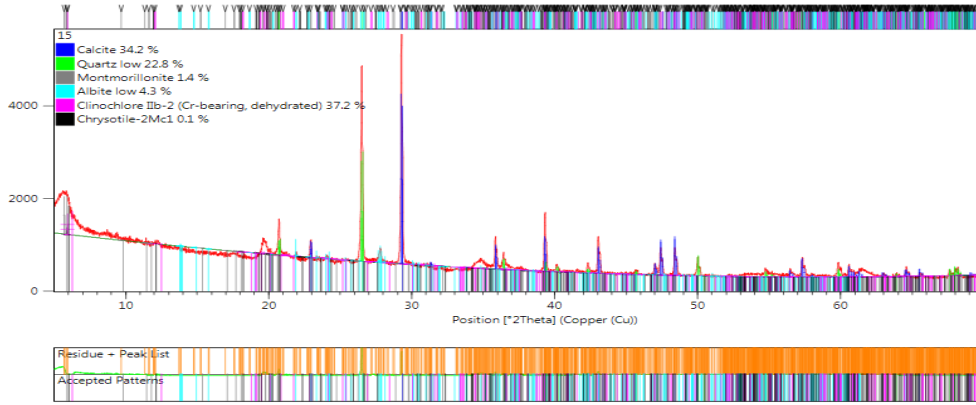


Şekil 5. Profil 2'nin A1 ve Bw horizonuna ait XRD difraktogramı

Profil 3, profil 1 ve profil 2 ye göre daha yüksek rakımdaki eski yüksek deniz teraslarının hafif-orta eğimli yamaçlarında yer almaktadır. Profilin bulunduğu kısımda, doğal bir teras konumu hakimdir (Şekil 2). Söz konusu toprak profili killi ve kireçli ana materyaller (marn) üzerinde oluşmuş, A-C horizon dizilimine sahip, orta-derin profil yapısına sahiptir. Ana materyalinin kireçli marn depozitleri olması nedeniyle profil boyunca kil miktarı yüksek bulunmuştur. Bunun yanında profil boyunca görülen çatlaklar ve parlak sürtünme yüzeyleri söz konusu profilde 2:1 tipi killerin varlığını göstermektedir. Nitekim XRD analizlerinde 3 no'lu profilin tüm horizonlarında 2:1 tipi kil minerallerinden montmorillonit saptanmıştır (Şekil 6). Marn ve kireç taşı üzerinde oluşan topraklarda genellikle smektitik killer oluşmaktadır (Sayın, 1999).

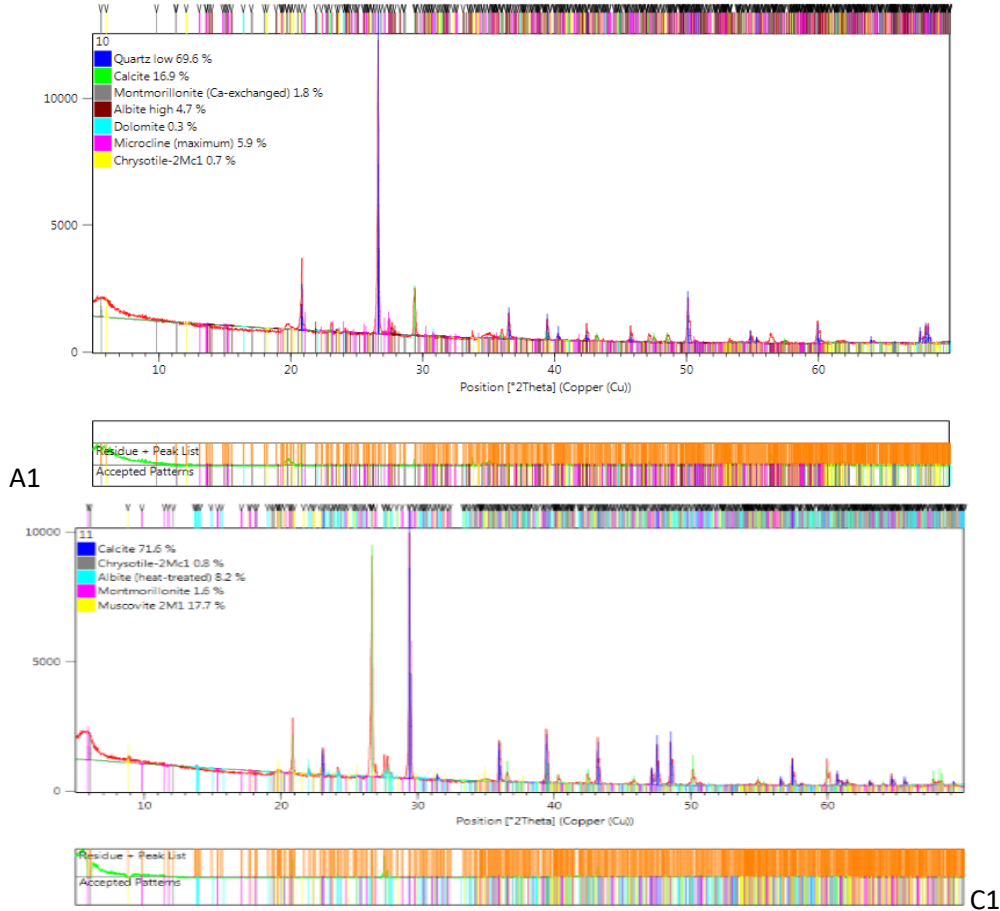
Profil 3 horizonları 78-83 arasında bir CIA indeksi ile orta-ileri derecede ayrılmış topraklar sınıfında yer almaktadırlar. En fazla ayrışma CIA (83) Ap horizonunda görülmektedir. Nitekim plajiolklas ayrışma oranı (PIA) değeri sözkonusu horizonunda tüm horizonlar içerisinde en yüksek değerde (93) saptanmıştır (Çizelge 3). Bunun yanında bu horizonunda C/N oranı da diğerlerine göre dardır (22) ve bu durum söz konusu profilde, diğer profillere göre minerallerle birlikte organik maddenin de oldukça ayrıştığını göstermektedir. Organik madde mineral değişimi ve alterasyonunda çok önemli bir etmen olup toprak genesisinde oldukça önemlidir (Fox, 1995). Colman (1982), topraklarda  $SiO_2/Al_2O_3+Fe_2O_3+TiO_2$  oranında bir azalmanın yerinde ayrışmanın (in situ) bir göstergesi olarak kabul edilebileceğini bildirmektedir. Bu çalışmada profil 3 de söz konusu oranın 4,31'den 3,01'e düştüğü görülmektedir (Çizelge 3). Bu durum, incelenen profilde aynı zamanda yerinde ayrışma olayının varlığını da göstermektedir.





Şekil 6. Profil 3'ün Ap, Ass3 ve Ck horizonuna ait XRD difraktogramı

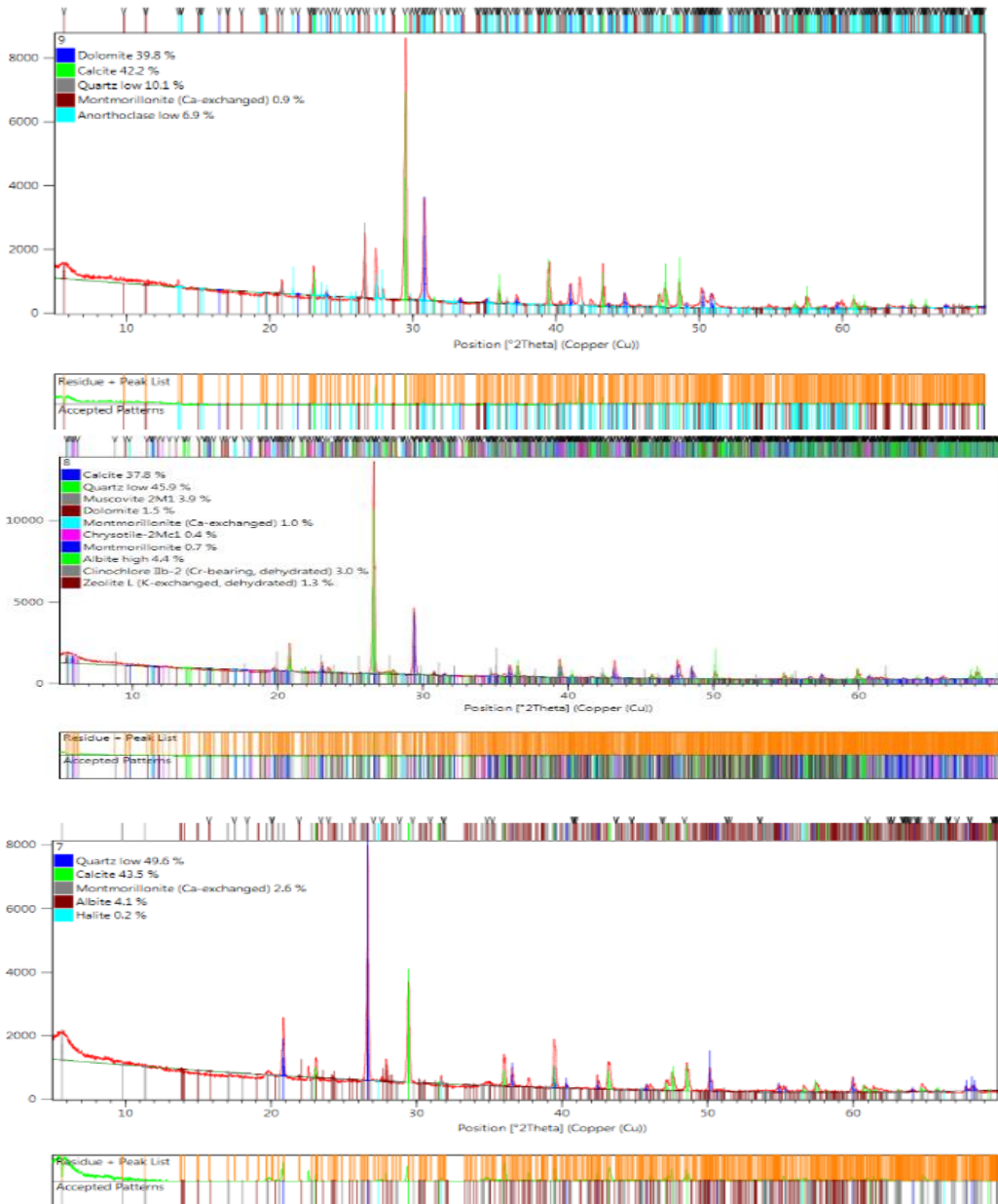
Profil 4, eğimin oldukça fazla olduğu (%8-12) eski yüksek deniz teraslarının sırt-omuz konumunda, kireçli ve kili-kumlu ana materyaller üzerinde oluşmuş, orta-şiddetli erozyon etkisiyle sık bir profil yapısına sahiptir. Bu nedenle profilde tanımlayıcı yüzey - yüzey altı horizonu bulunmamakta ve A-C horizon dizilimi görülmektedir. Üst horizonlarda killi tın, alt horizonlarda ise kumlu tın tekstür hakimdir. XRD analiz sonuçlarından anlaşılacağı üzere ana materyallerinde albit, muskovit ve kalsit gibi ana materyalden geçen mineraller fazladır. Ayrıca düşük sıcaklıklarda oluşan bir K-feldspat olan mikroklin de saptanmıştır. Bu mineral genellikle albit minerali ile birlikte bulunmaktadır (Kurt ve Arık, 2007). Ancak, atmosferik koşullara bağlı olarak yüzeyde bazı minerallerde ayrışma kısmen fazladır ve CIA indeksi 77 değeriyle orta ayrışmış sınıfta belirlenmiştir. Bu ayrışma profilde en yüksek oranda bulunan kalsit mineralinde daha yüksek oranda gerçekleşmiştir. Nitekim C horizonunda %71,6 oranında bulunan kalsit minerali A1 horizonunda %16,9 olarak saptanmıştır. (Şekil 7).



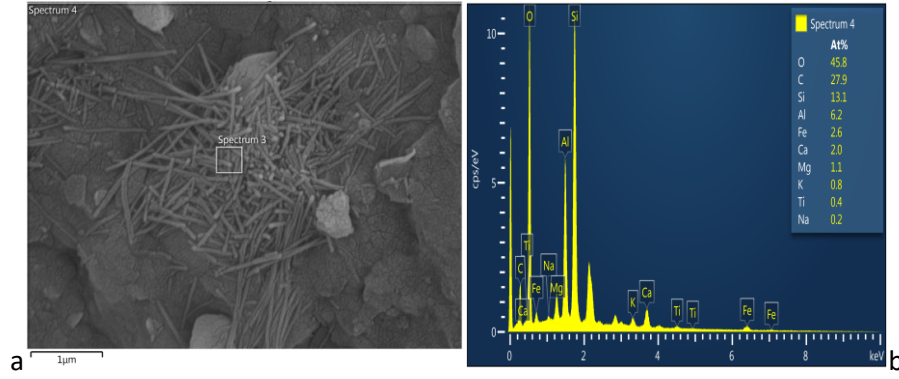
Şekil 7. Profil 4'ün A1 ve C1 horizonuna ait XRD difraktogramı

Profil 5, eğimin %3-4 olduğu eski yüksek deniz teraslarında, kireçli- kumlu depozitlerin yer aldığı tepe üstü düzlüğünde (doruk-summit) oluşmuştur (Şekil 2). A-B-C horizon dizilimine sahip profilin en üst katmanında koyu renkli, yüksek oranda organik madde ile karışmış mineral A1 horizonu bulunmaktadır. A horizonunun altında ise zayıf gelişen, blok sütrüktüre sahip ve kısmen kil artışının görüldüğü kambik horizon bulunmaktadır. Profilde hakim tekstür kumlu kil tındır.

Horizonların X-Işını difraksiyon (XRD) analiz sonuçlarından da görüldüğü üzere tüm horizonlarda en fazla kuvars ve kalsit mineraline rastlanmaktadır. Bunun yanında albit, montmorillonit ve muskovit gibi minerallere de mevcuttur (Şekil 8). Profil 5 in kambik horizonundaki silika ve kil minerallerinin SEM ve EDS görüntüleri (Şekil 9) da sunulmuştur. Profil 5 CIA indeksine göre (68-75) orta derecede ayrılmış sınıfındadır.  $SiO_2/Al_2O_3$  oranlarında alta doğru bir artış olması (yıkama - kil taşınmasının olmaması) yerinde ayrışmanın (in-situ) varlığını göstermektedir (Çizelge 3).



Şekil 8. Profil 5'in A1, Bw ve Cr horizonuna ait XRD difraktogramı



Şekil 9. Profil 5'in Bw horizonuna ait SEM görüntüsü (spektrum 3 ve 4) üzerindeki silika partikülleri ve etrafındaki kil oluşumu (a), spektrum 4'ün EDS mikrografları (b).

### Toprakların sınıflandırılması

Çalışılan profil topraklarının Toprak Taksonomisi (Soil Surey Staff, 2014) ve WRB toprak sınıflandırma sistemine (IUSS, 2014) göre sınıflandırması Çizelge 4'de verilmiştir. Çalışma alanında toprak nem rejimi xeric, toprak sıcaklık rejimi ise thermictir. Suluca-Kocaveliköy katenasında eğimin en az olduğu noktadan itibaren üst yamaçlar ve omuz kısmına doğru sırasıyla Inceptisol, Mollisol, Vertisol ve Entisol ordoları saptanmıştır. Doruk noktasındaki tepe üstü düzlüğünde ise erozyonun daha az olması ve bitki örtüsünün fundalık olması nedeniyle yüksek oranda saptanan organik maddeye bağlı olarak Mollisol ordosuna ait topraklar belirlenmiştir. WRB sistemine göre yapılan sınıflandırmada ise incelenen toprak profilleri calcisols, phaeozems, leptosols, vertisols ve cambisols referans toprak gruplarında sınıflandırılmıştır.

Çizelge 4. Çalışma alanı topraklarının sınıflandırılması

Toprak Taksonomisi-2014					WRB-2014
Profil	Ordo	Alt ordo	Büyük grup	Alt grup	Referans toprak grubu
1	Inceptisol	Xerepts	Calcixerepts	Vertic Calcixerepts	Cambic Calcisols
2	Mollisol	Xerolls	Haploxerolls	Calcic Haploxerolls	Cambic Phaeozems
3	Vertisol	Xererts	Calcixererts	Typic Calcixererts	Calcic Mollic Vertisols (Calcaric)
4	Entisol	Orthents	Xerorthent	Lithic Xerorthents	Rendzic, Calcaric Leptosols
5	Mollisol	Xerolls	Durixerolles	Haploxerollic Durixerols	Petroduric, Cambic Phaeozems

### Sonuçlar

Suluca-Kocaveliköy (Lapseki-Çanakkale) katenasında yürütülen bu çalışma, genellikle kireçli ve killi, kısmen kumlu eski deniz teraslarının farklı eğim ve yüksekliğe sahip arazi konumlarında gerçekleştirilmiştir. Arazi peyzajının oluşumunda eğimle birlikte erozyon, kolüviyal birikimler ve çamur akıntıları etkili olmuştur. Profillerin bulunduğu konumlar eğimi %1-2 olduğu kolüviyal alt etek düzü (toeslope - P1), eğimin %2-3 olduğu kolüviyal alt etek (footslope- P2), taşınmış materyallerin birikim gösterdiği orta eğimli doğal teraslar (midslope) -P3), %8-12 dışbükey eğimli yamaç- omuz (backslope-shoulder -P4) ve tepe üstü düzlüğünden (zirve -summit) oluşmaktadır. Toprak derinliği alt düzlüklerde ortalama 80 cm nin üzerinde iken erozyonun şiddetli olduğu omuz kısmında 30 cm kadardır.

Alt ve orta eğimde (toeslope,footslope ve midslope) oluşmuş toprakların strüktürü sığ ve erozyon etkisi görülen üst eğimdekilere göre daha kuvvetlidir.Orta eğimde doğal teraslar üzerinde genellikle marn üzerinde oluşmuş 3 nolu profilin tüm horizonları %40 tan fazla kil içeriğine sahiptir.



Bu kısımda topoğrafik yapı toprağa su girişine izin vermesi nedeniyle özellikle kimyasal ayrışmanın hızı daha fazladır. Alt kısımlardaki (toeslope, footslope) 1 ve 3 nolu profiller %30-40 arasında, tepe düzlüğünde oluşmuş 5 nolu profil %20-30 arasında, ve erozyon etkisinde olan (backslope-shoulder) 4 nolu profil ise %20 den daha az kil içermektedir. Buna bağlı olarak ve 3 nolu profil toprakları  $40\text{cmolkg}^{-1}$  dan daha yüksek bir kation değişim kapasitesine (KDK) sahiptir. Alt kısımlarda oluşan 1 ve 2 nolu profil topraklarının rengi genellikle koyu grimsi kahve, 3 nolu profil koyu kahverengidir. Üst kısımda eğimin fazla olduğu özellikle 4 nolu profilde ise erozyonun da etkisiyle kireçli ana materyaller yüzeye yakın konumdadır. Bu nedenle toprak rengi oldukça açık (sarımsı kahverengi) tondadır. Bu profiller alt kısımdaki profillerden daha yüksek oranda (>%30) kireç içermektedir.

Alt düzlüklerde oluşmuş profil 1 ve 2 nin X-Işını difraksiyon (XRD) analiz sonuçları, tüm horizonlarda kuvars mineralinin fazla olduğu, bunun yanında albit, kalsit ve silikat minerallerinin de varlığını göstermektedir. Profil boyunca farklı minerallere rastlanması ve derinlikle bu mineral oranlarının düzensiz olarak değişmesi söz konusu profillerin yukarı kısımlardan çamur akıntısı veya kolüviyal taşınmayla gelen materyal taşınma ve yığılmalarından etkilendiğini göstermektedir. Buna karşın 1 ve 2 no lu profile göre daha yüksek rakımdaki yüksek deniz teraslarının hafif-orta eğimli yamaçlarında yer alan profil 3, doğal bir teras konumunda bulunması ve marn üzerinde oluşması nedeniyle kil içerüü yüksektir ve orta- derin profil yapısına sahiptir. Profil boyunca görülen çatlaklar ve sürtünme yüzeyleri söz konusu profilde 2:1 tipi killerin varlığını göstermektedir. Nitekim XRD analizlerinde 3 no'lu profilin tüm horizonlarında 2:1 tipi kil minerallerinden montmorillonit saptanmıştır. Profil 4 ise, eğimin oldukça fazla olduğu (%8-12) eski yüksek deniz teraslarının sırt-omuz konumunda, kireçli ve killi-kumlu materyaller üzerinde oluşmuş, orta-şiddetli erozyon etkisiyle sık bir profil yapısına sahiptir. XRD analiz sonuçlarına göre ana materyallerinde saptanan albit, muskovit ve kalsit gibi ana materyalden geçen minerallerin fazlalığı ayrışmanın düşük olduğunu göstermektedir. Eğimin %3-4 olduğu eski yüksek deniz teraslarında, kireçli- kumlu depozitlerin yer aldığı tepe üstü düzlüğünde (doruk-summit) oluşan profil 5'in en üst katmanında koyu renkli, yüksek oranda organik madde ile karışmış mineral A1 horizonu bulunmaktadır. A horizonunun altında ise zayıf gelişen, blok sütrüktüre sahip ve kısmen kil artışının görüldüğü kambik horizon bulunmaktadır. Bu horizonsda yerinde ayrışma ile kil oluşumu ayrışma indeksleri ile de doğrulanmıştır. Horizonların X-Işını difraksiyon (XRD) analiz sonuçlarından da görüldüğü üzere tüm horizonlarda en fazla kuvars ve kalsit ile albit, montmorillonit ve muskovit gibi minerallere de rastlanmıştır.

Suluca-Kocaveliköy katenasında düşük eğimden üst yamaçlar ve omuz kısmına doğru sırasıyla inceptisol, mollisol, vertisol ve entisol ordoları belirlenmiştir. Doruk noktasındaki tepe üstü düzlüğünde ise erozyonun daha az olması ve bitki örtüsünün fundalık olması nedeniyle yüzeyde yüksek orandaki organik maddeye bağlı olarak mollisol ordosu bulunmaktadır. Çalışma sonucunda dört farklı toprak ordosu saptanmıştır. Bu durum, benzer iklim ve ana materyale sahip Suluca-Kocaveliköy katenasında, topoğrafik yapı ve drenaj faktörünün değişmesi ile yaklaşık 4 km gibi kısa bir mesafede bile farklı toprakların oluşabileceğini ortaya koymaktadır.

### Teşekkür

Bu çalışma 1.yazarın yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir. Çalışmaya; FHD-2018-1430 numaralı proje kapsamında destek veren Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine, araştırmanın oksit analizlerini gerçekleştiren kimya mühendisi Sayın Elif BAYKAL'a, XRD ve SEM analizlerini yapan ÇOMÜ ÇOBİLTUM yöneticilerine ve laboratuvar personeline, çeşitli toprak analizlerinde yardımcı olan Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümünden Dr. Arş. Gör. Remzi İLAY ve Dr. Arş. Gör. Gizem AKSU'ya, çalışma süreci boyunca yardımlarını gördüğümüz Sadiye Tuğçe EREN ve Fatma Funda BAŞARLAR'a katkılarından dolayı teşekkürü bir borç biliriz.

### Kaynaklar

- Anonim, 1996. Soil Science Terms. SSSA, Inc. Wisconsin, USA.  
Anonim, 1999. Çanakkale İli Arazi Varlığı. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yay. Rapor no:17. Ankara.  
Applegarth, M And Dahms D.E., 2001. Soil catenas of calcereous tills, Whiskey Basin, Wyoming, USA. Catena. 42: 17-38.  
Atabey, E., Ilgar A., ve Sakıtış A., 2004. Çanakkale Havzasının ot-rta-üst miyosen stratigrafisi, Çanakkale, KB Türkiye, MTA Dergisi. 1: 29-97.



- Başarlar, F.F. ve Ekinci, H., 2019. Bayramiç-Çan arası farklı jeolojik ve jeomorfolojik araziler üzerinde oluşmuş toprakların özellikleri ve sınıflandırılması. ÇOMÜ Zir. Fak. Derg. (COMU J. Agric. Fac.). 7 (1): 69–80.
- Bouyoucos, G.S., 1951. A recalibration of the hydrometer methods for making mechanical analysis of soil. *Agron. Jour.* 43.
- Colman, S. M., 1982. Chemical weathering of basalts and andesites; evidence from weathering rinds (No. 1246). USGPO.
- Dent, D., Young, A., 1981. Soil survey and land evaluation. George Allen & Unwin (Publishers) Ltd. 40 Museum Street, London WC1A1LU, UK. 278p.
- DMİ, 2016. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (DMİ). Çanakkale [www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=Çanakkale](http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=Çanakkale)
- Ekinci, H., Yüksel, O., 2014. Soil formation on terraces with different elevations in meric catchment. 9th international soil science congress on “the soul of soil and civilization”. October 14-16, 2014. Side, Antalya, Turkey
- FAO, 1976. A Framework for land evaluation. *FAO Soils Bulletin.* 32(72).
- Fox, T.R., 1995. The influence of low-molecular-weight organic acids on properties and processes in forest soils. in: Mcfee, W.W., Kelly, J. M. (Eds.), Carbon forms and functions in forest soils. soil science society of american, madison, WI, Pp: 43-62.
- Grewelling, T., Peech M., 1960. Chemical soil test. *Cornell Univ. Agr. Expt. Sta. Bull.* No 960.
- Güngördü, M., 1993. Güney Marmara Bölümünün (Batı Kesimi) Bitki Coğrafyası. İstanbul Üniversitesi.
- Harris, W., White, G.N., 2008. X-Ray Diffraction techniques for soil mineral identification. Soil Science Society of America. 677 S. Segoe Road, Madison, WI 53711, USA. In: Ulery, A.L. and Drees, L.R. Ed, Method of Soil Analysis. Part 5. Mineralogical Methods. SSSA Book Series, no.5.
- IUSS Working Group, WRB., 2015. world reference base for soil resources 2014, update 2015 international soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. *World Soil Resources.* FAO, Rome. Reports No. 106.
- Kapur, S., 1975. A pedological study of three soils from s. Turkey Ph.D. Thesis. Univ of Aberdeen. 185p.
- Kirsten, W.J., 1983. Organic elemental analysis: ultramicro, micro and trace methods. academic press, London.
- Kiyuchevskii, V.D., 1972. Origin and evolution of the concept of soil cover pattern. *Moscow.* 7-14
- Kurt, H. ve Arık F., 2007. Mineraloji. Nobel Yay. No: 1190. Teknik Bilimler.
- Mitchell, W.A., Irmak, A., 1957. Turkish forest soils *J. Soil Sci.* 8:184-192.
- MTA, 2008. Maden Tetkik ve Arama Gen. Müd. –Ankara
- Richards, L.A., 1954. diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *USDA Agr. Handbook.* No 66
- Saatçı, F., 1964. İzmir Bölgesine Ait Bazı Büyük Toprak Gruplarının Kil Mineralleri Üzerine Araştırmalar *Ege Ün.Zir Fak. Yay. No:71, s.90. İZMİR.*
- Sağlam, M.T., 2008. Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri. Tekirdağ, Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. No: 2, 154 S.
- Sayın, M., 1985. Seyhan, Berdan ve Göksu Ovaları Topraklarında Toplam Mineralojik Analiz Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *Doğa Bilim Derg.* 9(3): 331-341.
- Sayın, M., 1999. Toprak mineralojisi. Ç.Ü. Ziraat Fak. Gen Yay. No:227. Ders kitapları yayın no:A-72, Adana.
- Schlichling, E., Blume H.P., 1966. *Bodenkundliches praktikum, verlag paul parey, Hamburg-Berlin*
- Smith, H.W., Weldon M.D., 1941. A Comparison of some methods for the determination of soil organic matter. *soil science Society American Proceeding.* 5: 177-182.
- Soil Survey Staff, 2017. Soil survey manual. United States Department of Agriculture, Handbook No.18.
- Soil Survey Staff., 2014. Keys to soil taxonomy. Soil Survey Staff, U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service. S.372.
- Tegene, B., 1997. Variabilities of soil catena on degraded hillslopes of Watiya Catchment, Welo, Ethiopia. *Sinet, an Ethiopian Journal of Science.* 20(2): 151-175.
- Timpson, M.E., Lee S. Y., Ammons, J.T., Foss, J.E., 1996. Mineralogical investigation of soils formed in calcareous gravelly alluvium, Eastern Crete, Greece. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60: 299-308.
- USDA, 1954. US salinity laboratory diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *Agr Handbook* no.60. 160p. USA.
- Ülgen, N., Yurtsever N., 1995. Türkiye gübre ve gübreleme rehberi. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No: 209, Teknik Yayınlar No: T.66, Ankara Üzerinde Bir Araştırma. Ank. Üni. Ziraat Fak. Yay. 312. Ank. Uni. Basımevi, Ankara. 1969.
- Verstraten, J. M., Sevink J., 1978. Clay soils on limestone in South Limburg, The Netherlands, 2. *Weathering. Geoderma.* 21(4): 269-280.
- Wagner, S., Costantini, E. A., Sauer, D., Stahr, K., 2007. Soil genesis in a marine terrace sequence of Sicily, Italy. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas.* 24(2): 247-260.



- Weitkamp, W. A., Graham R.C., Anderson M.A., Amrhein C., 1996. Pedogenesis of a vernal pool entisol-alfisol-vertisol catena in Southern California. *Soil Sci.Soc.Am. J.* 60:316-323.
- White, G.N., 2008. Scanning electron microscopy. soil science society of America, 677 S. Segee Road, Madison, WI 53711, USA. In: Ulery, A.L. and Drees, L.R. Ed, *Method of Soil Analysis. Part 5. Mineralogical Methods.* SSSA Book Series, no.5.
- Yüksel, O., Ekinci H., 2019. Determination of selected profile and productivity characteristics of soils formed on Meriç River (Turkey) Terraces. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology.* 7(9): 1397-1403.
- Yüksel, O., Ekinci H., 2019. Yaşlı Nehir (Meriç) terasları üzerinde yer alan bir toprak profilinin özellikleri. 1.Uluslararası Tarım ve Çevre Bilimleri Araştırmaları Kongresi. 07-08 Aralık 2019, Ankara.







Araştırma Makalesi/Research Article

## Variations in Erosion Risk in Western Anatolia (Turkey): Modified Fournier Approach

Ercan Yeşilirmak<sup>1\*</sup>  Levent Atatanır<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Aydın Adnan Menderes University, Aydın, Turkey

<sup>2</sup> Department of Soil Science and Plant Nutrition, Faculty of Agriculture, Aydın Adnan Menderes University, Aydın, Turkey

\* Corresponding author: eyesilirmak@adu.edu.tr

Geliş Tarihi: 25.01.2021

Kabul Tarihi: 20.03.2021

### Abstract

As a result of global warming, more intense rainfall events and hence higher flood and erosion risk are expected to occur more likely. As erosion has been an important environmental problem in Turkey, it would be beneficial to document how it changed during global warming era. The aim of this study is to investigate the temporal evolution of erosion risk from 1950 to 2018 in western Anatolia (Turkey), by using Modified Fournier Index (MFI). Also, temporal patterns of annual average temperature and annual total rainfall were analysed. The results, firstly, showed that the study area has cooled slightly from 1950 to 1976 and strongly warmed afterwards ( $-0.24$  and  $0.48$  °C decade<sup>-1</sup> on average, respectively), which is consistent with the temporal pattern of global average temperature. Neither annual total rainfall nor MFI showed statistically significant tendencies during both periods. Erosion risk during the rapid warming period (average MFI = 116.7) was not different from that in the cooling period (average MFI = 124.7). It follows that, on the contrary to the expectation, erosion risk in the study area stayed unchanged while average temperature increased substantially after mid-1970s.

**Key words:** Climate Change, Erosion, Flood, Temperature, Extreme Precipitation

### Batı Anadolu'da Erozyon Riskindeki Değişimler: Modifiye Fournier Yaklaşımı

#### Öz

Küresel ısınmanın sonucu olarak, daha şiddetli yağışlar ve buna bağlı olarak taşkın ve erozyon riskinde artış beklenmektedir. Erozyonun Türkiye'nin en önemli çevre sorunlarından biri olması nedeniyle, küresel ısınmayla birlikte erozyon riskinde nasıl bir değişim olduğunun ortaya konması yararlı bilgiler verebilir. Bu çalışmada, 1950 ile 2018 yılları arasında, batı Anadolu'da modifiye Fournier indeksi kullanılarak erozyon riskindeki değişimler incelenmiştir. Ayrıca, çalışma alanındaki yıllık ortalama sıcaklıklar ile yıllık toplam yağışlardaki değişimler de incelenmiştir. Sonuçlar, çalışma alanındaki yıllık ortalama sıcaklıkların, küresel sıcaklık değişimi ile uyumlu olarak, 1950 ile 1976 arasında hafif bir azalış ve ardından 1976 sonrasında ise hızlı bir artış eğiliminde olduğunu (ortalama olarak, sırasıyla,  $-0.24$  and  $0.48$  °C onyıl<sup>-1</sup>), hem yıllık toplam yağışlarda hem de MFI değerlerinde her iki dönem içinde de istatistiksel olarak önemli bir değişim eğilimi olmadığını göstermiştir. Hızlı ısınma dönemindeki erozyon riski (ortalama MFI = 116.7), hafif soğuma dönemindekinden (ortalama MFI = 124.7) farklı bulunmamıştır. Batı Anadolu'daki 1970'lerin ortasından itibaren gerçekleşen hızlı sıcaklık artışına rağmen, beklentinin aksine, erozyon riskinde bir değişim olmadığı saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** İklim Değişikliği, Erozyon, Taşkın, Sıcaklık, Ekstrem Yağış

### Introduction

Erosion has long been considered as the most important environmental problem in Turkey. Land use, topography, soil type, vegetation and rainfall are the most important factors that cause erosion by water. Turkey has a mean elevation of 1250 m, and more than 64% of its surface area has a slope greater than 12% (Parlak, 2014). About 12% of Turkey is under severe or very severe erosion risk. As a result of intensive measures, annual soil loss due to erosion has dropped from 500 million tons per year in 1970s to 154 million tons in 2017, and is projected to drop to 130 million tons in 2023 (Anonymous, 2020).

Estimation of soil loss due to erosion is crucial in terms of adopting proper land use planning and development strategies (Biswas and Pani, 2015). Among the various estimation methods, the Universal Soil Loss Equation (USLE) or revised USLE (RUSLE) are extensively used approaches. The USLE is given as

$$A = RKLSCP$$

(1)

where A is average annual soil loss ( $\text{ton ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ ) over the long term period, R is the rainfall–runoff “erosivity” factor, K is the soil “erodibility” factor, L and S are the topographic factors, C is the crop and crop management factor, and P is the soil conservation practice factor (Kinnell, 2010). R factor is considered as the most important component of the USLE (Amara et al., 2020), and determined by calculating the average annual sum of the product of a storm’s kinetic energy (E) and its maximum 30-min intensity (I30), known as the EI30 (Garcia-Marin et al., 2017). High-resolution rainfall data are required to calculate R values. However, such data are generally unavailable in required spatial and temporal coverage. Instead, alternative indices were developed and have been extensively used, which make use of daily, monthly or annual rainfall total. The index proposed by Fournier (1960) was shown to have a high correlation with the amount of sediment transported into stream by runoff (Munka et al., 2007). Fournier index (FI) is the squared monthly rainfall divided by annual rainfall total. Modified Fournier Index abbreviated as MFI is the total of all FI values within a year. Numerous researches made use of FI and/or MFI to explore the status and/or time variation of erosion risk, or to estimate R value in USLE/RUSLE models, for example in Rwanda (Muhire et al., 2015), in Spain (De Luis et al., 2010; Hernando and Romana, 2015; Garcia-Marin et al., 2017), in Italy (Di Lena et al., 2013; Capra et al., 2017), in Ethiopia (Meshesha et al., 2015), in Uruguay (Munka et al., 2007), in Portugal (Nunes et al., 2016), in Jordan (Eltaif et al., 2010), in Korea (Lee and Heo, 2011), in the Netherlands (Lukiç et al., 2018), in Turkey (Bayramin et al., 2006; İrvem et al., 2007; Yuksel et al., 2008; Imamoglu and Dengiz, 2017; Oğuz, 2019).

The earth has been experiencing a temperature increase since the late 19th century. With the warming, changes in extreme precipitation events are expected (Cubasch et al., 2013), due to the increase in water holding capacity of air as a result of increased air temperature (Fowler and Hennessy, 1995; Mishra and Singh, 2010), leading to more frequent and severe flood events (Li et al., 2011; Coscarelli and Caloiero 2012) and thereby a higher risk of erosion.

Previous studies have shown that Turkey, particularly western Anatolia, have experienced substantial warming for 30-40 years (Akçakaya et al., 2015). It would be crucial to ascertain how erosion risk has changed over that period; has it become more severe under increased air temperature as expected? The objective of this study is to answer that question using MFI for the period from 1950 to 2018. The results are expected be useful for soil conservation and/or water management strategies and for understanding regional effects of increased temperature.

## Materials and Methods

The stations whose climatic data analysed in this study are located in western Anatolia, limited by Marmara Sea in the north, Aegean Sea in the west and Mediterranean Sea in the south (Figure 1). The stations are also listed in Table 1, together with their geographical attributes.

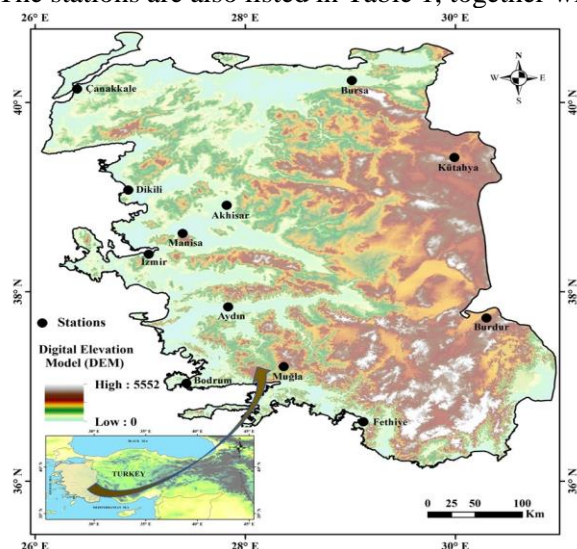


Figure 1. Locations of the stations within western Anatolia.



Precipitation and temperature data were supplied from The State Meteorological Service of Turkey (MGM) for 12 weather stations in daily basis, which cover the period from 1950 to 2018 with minimum missing data and the longest period of record possible. The percentage of missing days at any station was less than 0.5%. All of them were filled by averaging the values of the neighbouring days (Li et al., 2011). Daily values were summed or averaged to obtain firstly monthly, then seasonal and annual totals or averages. Each rainfall and temperature series were checked for consistency by the double-mass curve method (Zhang et al., 2012). The results revealed that all series were consistent.

Table 1. The list of the stations with their geographical attributes

Station	Latitude (°N)	Longitude (°E)	Elevation (m.a.s.l.)
Akhisar	38.9118	27.8233	92
Aydın	37.8402	27.8379	56
Bodrum	37.0328	27.4398	26
Burdur	37.7220	30.2940	957
Bursa	40.2308	29.0133	100
Çanakkale	40.1410	26.3993	6
Dikili	39.0737	26.8880	3
Fethiye	36.6266	29.1238	3
İzmir	38.3949	27.0819	29
Kütahya	39.4171	29.9891	969
Manisa	38.6153	27.4049	71
Muğla	37.2095	28.3668	646

Modified Fournier Index (MFI), which was originally proposed by Fournier (1960) and then modified by Arnoldus (1980) is calculated for each year as given below

$$MFI = \frac{\sum_{i=1}^{12} P_i^2}{R} \quad (2)$$

where P is the monthly rainfall total and R is the annual rainfall total. Based on index values, rainfall erosivity is classified as very low ( $0 < MFI < 60$ ), low ( $60 < MFI < 90$ ), moderate ( $90 < MFI < 120$ ), high ( $120 < MFI < 160$ ), and very high ( $MFI > 160$ ) (Nunes et al., 2016).

Non-parametric Mann-Kendall test was employed to detect statistical significance of trends in each time series at each station by using the Excel template MAKESSENS (Salmi et al., 2002). In Mann-Kendall test, the null hypothesis of no trend ( $H_0$ ) is that the observations  $x_i$  are randomly ordered in time. Alternative hypothesis ( $H_1$ ) states that there exists an upward or downward monotonic trend. The test statistic  $S$  is calculated as given below

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (3)$$

where  $x_j$  and  $x_k$  are the values in year  $j$  and  $k$ , respectively, and

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & \text{if } x_j - x_k > 0 \\ 0 & \text{if } x_j - x_k = 0 \\ -1 & \text{if } x_j - x_k < 0 \end{cases} \quad (4)$$

If the number of data points is 9 or less, then the absolute value of  $S$  is compared directly to the theoretical distribution of  $S$  (Gilbert, 1987). The normal approximation test is used, If  $n$  is at least 10. The variance of  $S$  is estimated using the following equation which considers equal values, if any,

$$\text{VAR}(S) = \frac{1}{18} [n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5)] \quad (5)$$



where  $q$  is the number of tied groups and  $t_p$  is the number of data values in the  $p^{th}$  group. Then, the test statistic  $Z$  is calculated using  $S$  and  $VAR(S)$  as follows

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{VAR(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{VAR(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (6)$$

A positive (negative) value of  $Z$  indicates an upward (downward) trend. The statistic  $Z$  has a normal distribution. If there is a statistically significant monotonic trend (a two-tailed test) at  $\alpha$  level of significance,  $H_0$  is rejected if the absolute value of  $Z$  is greater than  $Z_{1-\alpha/2}$  where  $Z_{1-\alpha/2}$  is obtained from the standard normal cumulative distribution tables. In this study, the significance level of  $\alpha = 0.05$  was used. The trend rates ( $\beta$ ) were determined using Sen's Slope Estimator:

$$\beta = \text{Median} \left( \frac{x_i - x_j}{i - j} \right), \forall j < i \quad (7)$$

The statistical significance of changes in mean values of MFI between subperiods was evaluated using t-test (Munka et al., 2007).

### Results

Firstly, temporal patterns of annual mean temperature series for all individual stations and regional mean averaged over all stations were investigated during whole period of 1950-2018. Figure 2 shows the temporal evolution of regional annual average temperature from 1950 to 2018. There was a cooling tendency between 1950 and 1976, with a rate of  $0.24 \text{ }^\circ\text{C decade}^{-1}$  on average. The year 1976 was the coolest year,  $15.1 \text{ }^\circ\text{C}$  on average, over the whole study period of 1950-2018. At individual stations, this cooling is statistically significant at 95% level at only three stations, namely Aydın, Burdur and Fethiye (Table 2). The highest rate of cooling was observed at Fethiye with a rate of  $-0.92 \text{ }^\circ\text{C decade}^{-1}$ .

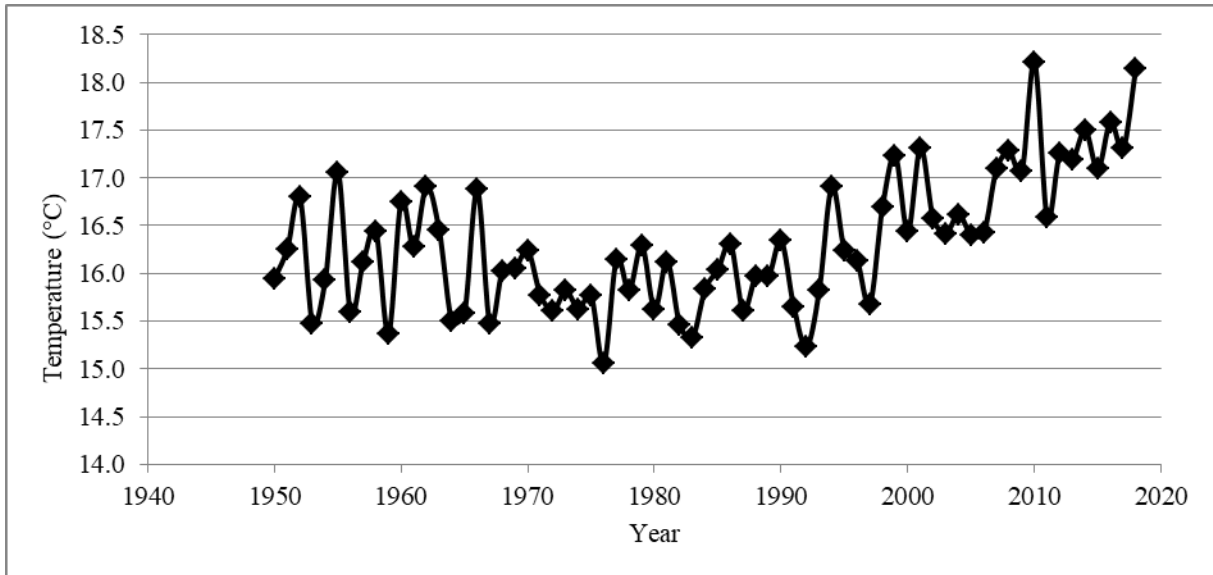


Figure 2. Temporal pattern of regional mean temperature over the study area

After the coolest year 1976, annual average temperature experienced a rapid increase. During this period, all stations had statistically significant increasing trends, ranging from  $0.37 \text{ }^\circ\text{C decade}^{-1}$  at İzmir to  $0.77 \text{ }^\circ\text{C decade}^{-1}$  at Fethiye. Regional annual average trend was  $0.48 \text{ }^\circ\text{C decade}^{-1}$ . When seasonal average temperatures were analysed for trends during the same period, it was found that the



trend rates were not homogeneous among seasons (Table 2). The rate of increase was the highest in summer and the lowest in winter at all stations, 0.071 °C year<sup>-1</sup> and 0.029 °C year<sup>-1</sup>, respectively, in terms of regional averages. In other words, summer has warmed more than winter.

Table 2. Annual and seasonal average temperature trend rates (°C year<sup>-1</sup>) (Statistically significant trends at 95% shown in bold and red)

Station	Annual		Seasonal (1976-2018)			
	1950-1976	1976-2018	Summer	Fall	Winter	Spring
Akhisar	-0.022	<b>0.052</b>	<b>0.080</b>	<b>0.052</b>	0.020	<b>0.057</b>
Aydın	<b>-0.045</b>	<b>0.049</b>	<b>0.069</b>	<b>0.045</b>	<b>0.027</b>	<b>0.046</b>
Bodrum	-0.008	<b>0.054</b>	<b>0.078</b>	<b>0.053</b>	<b>0.039</b>	<b>0.052</b>
Burdur	<b>-0.043</b>	<b>0.039</b>	<b>0.062</b>	<b>0.032</b>	0.021	<b>0.046</b>
Bursa	-0.025	<b>0.048</b>	<b>0.075</b>	<b>0.043</b>	0.023	<b>0.051</b>
Çanakkale	-0.021	<b>0.048</b>	<b>0.072</b>	<b>0.049</b>	0.030	<b>0.050</b>
Dikili	-0.021	<b>0.040</b>	<b>0.067</b>	<b>0.033</b>	0.029	<b>0.047</b>
Fethiye	<b>-0.092</b>	<b>0.077</b>	<b>0.113</b>	<b>0.075</b>	<b>0.048</b>	<b>0.072</b>
İzmir	-0.012	<b>0.037</b>	<b>0.050</b>	<b>0.033</b>	0.025	<b>0.043</b>
Kütahya	-0.003	<b>0.051</b>	<b>0.069</b>	<b>0.044</b>	<b>0.039</b>	<b>0.050</b>
Manisa	-0.012	<b>0.042</b>	<b>0.059</b>	<b>0.041</b>	0.017	<b>0.048</b>
Muğla	-0.023	<b>0.041</b>	<b>0.059</b>	<b>0.031</b>	<b>0.027</b>	<b>0.042</b>
Average	-0.024	0.048	0.071	0.044	0.029	0.050

Annual total rainfall experienced non-significant trends at all stations during both periods of 1950-1976 and 1976-2018, except Bursa between 1976 and 2018 (Table 3). Annual total rainfall increased at Bursa with a rate of 34 mm decade<sup>-1</sup> during 1976-2018. Regionally, there were slight decrease and increase with the rates of -13 mm decade<sup>-1</sup> and 14 mm decade<sup>-1</sup>, respectively.

There has been an apparent seasonality in rainfall distribution among seasons (Table 3). A significant portion of total annual rainfall drops during winter. Winter rainfall contribution is as high as 59.0 % at Bodrum. Its regional average is 48.6%. Summer is the season in which the lowest amount of rainfall occurs. Summer rainfall contribution reaches the highest percentage (13.2%) at Kütahya. It is less than 1% at Bodrum and Fethiye. In terms of regional average, about 5.1% total annual rainfall falls in summer.

Table 3. Trends in annual total rainfall (statistically significant trends at 95% shown in bold and red) and the percentage of seasonal rainfall within annual rainfall

Station	Annual Total Rainfall Trend (mm year <sup>-1</sup> )		Rainfall Percentage (%)			
	1950-1976	1976-2018	Summer	Fall	Winter	Spring
Akhisar	-1.9	-0.6	4.0	22.1	47.9	26.0
Aydın	-5.2	1.4	3.1	21.8	50.1	25.0
Bodrum	-5.9	1.5	0.7	22.6	59.0	17.7
Burdur	-2.7	0.4	11.7	20.2	36.5	31.6
Bursa	3.1	<b>3.4</b>	9.4	26.5	38.3	25.8
Çanakkale	-2.9	2.4	6.5	26.9	43.6	23.0
Dikili	-2.6	0.7	2.3	23.6	51.9	22.2
Fethiye	-5.1	1.3	0.8	23.4	58.1	17.7
İzmir	1.4	0.6	2.0	22.3	53.6	22.1
Kütahya	3.7	1.3	13.2	20.3	36.8	29.7
Manisa	3.4	-0.5	4.1	21.4	50.5	24.0
Muğla	1.1	1.2	3.6	19.3	56.8	20.3
Average	-1.3	1.4	5.1	22.5	48.6	23.8

Average MFI values at individual stations during the periods 1950-1976 and 1976-2018, and the corresponding MFI classes are shown in Table 4. During the first period, MFI changed from 59.4



(Burdur) to 228.9 (Muğla). While six stations had either “high” or “very high” risk of erosion, three stations had either “low” or “very low”. Only three stations had “moderate” erosivity. During the next period (1976–2018), MFI ranged from 60.2 (Burdur) to 205.3 (Muğla). In terms of erosion risk, five stations had “high” or “very high”, and only two stations “low” erosion risk. Muğla and Fethiye located in South-western part of the study area are characterized as the locations with highest erosion risk during both periods.

Table 4 shows also the changes in average MFI from the period 1950-1976 to the period 1976-2018, together with corresponding risk classes, not only at individual stations but also in regional average. There were an overall slight decrease (5.2%) in regionally averaged MFI, from 124.7 (high) to 116.7 (moderate).

Table 4. Average values, classes, and changes in MFI during two periods (statistically significant changes at 95% in average MFI shown in bold and red)

Station	1950 - 1976		1976 – 2018		Change in MFI	
	Average	Class	Average	Class	Absolute	Relative (%)
Akhisar	103.0	Moderate	95.3	Moderate	-7.7	-7.5
Aydın	107.8	Moderate	110.0	Moderate	2.2	2.0
Bodrum	148.2	High	138.2	High	-10.0	-6.7
Burdur	59.4	Very low	60.2	Low	0.8	1.3
Bursa	89.4	Low	93.0	Moderate	3.6	4.0
Çanakkale	105.4	Moderate	98.3	Moderate	-7.1	-6.7
Dikili	133.2	High	105.4	Moderate	<b>-27.8</b>	-20.9
Fethiye	186.2	Very high	167.1	Very high	-19.1	-10.3
İzmir	127.8	High	131.3	High	3.5	2.7
Kütahya	76.0	Low	72.6	Low	-3.4	-4.5
Manisa	130.7	High	123.7	High	-7.0	-5.4
Muğla	228.9	Very high	205.3	Very high	-23.6	-10.3
Average	124.7	High	116.7	Moderate	-8.0	-5.2

At individual stations, while eight stations had lower MFI during next period than previous one, four stations had higher MFI. Increases seem to be minuscule compared to decreases. While increases ranged from 1.3% to 4%, decreases varied from 5.4% to 20.9%, which made regionally averaged MFI decreasing. The only statistically significant change was observed at Dikili where MFI decreased from 133.2 (high) to 105.4 (moderate), corresponding to 20.9% decline. The classes stayed unchanged at nine stations. But, it shifted from “very low” to “low”, from “low” to “moderate” and from “high” to “moderate” at other three stations (Table 4).

Temporal trends of MFI values during the periods 1950-1976 and 1976-2018 are presented in Table 5. In terms of regional averages, there were slight decreasing tendency between 1950 and 1976 and slight increasing tendency from 1976 to 2018. At individual stations, the only statistically significant trend occurred at Bursa with a rate of 0.396 year<sup>-1</sup>, equivalent to 17.0 increase in MFI value during 1976-2018. Other stations showed non-significant trends during both periods.

Table 6 displays the association between some geographic variables (latitude, longitude and elevation) and spatial and temporal variations of MFI and rainfall. Latitude has an inverse statistically significant correlation with MFI during both periods ( $r = -0.59$  and  $r = -0.61$ , respectively). Latitude has also negative but non-significant correlation with annual rainfall. However, latitude has a positive (non-significant) influence on spatial and temporal variations of MFI and rainfall during both periods, with  $r$  values ranging from 0.31 to 0.53. On the other hand, neither longitude nor elevation has an influence on MFI and rainfall in spatial and temporal domains.



Table 5. MFI trend rates during two periods (statistically significant trends at 95% shown in bold and red)

Station	MFI Trend (year <sup>-1</sup> )	
	1950-1976	1976-2018
Akhisar	-0.841	-0.184
Aydın	-1.195	0.233
Bodrum	-2.402	0.351
Burdur	-0.671	0.041
Bursa	-0.252	<b>0.396</b>
Çanakkale	-0.936	0.509
Dikili	-0.867	0.174
Fethiye	-1.868	-0.056
İzmir	0.133	0.069
Kütahya	0.237	-0.065
Manisa	-0.009	-0.234
Muğla	-0.296	-0.253
Average	-0.747	0.082

Table 6. Correlations between mean values and trends of MFI and rainfall and some geographical attributes (statistically significant correlations at 95% shown in bold and red)

	Mean values				Trends			
	MFI		Annual Rainfall		MFI		Annual Rainfall	
	1950-1976	1976-2018	1950-1976	1976-2018	1950-1976	1976-2018	1950-1976	1976-2018
Latitude	<b>-0.59</b>	<b>-0.61</b>	-0.45	-0.42	0.53	0.38	0.51	0.31
Longitude	-0.26	-0.25	-0.14	-0.11	0.16	-0.31	0.20	0.08
Elevation	-0.24	-0.26	-0.13	-0.10	0.41	-0.37	0.34	-0.09

## Discussion

One of the expected consequences of global warming is the more intense rainfall events and hence a higher risk of erosion. Observations showed that global average temperature increase has not been temporally homogeneous. Whole period of increase since late 19th century includes cooling and warming subperiods. Global average temperature showed a small negative trend from 1940s to 1970s (Kosaka and Xie, 2016). This cooling is estimated to be  $-0.04$  °C decade<sup>-1</sup> from 1941 to 1971 (Meehl, 2015). The results of this study showed that western Anatolia also experienced a slight cooling tendency from 1950 to 1976 at a rate of  $-0.24$  °C decade<sup>-1</sup> in terms of regional average, with most of stations exhibiting non significant decreasing trend. Over the same period, annual total rainfall and MFI at individual stations also had slightly (statistically nonsignificant) decreasing trends. It follows that the results are in comply with the expectation that the slight cooling was accompanied by unchanged erosion risk.

The next period (1976-2018) is completely different from previous one (1950-1976) in terms of temperature evolution. During 1976-2018, annual average temperature increased substantially; all stations experienced strong temperature increase. However, MFI did not follow the same pattern. Instead, it stayed unchanged, even slightly decreased, which suggests that erosion risk slightly diminished or remained stable over the study area. This is not what is expected in that increased temperature may leads to more intense rainfall events due to increased water vapour holding capacity of air, and, in turn, may cause more severe erosion. One of the explanations for the contradiction would be the asymmetrical temperature increases among seasons in the study area. While summer season has the strongest temperature increase, it receives the smallest portion of annual total rainfall. Conversely, winter receives the highest portion but experiences the lowest temperature increase. It should be also noted that extreme precipitation events in western Anatolia, also in Turkey and eastern Mediterranean, are controlled by various ocean-atmosphere teleconnection patterns such as North Atlantic Oscillation (NAO), Arctic Oscillation (AO), El Nino Southern Oscillation (ENSO) and East Atlantic/Western Russian (EA/WR) pattern (Krichak et al., 2014; Duzenli et al., 2018).





Significant correlations between latitude and MFI during both periods suggest that the stations with higher latitudes have lower risk of erosion than those with lower latitudes. Similarly, weaker (and, also non-significant) inverse correlations between latitude and rainfall imply a similar pattern, i.e., a decreasing rainfall from the South to the North. This can be attributed to the weakening of moisture-rich air masses from Mediterranean sea toward North. Elevation is a likely factor on rainfall and erosion risk, and improves the estimates of erosion risk mapping when incorporated into various interpolation techniques such as spline (e.g., Apaydın et al., 2006), kriging (e.g., Sanchez-Moreno et al., 2014). Various studies reported strong agreements between erosion and elevation or other geographical variables such as latitude and longitude (e.g., Jiang et al., 2012; Zhou et al., 2014; Ochoa-Cueva et al., 2015; İkiel et al., 2020). No such a relationship was found between elevation and erosion risk in this study, possibly due to the limited number of stations. As the objective in this study was to analyse the erosion risk, quantified by MFI, particularly in temporal domain under so-called global warming, the main criterion was to select the stations with temperature and rainfall series as long as possible in such a way that they should cover the globally observed slight cooling period within the third quarter of 20th century. Among the numerous stations, the selection process, including consistency, resulted in only twelve stations in the study area, which may not be sufficient to validate/invalidate that relationship.

A number of previous studies are in good agreement with the results of this study. For example, Abbasnia and Toros (2020), Ağbaş (2019), Yeşilirmak and Atatanır (2016), Sensoy et al. (2013) detected no statistically significant changes in extreme precipitation events in western Anatolia, which suggest no change in erosion risk. As less data requirement and easily applicability have made MFI an extensively used tool to evaluate temporal evolution of erosion risk throught the World. Some of them are as follows: no overall trend over eastern Africa during 1981–2016 (Fenta et al., 2017) and in Portugal during 1950–2008 (Nunes et al., 2016), both increasing and decreasing trends in Mediterranean Iberian Peninsula during 1951–2000 (De Luis et al., 2010) and in the Netherlands during 1957–2016 (Lukiç et al., 2018), mostly increasing trends in Bangladesh during 1981–2010 (Alam and Sarker, 2014), mostly decreasing trends in the Abruzzo Region of Italy during 1951–2009 (Di Lena et al., 2013). According to these results, there have been no coherency on the direction and strength of trends. This can be attributed to the spatial inhomogeneity of global warming, regional or local geographical factors, data period used, internal atmospheric variability etc., which need further research.

### **Conclusions**

This study shows that western Anatolia (Turkey) has not undergone a significant tendency in erosion risk, quantified by MFI, during rapid warming period from 1976 to 2018. In other words, warmed air temperature has not been accompanied by higher erosion risk during that period. This does not comply with the expectation that warmer air leads to higher erosion, by creating more intense rainfall events. Besides, erosion risk during rapid warming period was not significantly different from that of slight cooling period. It seems that warmed air does not necessarily lead to a higher erosion risk. Some other factors such as atmospheric circulation patterns, local/regional geography etc. may involve, which should be taken into account in soil coservation and water management strategies.

Land use, topography, soil type, vegetation and rainfall are influential on erosion by water. It should be stressed that this study focused solely on rainfall, to answer the question how the effect of rainfall on erosion risk changed as a result of warmed air temperature since more intense rainfall events and hence higher risk of erosion are expected due to global warming. All other factors that cause erosion were assumed to have stayed unchanged. However, they may have been altered, and actual soil loss may have changed particularly due to the changes in land use and vegetation, even diminished as a result of preventive measures.

The simple and straightforward approach used in this study is generally considered as very useful tool particularly for regions and times in which high temporal resolution rainfall records are unavailable. Growing number of automated weather stations within last one or two decades in Turkey provide high resolution rainfall records, and enable more sophisticated tools/approaches to be used more extensively for more accurate estimations of status and trends of soil loss.



## References

- Abbasnia, M., Toros, H., 2020. Trend analysis of weather extremes across the coastal and non-coastal areas (case study: Turkey). *J. Earth Syst. Sci.* 129: 95.
- Ağbaş, İ., 2019. Batı Anadolu’da günlük yağış şiddetindeki değişimler. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 135 s.
- Akçakaya, A., Sümer, U.M., Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Gürkan, H., Yazıcı, B., Kocattürk, A., Şensoy, S., Bölük, E., Arabacı, H., Açar, Y., Ekici, M., Yağan, S., Çukurçayır, F., 2015. Yeni senaryolar ile Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Alam, M.D.T., Sarker, T., 2014. Precipitation distribution and erosivity in Bangladesh: 1981–2010. *European Academic Research.* 1: 5167–5177.
- Amara, D.M.K., Ullah, K., Yushu, Z., 2020. Rainfall erosivity estimation for Sierra Leone using non-parametric indices. *Theor. Appl. Climatol.* 139: 221–236.
- Anonymous, 2020. Türkiye’de Erozyon. TC Tarım ve Orman Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü. <https://www.tarimorman.gov.tr/CEM/Menu/39/Belgeler>.
- Apaydin, H., Erpul, G., Bayramin, I., Gabriels, D., 2006. Evaluation of indices for characterizing the distribution and concentration of precipitation: A case for the region of Southeastern Anatolia Project, Turkey. *J. Hydrol.* 328: 726–732.
- Arnoldus, H.M.J., 1980. An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. In: De Boodt, M. and Gabriels D. (eds.). *Assessment of soil erosion.* John Wiley and Sons, Chichester, Gran Bretaña. p. 127-132.
- Bayramin, İ., Erpul, G., Erdoğan, H.E., 2006. Use of CORINE methodology to assess soil erosion risk in the semi-arid area of Beypazarı, Ankara. *Turk. J. Agric. For.* 30: 81–100.
- Biswas, S.S., Pani, P., 2015. Estimation of soil erosion using RUSLE and GIS techniques: a case study of Barakar River basin, Jharkhand, India. *Mod. Ear. Syst. Environ.* 1: 42.
- Capra, A., Porto, P., La Spada, C., 2017. Long-term variation of rainfall erosivity in Calabria (Southern Italy). *Theor. Appl. Climatol.* 128:141–158.
- Coscarella, R., Caloiero, T., 2012. Analysis of daily and monthly rainfall concentration in Southern Italy (Calabria region). *J. Hydrol.* 416–417: 145–156.
- Cubasch, U., Wuebbles, D., Chen, D., Facchini, M.C., Frame, D., Mahowald, N., Winther, J.G., 2013. Introduction. In: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. (eds) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis.* Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- De Luis, M., Gonzales-Hidalgo, J.C., Longares, L.A., 2010. Is rainfall erosivity increasing in the Mediterranean Iberian Peninsula? *Land Degrad. Dev.* 21: 139–144.
- Di Lena, B., Antenucci, F., Vergni, L., Mariani, L., 2013. Analysis of the climatic aggressiveness of rainfall in the Abruzzo region. *Ital. J. Agrometeorol.* 1: 33–44.
- Duzenli, E., Tabari, H., Willems, P., Yilmaz, M.T., 2018. Decadal variability analysis of extreme precipitation in Turkey and its relationship with teleconnection patterns. *Hydrol. Process.* 32: 3513–3528.
- Eltarif, N.I., Gharaibeh, M.A., Al-Zaitawi, F., Alhamad, M.N., 2010. Approximation of rainfall erosivity factors in North Jordan. *Pedosphere* 20: 711–717.
- Fenta, A.A., Yasuda, H., Shimizu, K., Haregeweyn, N., Kawai, T., Sultan, D., Ebabu, K., 2017. Spatial distribution and temporal trends of rainfall and erosivity in the Eastern Africa region. *Hydrol. Process.* 31: 4555–4567.
- Fournier, F., 1960. *Climat et érosion: la relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitations atmosphériques.* Paris: Presses Universitaires de France.
- Fowler, A.M., Hennessy, K.J., 1995. Potential impacts of global warming on the frequency and magnitude of heavy precipitation. *Nat. Hazards* 11: 283–303.
- García-Marin, A.P., Ayuso-Muñoz, J.L., Cantero, F.N., Ayuso-Ruiz, J.L., 2017. Spatial and trend analyses of rainfall seasonality and erosivity in the West of Andalusia (Period 1945–2005). *Soil Sci.* 182: 146–158.
- Gilbert, R.O., 1987. *Statistical methods for environmental pollution monitoring.* Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Hernando, D., Romana, M.G., 2015. Estimating the rainfall erosivity factor from monthly precipitation data in the Madrid Region (Spain). *J. Hydrol. Hydromech.* 63: 55–62.
- Imamoglu, A., Dengiz, O., 2017. Determination of soil erosion risk using RUSLE model and soil organic carbon loss in Alaca catchment (Central Black Sea region, Turkey). *Rend. Fis. Acc. Lincei* 28: 11–23.
- İkiel, C., Ustaoglu, B., Koç, D.E., 2020. Trakya Yarımadası’nda erozyon duyarlılık analizi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi.* 2020 (4): 1–14



- İrvem, A., Topaloğlu, F., Uygur, V., 2007. Estimating spatial distribution of soil loss over Seyhan River Basin in Turkey. *J. Hydrol.* 336: 30–37.
- Jiang, Z., Su, S., Jing, C., Lin, S., Fei, X., Wu, J., 2012. Spatiotemporal dynamics of soil erosion risk for Anji County, China. *Stoch. Environ. Res. Risk. Assess.* 26: 751–763.
- Kinnell, P.I.A., 2010. Event soil loss, runoff and the Universal Soil Loss Equation family of models: A review. *J. Hydrol.* 385: 384–397.
- Kosaka, Y., Xie, S.P., 2016. The tropical Pacific as a key pacemaker of the variable rates of global warming. *Nat. Geosci.* 9: 669–673.
- Krichak, S.O., Breitgand, J.S., Gualdi, S., Feldstein, S.B., 2014. Teleconnection–extreme precipitation relationships over the Mediterranean region. *Theor. Appl. Climatol.* 117: 679–692.
- Lee, J.H., Heo, J.H., 2011. Evaluation of estimation methods for rainfall erosivity based on annual precipitation in Korea. *J. Hydrol.* 409: 30–48.
- Li, X., Jiang, F., Li, L., Wang, G., 2011. Spatial and temporal variability of precipitation concentration index, concentration degree and concentration period in Xinjiang, China. *Int. J. Climatol.* 31: 1679–1693.
- Lukić, T., Basarin, B., Micić, T., Bjelajac, D., Maris, T., Marković, S.B., Pavić, D., Gavrilov, M.B., Mesaroš, M., 2018. Rainfall erosivity and extreme precipitation in the Netherlands. *IDOJARAS Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service.* 122: 409–432.
- Meehl, G.A., 2015. Decadal climate variability and the early-2000s hiatus. *US Clivar Variations.* 13(3): 1–6.
- Meshesha, D.T., Tsunekawa, A., Tsubo, M., Haregeweyn, N., Adgo, E., 2015. Evaluating spatial and temporal variations of rainfall erosivity, case of Central Rift Valley of Ethiopia. *Theor. Appl. Climatol.* 119:515–522.
- Mishra, A.K., Singh, V.P., 2010. Changes in extreme precipitation in Texas. *J. Geophys. Res-Atmos.* 115:D14106.
- Muhire, I., Ahmed, F., Abd Elbasit, M.M.M., 2015. Spatio-temporal variations of rainfall erosivity in Rwanda. *Journal of Soil Science and Environmental Management.* 6: 72–83.
- Munka, C., Cruz, G., Caffera, R.M., 2007. Long term variation in rainfall erosivity in Uruguay: a preliminary Fournier approach. *GeoJournal.* 70: 257–262.
- Nunes, A.N., Lourenço, L., Vieira, A., Bento-Gonçalves, A., 2016. Precipitation and erosivity in southern Portugal: seasonal variability and trends (1950–2008) *Land Degrad. Dev.* 27: 211–222.
- Ochoa-Cueva, P., Fries, A., Montesinos, P., Rodriguez-Diaz, J.A., Boll, J., 2015. Spatial estimation of soil erosion risk by land-cover change in the Andes of southern Ecuador. *Land Degrad. Dev.* 26: 565–573.
- Oğuz, I., 2019. Rainfall erosivity in north-central Anatolia in Turkey. *Appl. Ecol. Env. Res.* 17: 2719–2731.
- Parlak, M., 2014. Çanakkale–Lapseki’de farklı arazi kullanım şekillerinin sıçrama erozyonuna etkileri. *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg.* 2: 67–72.
- Salmi, T., Maata, A., Antilla, P., Ruoho-Airola, T., Amnell, T., 2002. Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann–Kendall test and Sen’s slope estimates—the Excel template application Makesens. *Finnish Meteorological Institute, Helsinki.*
- Sanchez-Moreno, J.F., Mannaerts, C.M., Jetten V. 2014. Rainfall erosivity mapping for Santiago Island, Cape Verde. *Geoderma.* 217–218: 74–82.
- Sensoy, S., Turkoglu, N., Akçakaya, A., Ekici, M., Demircan, M., Ulupınar, Y., Atay, H., Tüvan, A., Demirbaş, H., 2013. Trends in Turkey climate indices from 1960 to 2010. 6th Atmospheric Science Symposium, 24–26 April, Istanbul, Turkey.
- Yeşilirmak, E., Atatanır, L., 2016. Spatiotemporal variability of precipitation concentration in western Turkey. *Nat. Hazards* 81: 687–704.
- Yuksel, A., Gundogan, R., Akay, A.E., 2008. Using the remote sensing and GIS technology for erosion risk mapping of Kartalkaya dam watershed in Kahramanmaraş, Turkey. *Sensors.* 8: 4851–4865.
- Zhang, Q., Zhou, Y., Singh, V.P., Li, J., 2012. Scaling and clustering effects of extreme precipitation distributions. *J. Hydrol.* 454–455: 187–194.
- Zhou, Q., Yang, S., Cai, M., Lu, Y., Zhao, H.G., Luo Y., 2014. Soil erosion and its relationship with topographical factors in a mountainous watershed in the upper Mekong river in Yunnan province, China. *Fresen. Environ. Bull.* 23: 219–226.



Araştırma Makalesi/Research Article

## Sentinel 2 Uydu Görüntülerinden Bazı Bitki Türlerinin Makine Öğrenmesi ile Belirlenmesi

Emre Tunca\* 

Eyüp Selim Köksal 

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Samsun  
<sup>\*</sup>Sorumlu yazar: emre.tunca@omu.edu.tr

Geliş Tarihi: 17.12.2020

Kabul Tarihi: 03.03.2021

### Öz

Uydu görüntülerinden bitkisel ürünlerin sınıflandırılması tarım alanlarının yönetimi, gıda güvenliğinin sağlanması ve tarımsal politikaların oluşturulması için oldukça önemli bilgiler sağlar. Bitki türleri genel olarak uydu görüntülerinden hesaplanan vejetasyon indekslerine dayalı olarak veya çeşitli görüntü sınıflandırma teknikleri ile tahmin edilmektedir. Fakat bu yaklaşımlarda farklı bitkilerin benzer fenolojik ve spektral özelliklere sahip olması nedeniyle başarı oranı düşüktür. Bu nedenle bitki türlerinin uydu görüntüleri ile sınıflandırılması işleminde yeni, hassas ve başarılı bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmanın amacı Rassal Orman (RO), Destek Vektör Makinesi (DVM) ve K-En Yakın Komşu (K-NN) makine öğrenme algoritmaları kullanılarak uydu görüntülerinden bitki türlerinin sınıflandırılmasıdır. Çalışma kapsamında 2020 yılı Gökhöyük Tarım İşletmesi Müdürlüğü'ne ait bitkisel üretim sahasında yetiştirilen bitkilerin sınıflandırılmasında zaman serisi biçiminde Sentinel 2 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre en başarılı sınıflandırma (%95.3) RO ile hesaplanırken en düşük başarı DVM ile elde edilmiştir (%75.9). K-NN ile yapılan sınıflandırma başarısı ise %91.8 olarak hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** makine öğrenmesi, rassal orman, destek vektör makinesi, k-en yakın komşu, bitki sınıflandırması, sentinel 2

### Determination of Some Plant Species from Sentinel 2 Satellite Images by Machine Learning Abstract

Crop classification provides important information for agricultural management, ensuring food security and developing agricultural policy. Generally, crop species are estimated based on vegetation indexes calculated from satellite images or by using various image classification techniques. However, this approach has low success rate due to different crop species have similar phenological and spectral features. For this reason, a new, accurate and robust approach is needed. The aim of this study was to classify crop from satellite image by using Random Forest (RO), Support Vector Machines (DVM) and K-Nearest Neighbors (K-NN) machine learning algorithms. Within the scope of the study, Sentinel 2 satellite images were used in time series format for the crop classification of grown in the field of Gökhöyük Agricultural Enterprise Directorate in 2020. According to the result of this study, while the most successful classification result obtained from RO, the lowest success was obtained from DVM. Classification success with K-NN was calculated as 91.8%.

**Keywords:** machine learning, random forest, support vector machine, k-nearest neighbor, crop classification, sentinel 2

### Giriş

Tarım sektörü, bir ülkedeki en önemli ekonomi kaynaklarından birisidir. Tarımsal üretimin artırılması ekonomik gelişmenin temel anahtarları arasındadır (Baker, 1987). Gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde tarım ve sanayi sektörünün birbiri ile uyumlu olarak gelişmesi gerekmektedir. Bu nedenle tarım, ülke ekonomilerindeki stratejik sektörlerin başında gelmektedir (Doğan ve ark., 2015). Fakat son yıllarda ortaya çıkan nüfus artışı ile birlikte gıda güvenliği sorunu ve beslenme alışkanlıklarındaki değişiklikler gıda savaşları beklentisini ortaya çıkartmıştır (Uzundumlu, 2012). Bu sebeple tarım sektöründeki politikalar oldukça önem taşımaktadır. Bu politikaların belirlenmesinde ise temel dayanak tarımsal üretime ait veri ve bilgilerdir. Söz konusu bilgilerin hassas ve detaylı bir biçimde kayıt altına alınması tarımda karar vericiler için oldukça önemlidir.



Tarımsal üretime ait bilgiler genel olarak çiftçi beyanlarına dayalı olarak oluşturulurken, araziye ait veriler ise kadastro kayıtları doğrultusunda oluşturulmaktadır. Geleneksel olarak gerçekleştirilen bu yöntemde tapu bilgileri ile arazi kullanımı arasındaki uyumsuzluklar ve çiftçilerin yanlış veya eksik beyanda bulunabilmesi sebebiyle tarımsal istatistikler ile arazi gerçekleri arasında birtakım farklılıklar meydana gelebilmektedir. Bu farklılığın ortaya koyulmasında tercih edilebilecek yöntemlerden birisi arazi ziyaretidir ve teknik bir personel tarafından yapılması gereken bu kontrollerinin maliyeti oldukça yüksektir.

Son 20 yıldır, uzaktan algılanmış görüntüler ile çeşitli sınıflandırma yöntemleri kullanılarak bitki türü ve bitkisel üretim alanları başarılı bir biçimde tahmin edilmektedir (Li ve ark., 2020). Bu amaçla En Yüksek Benzerlik (MLC) görüntü sınıflandırma tekniği en sık tercih edilen yöntem olarak öne çıkmaktadır (Maxwell ve ark., 2018). Fakat MLC, verinin normal bir dağılım gösterdiğini varsayan parametrik bir yöntemdir (Ok ve ark., 2012). Bu nedenle bitki spektral karakteristiğine dayalı gerçekleştirilen sınıflandırma başarısı istenilen seviyede değildir. Son yıllarda makine öğrenmesi algoritmalarında önemli gelişmeler meydana gelmiştir. Söz konusu algoritmaların iyileştirilmesi ve bilgisayar donanımlarındaki gelişmelerle birlikte makine öğrenmesi algoritmaları tarım sektöründe uygulanmaya başlanmıştır. Örneğin, 2001 yılında ABD’deki arazi kullanım veri tabanı (NLCD) karar ağacı algoritması ile başarılı bir biçimde oluşturulmuştur (Homer ve ark., 2004). Hooda ve ark. (2006) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada Hindistan’da buğday üretim alanlarının uydu görüntülerinden makine öğrenmesi ile tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda %5 hata ile buğday üretim alanlarının tespit edildiği bildirilmiştir. Yang ve ark. (2011)’de multispektral veri ve makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak bitki türlerinin başarılı bir biçimde ayrıştırılabileceği bildirilmiştir. Jay ve ark. (2009)’da uzaktan algılanmış uydu görüntüsündeki çeşitli bitki gruplarının sınıflandırması Rastal Orman (RO) algoritması kullanılarak %88.37 başarı ile gerçekleştirilmiştir. Waske ve Braun (2009) MLC sınıflandırma yöntemi ile RO makine öğrenme algoritmasının bitki türü sınıflandırılmasındaki başarısını karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda RO’nun MLC’den yaklaşık %10 daha başarılı sınıflandırma gerçekleştirdiği belirtilmiştir. Yapılan bir diğer çalışmada eğitimli sınıflandırma yöntemleri (en düşük mesafe, paralel bağlantı ve MLC) ile K-En yakın Komşu (K-NN) makine öğrenmesi algoritmasının uzaktan algılanmış görüntülerde bitki sınıflandırma başarısı karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda K-NN algoritmasının diğer yöntemlerden daha başarılı olduğu bildirilmiştir (Prasad ve ark., 2006). RO ve K-NN algoritmalarına ek olarak Destek Vektör Makinesi (DVM) (Pal ve Mather 2005; Mountrakis ve ark., 2011; Pal ve Foody 2012; Hawryło, 2018; Chakhar ve ark., 2021), Karar Ağacı (Pal ve Mather 2003, Trier ve ark., 2018; Zhang ve ark., 2020) ve Arttırılmış Karar Ağacı (Freund and Schapire 1997; Chan ve Paelinckx 2008) makine öğrenme algoritmaları bitki türünün tespitinde başarılı bir biçimde kullanılmıştır.

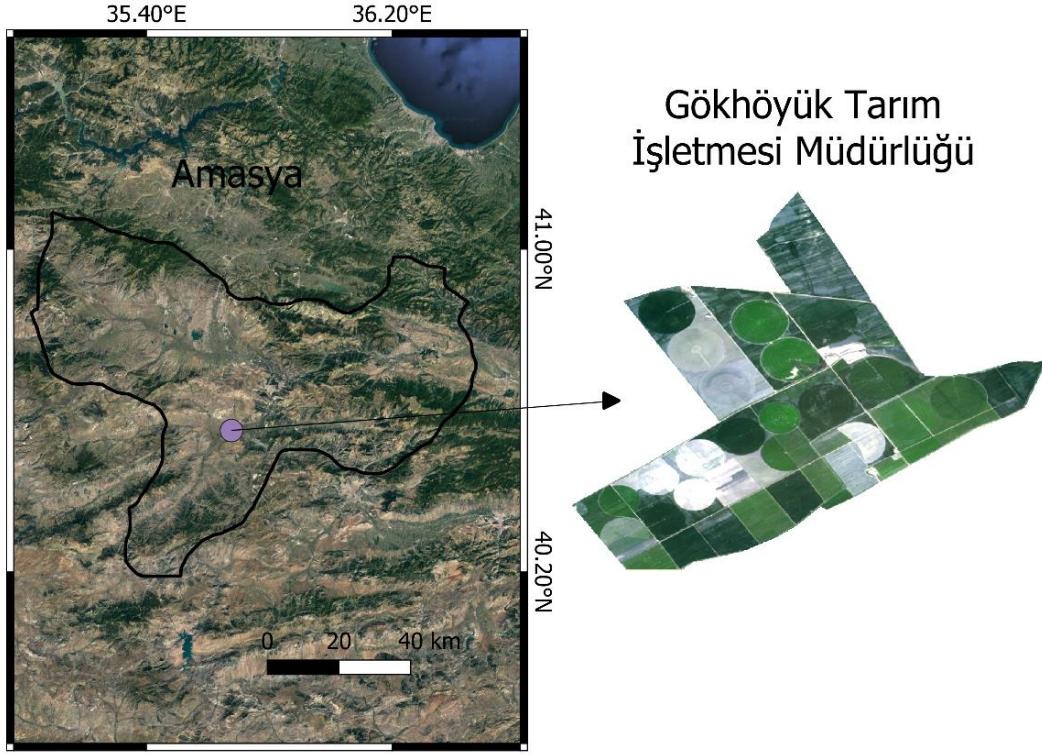
Literatürde MLC yöntemi ile bitki türü sınıflandırması üzerine oldukça fazla çalışma olmasına rağmen, makine öğrenmesi ile bitki türü sınıflandırması üzerine yapılmış araştırma oldukça azdır. Bu nedenle bu çalışmanın amacı parametrik olmayan RO, DVM ve K-NN makine öğrenme algoritmalarının bitki türü sınıflandırmasındaki başarısının ortaya konulmasıdır. Bu amaçla Amasya-Gökhöyük Tarım İşletmesi’nde 2020 yılı bitkisel üretim sezonunda yetiştirilen bitki türleri Sentinel 2 uydu görüntüleri ve makine öğrenme algoritmaları kullanılarak sınıflandırılmış ve elde edilen sonuçların doğruluğu değerlendirilmiştir.

## **Materyal ve Yöntem**

### **Çalışma Alanı**

Çalışma 2020 yılında Amasya ilinde yer alan Gökhöyük Tarım İşletmesi Müdürlüğü tarımsal üretim arazilerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre yarı kurak iklim özelliği göstermektedir (MGM, 2020). Uzun yıllar iklim verilerine göre ortalama yıllık toplam yağış miktarı 463.7 mm, ortalama en yüksek sıcaklık ve en düşük sıcaklıklar sırasıyla Ağustos ve Ocak aylarında 31.4°C ve -0.8 °C olarak gerçekleşmiştir (MGM, 2020).

Araştırma alanındaki bitkilerin sulanmasında dairesel hareketli ve klasik yağmurlama sulama sistemleri kullanılmaktadır. Sulama suyu işletme içerisindeki mevcut derin kuyulardan ve işletmenin yakınından geçen bir sulama kanalından temin edilmektedir. İşletmede başlıca yetiştirilen tarım ürünleri; buğday, fiğ, kenevir, nohut, yonca ve silajlık mısırdır.



Şekil 1. Çalışma alanının konumu ve genel görünümü

#### Çalışmada Kullanılan Uydu Görüntüleri

Çalışmada 2020 yılına ait 7 adet (18 Nisan, 18 Mayıs, 17 Haziran, 7 Temmuz, 11 Ağustos, 15 Eylül) Sentinel-2 uydu görüntüsü kullanılmıştır. Sentinel uydu sistemi Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından Copernicus programının ihtiyaçları doğrultusunda hazırlanmıştır. Sentinel-2 uydusu elektromanyetik spektrumun görünür ve infrared bölgelerinde toplam 13 adet multispektral bantta görüntü kaydetmektedir. Uydu görüntüleri Level-1C ve Level-2A seviyelerinde kullanıcılara sunulmaktadır. Level-1C, atmosfer üzeri (Top-of-Atmosphere) spektral yansımaya değerini sunmaktadır. Level-2A ise atmosfer altındaki (Bottom-of-Atmosphere), geometrik ve spektral doğrulamaları yapılmış yansımaya değerini sunmaktadır. Çalışmada bitki türü sınıflandırılmasında Level-2A seviyesindeki uydu görüntüleri kullanılmıştır. Level-1C seviyesindeki görüntüler ise öncelikle Level-2A seviyesine dönüştürülüp daha sonra sınıflandırmada kullanılmıştır.

Makine öğrenme eğitiminden önce, Sentinel 2 uydusuna ait hangi bantların modelde kullanılacağı belirlenmiştir. Söz konusu işlem her bir uydu verisi ile bitki türünü temsil eden kod arasındaki korelasyon analizi ile gerçekleştirilmiştir. Bu seçim işlemi sonucunda makine öğrenme algoritmalarının eğitim ve test aşamalarında Sentinel 2 uydusuna ait Bant 3, Bant 5, Bant 6, Bant 7, Bant 8, Bant 8A ve Normalize Edilmiş Vejetatif Değişim İndeksi (NDVI) kullanılmıştır. NDVI, tarımsal uzaktan algılama uygulamalarında en sık kullanılan ve bitki gelişim düzeyinin en başarılı bir biçimde gösterildiği vejetasyon indekslerinden birisidir. Bu nedenle bu çalışmada Sentinel-2 uydu görüntülerinin bazı bantlarına ek olarak NDVI değerleride veri setine dahil edilmiştir. NDVI, elektromanyetik spektrumun yakın kızıl ötesi ve kırmızı bölgesindeki yansımaya değerlerinin normalize edilmesiyle hesaplanmaktadır. Sentinel-2 uydu görüntülerinde NDVI hesabı Eşitlik 1' e göre gerçekleştirilmiştir.

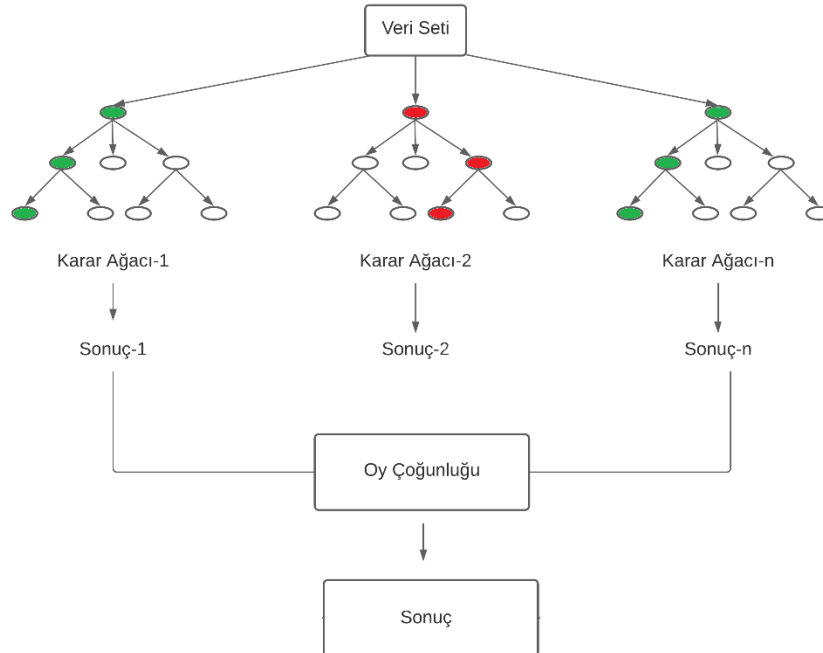
$$NDVI = \frac{(Bant\ 8 - Bant\ 4)}{(Bant\ 8 + Bant\ 4)} \quad (\text{Eşitlik 1})$$

### Makine Öğrenmesi Algoritmaları

Son yıllarda makine öğrenmesi ile sınıflandırma işlemi uzaktan algılama çalışmalarının odak noktası haline gelmiştir (Pal ve Mather, 2003). Makine öğrenmesi ile sınıflandırma işleminin ilk adımında hangi algoritmanın seçileceği sorusu ortaya çıkmaktadır. Literatürde çok sayıda makine öğrenme algoritmalarının olması ve yapılan sınıflandırma araştırmalarında henüz geliştirilebilir bir sonuç elde edilememiş olması, söz konusu algoritmaların seçimini zorlaştırmaktadır. Bu çalışmada literatürde sıklıkla tercih edilen RO, DVM ve K-NN makine öğrenmesi algoritmaları bitki türlerinin sınıflandırılması amacıyla kullanılmıştır.

#### Rassal Orman (RO)

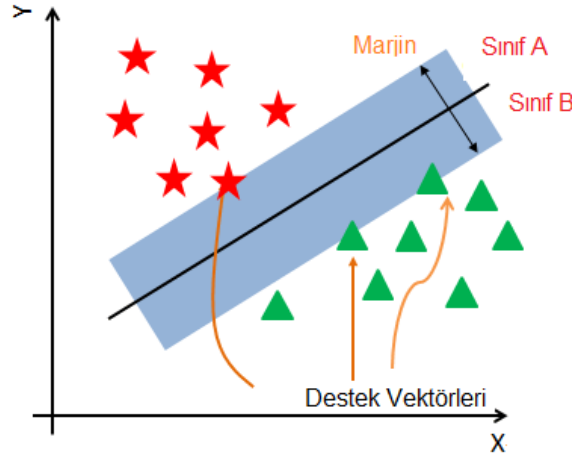
RO, veriyi birden fazla alt setlere bölerek karar ağaçları oluşturan bir makine öğrenme algoritmasıdır. Bu yöntem ile her bir karar ağacından ayrı tahminler elde edilir (Breiman, 2001). Oluşturulan bu karar ağaçlarındaki sonuçlarının çoğunluğu dikkate alınarak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmektedir (Şekil 2). RO algoritmasında birbiri ile aynı olmayan veri setleri kullanılarak makine eğitimi gerçekleştirildiği için aşırı öğrenme problemi oldukça düşüktür (Watts and Lawrence, 2008). RO ile bitki türlerinin sınıflandırmasında detayları Scikit-learn (2020)' de verilen yöntemler kullanılmıştır.



Şekil 2. Rassal Orman Algoritmasının Genel Gösterim Şeması

#### Destek Vektör Makinesi Sınıflandırması (DVM)

DVM, temelde farklı sınıflara ait verilerin doğrusal bir biçimde birbirinden ayrılmasında kullanılan bir makine öğrenme algoritmasıdır (Kumar ve ark., 2015). DVM’de ilk olarak verinin geometrik özellikleri belirlenir ve iki sınıfın birbirinden doğrusal olarak ayrışmasını sağlayan sınır belirlenir. Daha sonra bu sınırın iki tarafında bulunan ve marjin adı verilen karar sınırları belirlenir (Şekil 3). DVM’ de amaç karar sınırlarının en yüksek düzeye çıkartılmasıdır (Vapnik 1998; Huang ve ark., 2002). DVM ile bitki türlerinin sınıflandırma detayları Scikit-learn (2020)' de verilen yöntemler kullanılmıştır.



Şekil 3. Destek Vektör Makinesi Algoritmasının Genel Gösterim Şeması

### K-En Yakın Komşu Sınıflandırması (K-NN)

K-NN parametrik olmayan bir makine öğrenme algoritmasıdır. Bu yöntemde eğitim aşaması bulunmamaktadır. K-NN sınıflandırmasında, eğitim verilerini öğrenmek yerine, tüm veri seti algoritma tarafından ezberlenir. Bu yöntem ile sınıflandırma yapılmak istenildiğinde veri setine eklenecek olan yeni verinin, mevcut verilere göre uzaklığı hesaplanıp en yakın K adet komşu belirlenir. Sonraki adımda ise komşu elemanların uzaklık mesafeleri belirlenmektedir. Komşu verilere ait uzaklıklar sıralanır ve yeni gelen değere en uygun olan sınıf seçilmektedir (Maxwell ve ark., 2018). K-NN ile bitki türlerinin sınıflandırmasında detayları Scikit-learn (2020)' de verilen yöntemler kullanılmıştır.

### Çalışmada Kullanılan Yazılımlar

Sentinel 2 Level-1C görüntülerinden Level-2A görüntülerinin elde edilmesinde Sen2Cor yazılımı kullanılmıştır. Raster formatındaki uydu görüntülerinin işlenmesi, görselleştirilmesi ve analiz edilmesinde Quantum Geographic Information System (QGIS) 3.16.1 yazılımı kullanılmıştır. Ayrıca QGIS yazılımı ile her bir bitki türü için yer verilerine göre vektörler oluşturulmuştur. Bu vektörler kullanılarak görüntüler kesilmiş ve “.XYZ” formatında kaydedilmiştir. Makine öğrenmesi algoritmalarının eğitilmesi, test edilmesi ve veriler arasında öznelik seçimi işlemlerinin gerçekleştirilmesinde Scikit-learn kütüphanesi (Pedregosa ve ark., 2011) kullanılmıştır.

### Veri Setinin Hazırlanması

Sentinel 2 uydu görüntülerinden elde edilen spektral veriler her bir bitki sınıfı için ayrı olarak etiketlenmiş ve her bir tarihe ait veriler alt alta birleştirilerek veri seti oluşturulmuştur. Bu çalışmada toplam 712.026 adet görüntü hücresinden elde edilen verilerin %70' i eğitim (496.701 adet) ve %30'u test (215.325 adet) verisi olarak kullanılmıştır. Veri setinin eğitim ve test olarak ayrıştırılması işleminde, veriler Scikit-learn kütüphanesi tarafından otomatik olarak seçilmiştir. Bitki sınıflarına göre seçilen eğitim ve test verileri sayıları Çizelge 1' de verilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan bitki türü sınıfları ve bu sınıflara ait eğitim, test ve toplam veri sayıları

Bitki Türü	Eğitim Veri Sayısı	Test Veri Sayısı	Toplam Veri
Buğday	131.888	64.636	196.524
Fiğ	107.424	52.602	160.026
Kenevir	39.673	19.607	59.28
Yeni Tesis Yonca	46.175	23.017	69.192
Yonca	75.847	37.601	113.448
Mera	66.140	3.184	69.324
Ş.Pancarı	12.105	6.069	18.174
Soğan	17.449	8.609	26.058
<b>Toplam</b>	<b>496.701</b>	<b>215.325</b>	<b>712.026</b>



### İstatistiksel Değerlendirme

Makine öğrenmesi algoritmaları ile sınıflandırma sonuçlarının değerlendirilmesinde hata matrisleri, doğruluk (accuracy) ve F1-Skor değerleri kullanılmıştır. Hata matrisi iki veya daha fazla sınıfın olduğu bir veri setinde makine öğrenme algoritmalarının performansını ölçmede kullanılan bir tablodur (Çizelge 2). Bu tablo gerçek değerlere karşın tahmin edilen değerlerin olduğu bir yapıdır.

Çizelge 2. Genel Karmaşıklık Matrisi Tablosu

Tahmin Edilen Değerler		Gerçek Değerler	
		Pozitif (1)	Negatif (0)
Pozitif (1)	Pozitif (1)	TP	FP
	Negatif (0)	FN	TN

Çizelgede bulunan; TN: Negatif Doğru, TP: Pozitif Doğru, FP: Pozitif yanlış, FN: Negatif yanlış anlamına gelmektedir.

Doğruluk ve F1- Skor değeri Eşitlik 2 ve 3 'e göre hesaplanmıştır.

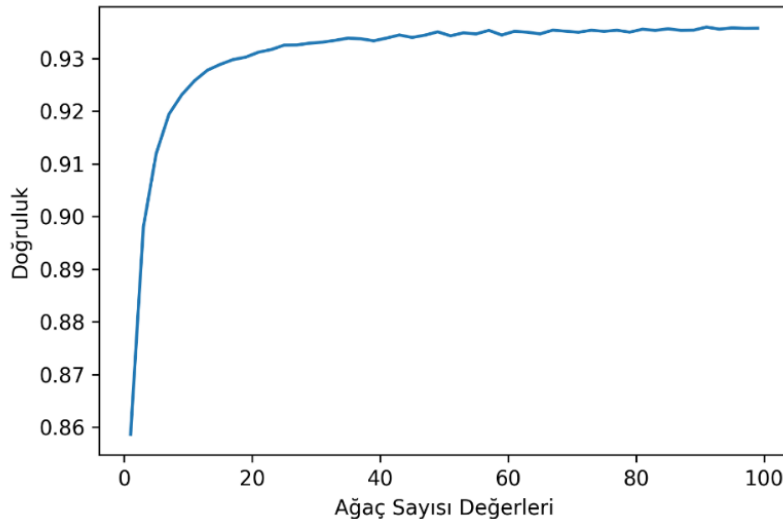
$$\text{Doğruluk} = \frac{(TP+TN)}{(\text{Toplam Veri Sayısı})} \quad (\text{Eşitlik 2})$$

$$F1 - \text{Skoru} = \frac{2 \times TP}{2 \times (TP+FP+FN)} \quad (\text{Eşitlik 3})$$

### Bulgular ve Tartışma

#### Rassal Orman Sınıflandırması

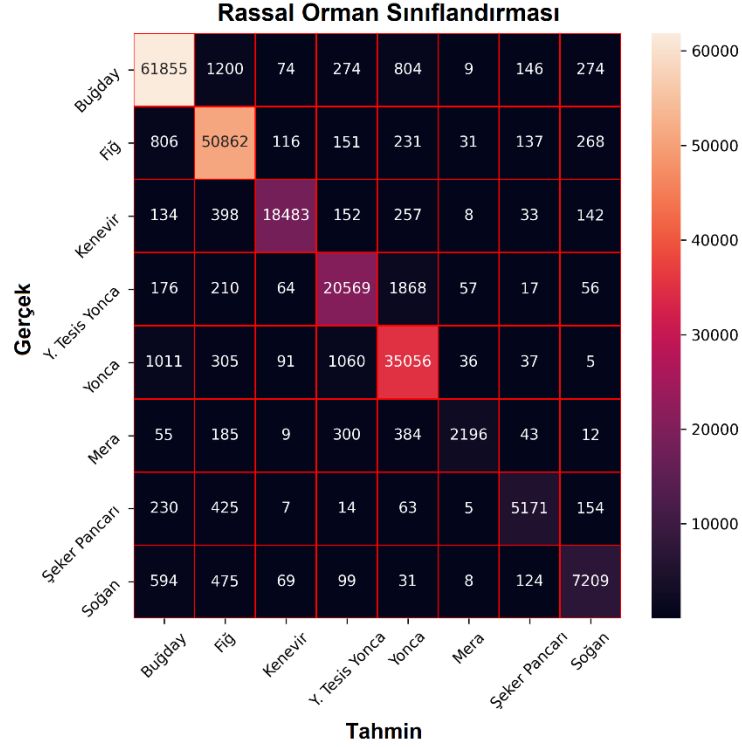
RO makine öğrenme algoritmasının başarısı kullanıcı tarafından belirlenen ağaç sayısına ( $n_{estimators}$ ) bağlı olarak değişim göstermektedir (Breiman, 2001). Bu çalışmada ilk olarak RO algoritması eğitim verileri üzerinde bir döngü içerisinde çalıştırılıp, en uygun ağaç sayısı belirlenmiştir. Döngü sonucunda elde edilen doğruluk (accuracy) değerleri Şekil 4 'te verilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde en yüksek doğruluk, ağaç sayısının 96 (doğruluk değeri= 0.9358) olarak kullanıldığı döngüde elde edilmiştir. Buna karşın en düşük doğruluk oranı ise 0.8597 (ağaç sayısı= 1) olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4. Rassal Orman Algoritmasında Ağaç Sayısı Değişiminin Doğruluk Seviyesine Etkisi

En uygun karar ağaç sayısının kullanıldığı RO modelinin etkinliğinin belirlenmesi amacıyla hata matrisi hesaplanmış ve sonuçlar Şekil 5'te verilmiştir. Hata matrisi incelendiğinde, RO algoritmasının sınıflandırma başarısı mera dışındaki tüm bitki örtülerinde %85'in üzerinde

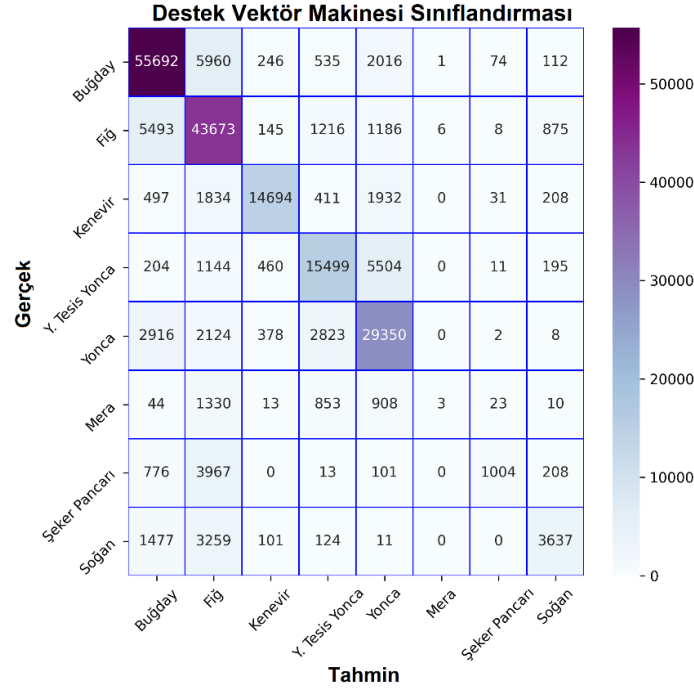
gerçekleşmiştir. En başarılı sınıflandırma fiğ bitkisinde gerçekleşirken, en düşük başarı ise meraların sınıflandırılmasında gerçekleşmiştir. Fiğ bitkilerine ait toplam 52.602 adet test verisinin 50.862 adeti doğru tahmin edilirken, 1.740 adet veri hatalı tahmin edilmiştir. Fiğ bitkisindeki hatalı gerçekleştirilen sınıflandırma en fazla buğday sınıfında (%46) gerçekleşirken, en düşük hata mera sınıfında (%1) meydana gelmiştir. Meralara ait 3.184 adet test verisinin 2.196 tanesi doğru tahmin edilirken, 988 tanesi ise hatalı tahmin edilmiştir.



Şekil 5. Rassal Orman Sınıflandırmasına ait Hata Matrisi Sonuçları

#### Destek Vektör Makinesi Sınıflandırması

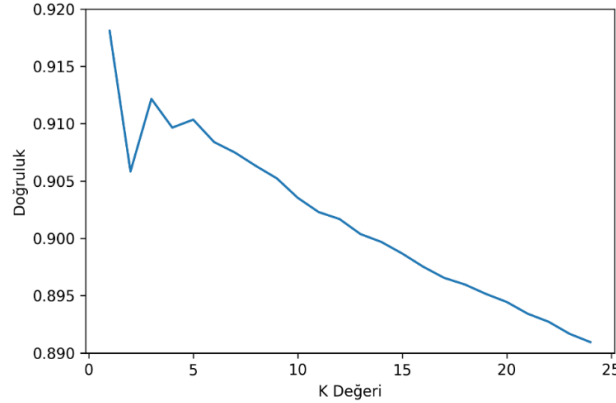
DVM makine öğrenme algoritması ile çalışma alanına ait bitki sınıflandırılması gerçekleştirilmiş ve DVM algoritmasının bitki sınıflandırmadaki başarısını gösteren hata matrisi Şekil 6'da verilmiştir. En başarılı sınıflandırma %86 başarı yüzdesi ile buğdayda gerçekleşirken, en düşük başarı oranı ise meraların sınıflandırılmasında gerçekleştirilmiştir. Mera sınıfına ait 3.184 adet verinin sadece 3 tanesi doğru sınıflandırılmıştır. Benzer şekilde şekerpancarı (%17) ve soğan (%42) sınıfları için gerçekleştirilen sınıflandırma tahmini oldukça düşük başarı ile gerçekleşmiştir. Bu sınıflardaki tahmin başarısının düşük olmasının en önemli nedeni eğitim setindeki örnek sayılarının az olmasıdır. Pal and Foody (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, SVM algoritması, veri setinin boyutuna ve eğitim setindeki örnek sayısına oldukça hassas olduğu belirtilmiştir. Kumar et al. (2015)' de SVM algoritmasının başarısı eğitim setindeki veri sayısı arttıkça düzenli olarak artış gösterdiği bildirilmiştir.



Şekil 6. Destek Vektör Makinesi Sınıflandırmasına ait Hata Matrisi Sonuçları

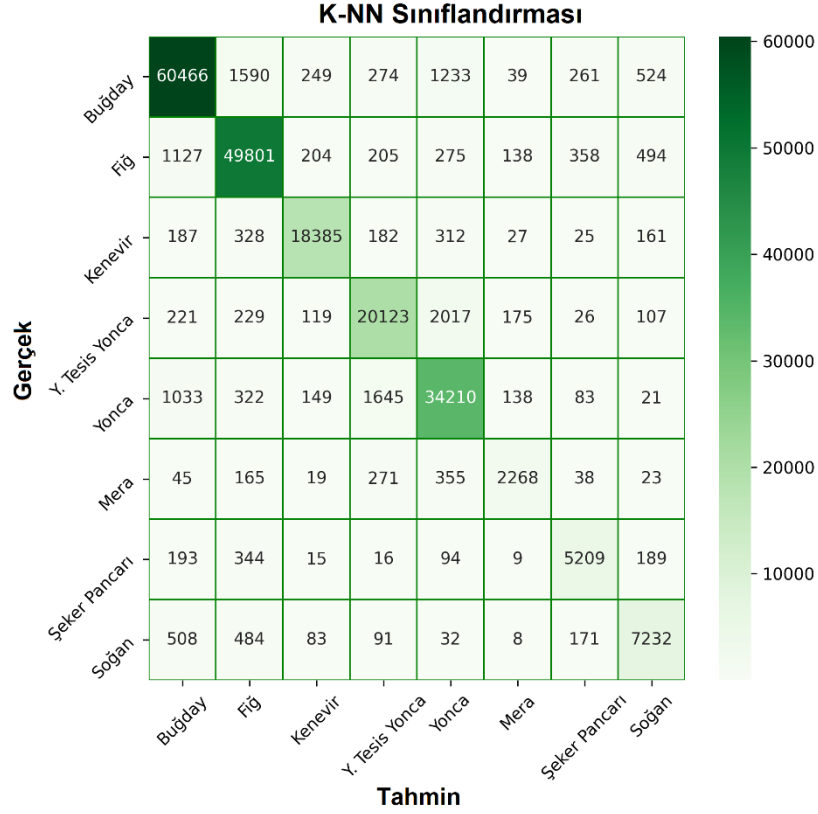
#### K-En Yakın Komşu (K-NN) Sınıflandırması

K-NN makine öğrenme algoritmasında tahmin edilecek verinin, mevcut olan verilere göre uzaklığı belirlenip, K sayıda yakın komşuluğu dikkate alınır. Bu nedenle optimum K sayısının belirlenmesi için K-NN algoritması eğitim verilerinde bir döngü içerisinde çalıştırılmış ve sonuçlar Şekil. 7’ de verilmiştir. Buna göre K değeri arttıkça K-NN algoritmasının doğruluk değerinin azaldığı belirlenmiştir.



Şekil 7. K-NN Algoritmasında “K” Değerinin Doğruluk Seviyesine Etkisi

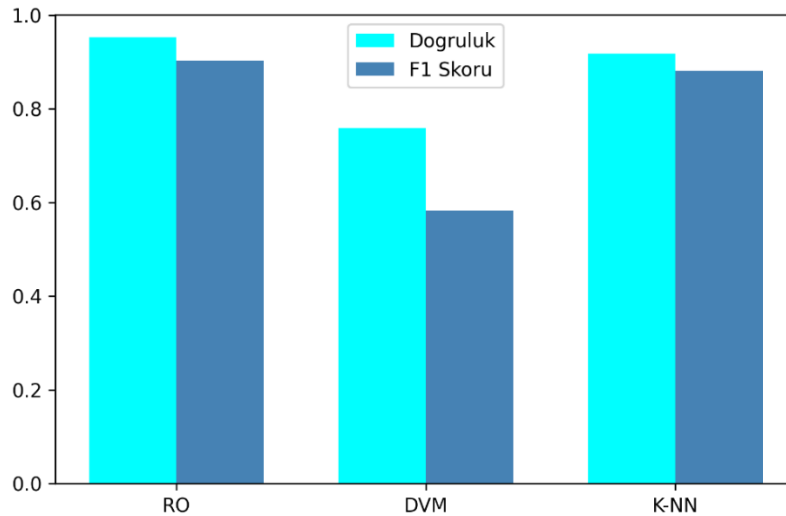
En uygun K değeri (1) kullanılarak K-NN makine öğrenmesi algoritması test verileri üzerinde çalıştırılıp hata matrisi hesaplanmış ve sonuçlar Şekil 8’de verilmiştir. Şekil 8 incelendiğinde toplam 215.325 adet test verisinin 197.694 tanesi doğru olarak tahmin edilirken, 17.631 adet veri hatalı tahmin edilmiştir. RO algoritmasında olduğu gibi K-NN algoritmasında da en başarılı sınıflandırma fiğ bitkisi sınıfında gerçekleştirilirken, en düşük başarı meralarda elde edilmiştir. Fiğ bitki sınıfında toplam 49.801 adet veri doğru tahmin edilirken, mera sınıfında sadece 2.268 adet veri doğru tahmin edilmiştir. K-NN makine öğrenme algoritması ile buğday, fiğ ve kenevir sınıfları sırasıyla %94, %95 ve %94 başarı ile tahmin edilirken mera, şeker pancarı ve soğan sınıfları sırasıyla %71, %86 ve %84 başarı ile tahmin edilmiştir.



Şekil 8. K-NN Sınıflandırmasına ait Hata Matrisi Sonuçları

### Makine Öğrenmesi Algoritmalarının Karşılaştırılması

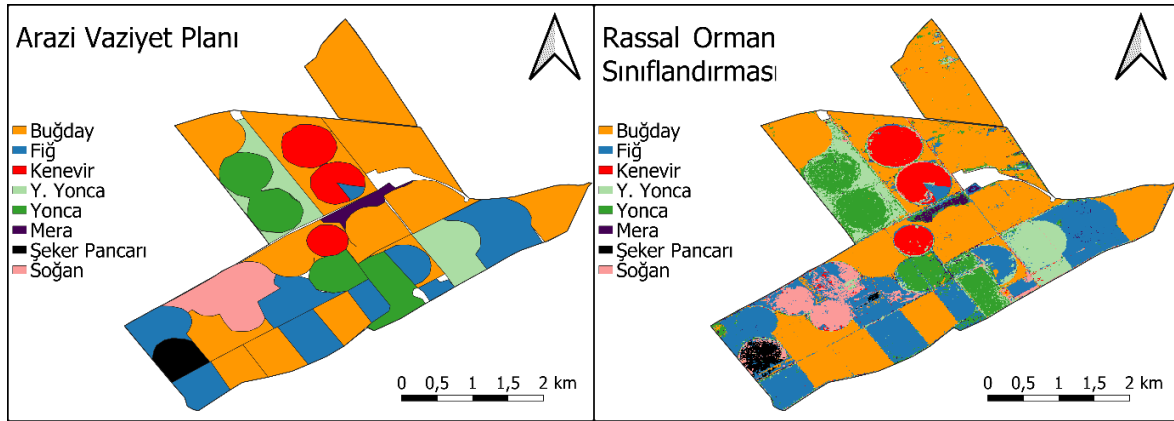
Çalışmada kullanılan makine öğrenme algoritmalarının genel başarı düzeylerinin ortaya konulması için doğruluk ve F1 skor değerleri hesaplanmış ve sonuçlar Şekil 9’da verilmiştir. Şekil incelendiğinde en yüksek doğruluk (0.953) ve F1 skor (0.903) değerleri RO algoritmasından elde edilmiştir. En düşük başarı ise DVM algoritması ile gerçekleştirilen sınıflandırma sonucunda elde edilmiştir. K-NN algoritması ile RO algoritmasına yakın sonuçlar elde edilmiş ve doğruluk ve F1-skor değeri sırasıyla 0.918 ve 0.881 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 9. Çalışmada Kullanılan Makine Öğrenmesi Algoritmalarının Doğruluk ve F1 Skoru Karşılaştırma Grafiği

Sınıflandırma sonucu en yüksek başarı düzeyine sahip RO makine öğrenme modeli kullanılarak oluşturulan bitki türü sınıflandırma haritası Şekil 10’da verilmiştir. Harita görsel olarak incelendiğinde genel olarak tüm bitkilerin başarılı bir biçimde ayrıştığı görülmektedir. Ayrıca ülkemiz için stratejik bitkilerden biri haline gelen kenevir bitkisi, RO makine öğrenme algoritması ile oldukça başarılı bir biçimde sınıflandırılmıştır. Siyah renk ile temsil edilen şeker pancarı parseli genel olarak başarılı bir biçimde sınıflandırılmasına rağmen, yetiştirme alanı içerisindeki bazı görüntü hücreleri soğan olarak hatalı sınıflandırılmıştır. Benzer şekilde mera alanlarının bir kısmı yonca sınıfı olarak tahmin edilmiştir. Bu çalışmada makine öğrenme algoritmaları kullanılarak bitki türü sınıflandırma işlemi genel olarak başarılı bir biçimde gerçekleştirilmiştir. Söz konusu teknik uydu görüntülerine uygulanarak geniş alanlarda bitkilerin izlenmesinde kullanılabilir. Ayrıca izin alınmadan kenevir yetiştiriciliği yapılan tarım alanları makine öğrenmesi algoritmaları ile başarılı bir biçimde tespit edilebilir.

Makine öğrenme algoritmalarının işlemi gerçekleştirme süreleri dikkate alındığında RO algoritması ile oluşturulan model test verileri üzerinde 123.5 sn’de sonuç üretilirken, bu süre K-NN algoritması ile sadece 23.6 sn’de tamamlanmıştır. Doğruluk ve F1-skor değerlerinin birbirine yakın gerçekleşmesi göz önünde bulundurulduğunda, örnek sayısının oldukça fazla olduğu çalışmalarda K-NN algoritması kullanılarak hem daha hızlı hem de daha ekonomik olarak model sonuçları elde edilebilir.



Şekil 10. Arazi Vaziyet Planı ve Rassal Orman Sınıflandırma Haritası

### Sonuç ve Öneriler

Bitki türünün uzaktan algılama teknikleri ile belirlenmesi, tarımsal politikaların oluşturulması ve bu politikaların izlenmesi bakımından oldukça kıymetlidir. Bu çalışmada Gökhöyük Tarım İşletmesi Müdürlüğü tarımsal üretim alanlarında yetiştirilen bitki türleri Sentine-2 uydu görüntüsü ve makine öğrenme algoritmalarıyla tahmin edilmiş ve elde edilen sonuçlar yer doğrularıyla değerlendirilmiştir. Çalışmada literatürde sıklıkla tercih edilen makine öğrenme algoritmalarından RO, DVM ve K-NN kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre bitki türleri RO, DVM ve K-NN makine öğrenmesi algoritmalarıyla sırasıyla %95.3, %75.9 ve %91.8 doğruluk değeri ile tahmin edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, bitki türlerinin makine öğrenme algoritmalarıyla başarılı bir biçimde sınıflandırılabilirliğini göstermektedir. Bu yöntem ile bitkisel üretim alanlarının takibi ve kontrolü başarılı bir biçimde gerçekleştirilebilir. Bölgesel veya ülkesel boyutta yapılacak bitki türü sınıflandırması ile bitkisel üretim alanları etkin bir biçimde belirlenip, tarımsal politikaların geliştirilmesine katkıda bulunabilir. Ayrıca uzaktan algılanmış görüntüler ile makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak izinsiz yetiştirilen kenevir alanları belirlenebilir. Gelecekte farklı uydu görüntüleri ve farklı makine öğrenme algoritmalarıyla geniş alanları kapsayan çalışmaların yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Ayrıca makine öğrenmesi algoritmalarına ek olarak derin öğrenme ve yapay sinir ağlarının bitki sınıflandırmasındaki başarısının belirlenmesi üzerine araştırmaların yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır.



### Kaynaklar

- Baker, C. 1987. Changes in financial markets and their effects on agriculture. Federal Reserve Bank of St. Louis Review.
- Breiman L. 2001. Random forests, machine learning. Kluwer Academic Publishers. 45 (1): 5-32.
- Chakhar, A., Hernández-López, D., Ballesteros, R., Moreno, M. A. 2021. Improving the accuracy of multiple algorithms for crop classification by integrating sentinel-1 observations with sentinel-2 data. Remote Sensing. 13(2), 243.
- Chan, J. C., Paelinckx, D. 2008. Evaluation of random forest and adaboost tree-based ensemble classification and spectral band selection for ecotope mapping using airborne hyperspectral imagery. Remote Sensing of Environment. 112 (6): 2999-3011.
- Doğan, Z., Arslan, S., Berkman, A. N. 2015. Türkiye'de tarım sektörünün iktisadi gelişimi ve sorunları: tarihsel bir bakış. Academic Review of Economics & Administrative Sciences. 8(1): 1308-4208.
- Freund, Y., R. E. Schapire. 1997. A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting. Journal of Computer and System Sciences. 55: 119–139.
- Hawryło, P., Bednarz, B., Wężyk, P., Szostak, M., 2018. Estimating defoliation of scots pine stands using machine learning methods and vegetation indices of sentinel-2. Eur. J. Remote Sens. 51: 194–204.
- Homer, C, Huang, C., Yang, L., Wylie, B., Coan, M. 2004. Development of a 2001 national land-cover database for the United States. Photogrammetric Engineering. 70(7): 829.
- Hooda, R. S., Yadav, M., Kalubarme, M. H. 2006. Wheat production estimation using remote sensing data: An Indian experience. Workshop Proceedings: Remote Sensing Support to Crop Yield Forecast and Area Estimates, Stresa, Italy. 30 Nov.–1 Dec. 2006.
- Huang, C., L. S. Davis, J. R. G. Townshend. 2002. An Assessment of support vector machines for land cover classification. International Journal of Remote Sensing. 23: 725– 749.
- Jay, S., Lawrence, R., Repasky, K., Keith, C. 2009. Invasive species mapping using low cost hyperspectral imagery. ASPRS 2009 Annual Conference. Baltimore, Maryland.
- Kumar, P., Gupta, D. K., Mishra, V. N., Prasad, R. 2015. Comparison of support vector machine, artificial neural network, and spectral angle mapper algorithms for crop classification using LISS IV data. International Journal of Remote Sensing. 36(6): 1604-1617.
- Li, L., Zheng, X., Zhao, K., Li, X., Meng, Z., Su, C. 2020. Potential evaluation of high spatial resolution multi-spectral images based on unmanned aerial vehicle in accurate recognition of crop types. Journal of the Indian Society of Remote Sensing.
- Maxwell, A. E., Warner, T. A., Fang, F. 2018. Implementation of machine-learning classification in remote sensing: An applied review. IJRS. 39(9): 2784-2817
- MGM, 2020. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Mevbis Sistemi.
- Mountrakis, G., Im, J., Ogole, C. 2011. Support vector machines in remote sensing: A review. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 66(3): 247-259.
- Ok, A. O., Akar, Ö., Güngör, O. 2012. Evaluation of random forest method for agricultural crop classification. European Journal of Remote Sensing. 45(1): 421-432.
- Pal, M., Foody, G. M. 2010. Feature selection for classification of hyperspectral data by SVM. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 48(5): 2297-2307.
- Pal, M., Foody, G. M. 2012. Evaluation of SVM, RVM and SMLR for accurate image classification with limited ground data. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. 5(5): 1344-1355.
- Pal, M., Mather, P. M. 2003. An assessment of the effectiveness of decision tree methods for land cover classification. Remote sensing of environment. 86(4): 554-565.
- Pal, M., Mather, P. M. 2015. Support vector machines for classification in remote sensing. International journal of remote sensing. 26(5): 1007-1011.
- Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., Dubourg, V. 2011. Scikit-learn: machine learning in Python. Journal of machine Learning research. 12: 2825-2830.
- Prasad, A. M., Iverson, L. R., Liaw, A. 2006. Newer classification and regression tree techniques: bagging and random forests for ecological prediction. Ecosystems. 9: 181-199.
- Scikit-learn. 2020. Scikit-learn: Machine learning in Python. <https://scikit-learn.org>
- Trier, Ø. D., Salberg, A. B., Kermit, M., Rudjord, Ø., Gobakken, T., Næsset, E., Aarsten, D. 2018. Tree species classification in Norway from airborne hyperspectral and airborne laser scanning data. European Journal of Remote Sensing. 51(1), 336-351.



- Uzundumlu, A. S. 2012. Tarım sektörünün ülke ekonomisindeki yeri ve önemi. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*. 22(1):1.
- Vapnik, V. N. 1998. *Statistical learning theory*. New York: Wiley.
- Waske, B., Braun, M. 2009. Classifier ensembles for land cover mapping using multi-temporal SAR imagery. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 64: 450–457.
- Watts, J. D., Lawrence, R. L. 2008. Merging random forest classification with an object-oriented approach for analysis of agricultural lands. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. XXXVII(B7):1.
- Yang, C., Everitt, J. H., Murden, D. 2011. Evaluating high resolution SPOT 5 satellite imagery for crop identification. *Computers and Electronics in Agriculture*. 75 (2): 347.
- Zhang, H., Kang, J., Xu, X., Zhang, L. 2020. Accessing the temporal and spectral features in crop type mapping using multi-temporal Sentinel-2 imagery: A case study of Yi'an County, Heilongjiang province, China. *Computers and Electronics in Agriculture*. 176(05618).



*Düzeltilme (Erratum)*

Araştırma Makalesi/Research Article

## **Şırnak İli İdil İlçesinde Yetiştirilen Üzüm Çeşitlerinin Bazı Ampelografik Özellikleri**

**Mehmet Settar Ünal<sup>1\*</sup>**

**Murat Yıldırım<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Şırnak

<sup>2</sup> Şırnak Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri ABD, Şırnak

\*Sorumlu yazar:munal62@hotmail.com

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-5903-0157>,<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-9982-4621>

Geliş Tarihi: 15.04.2021

Kabul Tarihi: 19.04.2021

ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi 8. Cilt 1. Sayısında 61-72 sayfalarda yer alan Ünal ve Yıldırım'ın “Şırnak İli İdil İlçesinde Yetiştirilen Üzüm Çeşitlerinin Bazı Ampelografik Özellikleri” başlıklı makalesi:

Yazarın makalenin başlığının düzeltilmesini istemesi üzerine makalenin başlığı ‘*Şırnak İli Yöresel Üzüm Çeşitlerinin Çubuk, Çiçek/ Meyve Salkımı, Tane ve Çekirdek Özelliklerinin Tespiti*’ şeklinde düzeltilmiştir.



## **“ÇOMÜ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ” YAYIN İLKELERİ VE YAZIM KURALLARI**

### **Yayın İlkeleri**

“ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi” (ÇOMÜ Ziraat Fak. Derg.), tarım alanında yapılmış ulusal ve uluslararası özgün araştırma makalelerinin yanı sıra bilimsel, teknolojik yenilik ve yöntemleri sunan derleme niteliğindeki çalışmaları yayımlar.

Dergi yılda iki defa çıkartılır. “Yayın Kurulu’nun” kararı doğrultusunda bu sayı değiştirilebilir. Makaleler öncelikle “Yayın Kurulu Başkanı” tarafından ön incelemeye tabi tutulur. “Yayın Kurulu”, dergide yayınlanabilecek nitelikte bulmadığı makaleleri ret etme hakkına sahiptir. Değerlendirmeye alınan makaleler, incelenmek üzere biri dergi “Danışma Kurulu” üyesi olmak üzere, 2 hakeme gönderilir. Makalelerin yayına kabulü, hakem görüşleri doğrultusunda “Yayın Kurulu” tarafından karara bağlanır. Makalelerin dergideki yayın sırası, makalelerin dergiye geliş ve kabul tarihi dikkate alınarak “Yayın Kurulu” tarafından saptanır.

Dergide yayınlanacak makaleler “Türkçe” veya “İngilizce” yazılabilir, aynı dergide, bir yazarın ilk isim olarak en fazla 2 adet makalesi yayınlanabilir, yayınlanan makalelere telif ücreti ödenmez. Bütün makaleler dergi yazım kurallarına göre yazılmalıdır. Yazım kurallarına uygun olmayan makaleler, düzeltilmek üzere sorumlu yazara iade edilir. Sorumlu yazarın posta ve e-posta adresi makalenin ilk sayfası sonunda belirtilmelidir. Sorumlu yazar tarafından gönderilen makalenin ne tür bir çalışma olduğu açıklanmalıdır.

Sorumlu yazar, 2 nüsha makale çıktısı ile birlikte, çalışmalarının başka yerde yayınlanmadığını ve başka dergiye yayınlanmak üzere gönderilmediğini belirten imzalı bir belge sunmalıdır. Ayrıca yazarlar, yayın haklarını “ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi’ne” verdiklerine dair “Telif Hakları Formu’nu” imzalamalıdır. Yayınlanmak üzere dergiye gönderilecek makaleler ve makalede yer alan bütün şekil, resim ve çizelgeler derginin e-posta adresine (ziraatdergi@comu.edu.tr) gönderilmelidir.

Makaleler; ‘Lisans Bitirme Tezi’, ‘Yüksek Lisans Tezi’, ‘Doktora Tezi’ veya projeden üretilmiş ise makalede dip not olarak belirtilmelidir. Dergide yayınlanacak yazıların her türlü sorumluluğu yazar(lar)ına aittir.

### **Yazım Kuralları**

Makaleler 8 sayfayı geçmeyecek ve sayfa kenarlıkları her yönden 2,5 cm olacak şekilde hazırlanmalıdır. Bununla birlikte yazarlar tarafından özellikle belirtildiğinde, “Yayın Kurulu’nun” izin vermesi durumunda sayfa sayısı artırılabilir. Paragraflar ise 1,25 cm içeriden başlamalıdır.

Dergiye yayınlanmak üzere gönderilen bir makale şu ana başlıklardan oluşmalıdır;

- Başlık,
- Yazar(lar) adı, soyadı,
- Özet ve Anahtar kelimeler,
- İngilizce başlık ve Anahtar kelimeler,
- Giriş,
- Materyal ve Yöntem,
- Bulgular ve Tartışma (ayrı ayrı da sunulabilir),
- Sonuç ve Öneriler,
- Kaynaklar.

**Başlık:** Koyu renkte ‘Times New Roman’ 14 punto ve başlıktaki her kelimenin ilk harfi büyük olacak şekilde tek satır aralığı ile sayfaya ortalı olarak yazılmalı ve 15 kelimeyi geçmemelidir.

**Yazar Adları:** ‘Times New Roman’ 11 punto, koyu, tek satır aralığında, yazarların açık adları unvan belirtilmeden, ad ve soyadların ilk harf büyük olacak şekilde, sayfaya ortalı olarak yazılmalıdır. Soyadların bittiği en son karakter üzerine üssel olarak rakam ile yazar adresine ve e-posta adresine atıfta bulunulmalıdır. Yazar adresleri ve sorumlu yazarın e-posta adresi yazar adlarının hemen altına dipnot olarak ‘Times New Roman’ 9 punto ve sola yaslanmış olarak yazılmalıdır.

Özet ve Anahtar Kelimeler: Türkçe ve İngilizce özetlerin her biri 200 kelimeyi geçmemelidir. İngilizce özet başlığı 'Times New Roman' 12 punto ve tek satır aralığında ortalı olarak yazılmalıdır. Türkçe ve İngilizce özet, 'Times New Roman' 10 punto ve tek satır aralığında iki yana yaslı şekilde hazırlanmalıdır. Türkçe yayınlarda geniş bir İngilizce, İngilizce yayınlarda ise geniş bir Türkçe özete yer verilmelidir. Özetlerden hemen sonra özetle aynı dilde ilk harfleri büyük olmak üzere küçük harflerle 6 kelimeyi geçmeyecek şekilde anahtar kelime sola dayalı olarak yazılmalıdır.

Giriş: Daha önce yapılmış temel araştırmalar ile çalışmanın önem, amaç ve konusunu belirten bir kompozisyon içermelidir. Bütün alt başlıklar ve metin kısmı 'Times New Roman', 11 punto ve tek satır aralığında iki yana yaslı olarak yazılmalıdır.

Materyal ve Yöntem: Çalışmanın ileriki dönemlerde tekrarına imkân verecek düzeyde bilgi ve kaynak içerecek şekilde yazılmalı, makalede kullanılmış olan bütün yöntemler detaylı bir şekilde açıklanmalıdır. Bütün alt başlıklar ve metin kısmı 'Times New Roman', 11 punto ve tek satır aralığında iki yana yaslı olarak yazılmalıdır.

Bulgular ve Tartışma: Bu bölüm istenirse Bulgular ve Tartışma olarak iki kısımda da incelenebilir. Elde edilen bulgular verilmeli, gerekirse çizelge ve şekillerle desteklenerek açıklanmalıdır. Çizelgeler mümkün olduğunca istatistikî olarak ifade edilmelidir. Bulgular tartışılmalı, bulguların başka araştırmalarla benzerlik ve farklılıkları verilmeli, nedenleri açıkça tartışılmalıdır. Bütün alt başlıklar ve metin kısmı 'Times New Roman', 11 punto ve tek satır aralığında iki yana yaslı olarak yazılmalıdır.

Sonuç ve Öneriler: Elde edilen sonuçların bilime ve uygulamaya katkısı önerilerle birlikte vurgulanmalıdır. Çalışma sonuçları net bir şekilde ifade edilmelidir. Bütün alt başlıklar ve metin kısmı 'Times New Roman', 11 punto ve tek satır aralığında iki yana yaslı olarak yazılmalıdır.

Teşekkür: Gerekli ise mümkün olduğunca kısa olmalıdır. 'Times New Roman', 9 punto ve tek satır aralığında iki yana yaslı olarak yazılmalıdır.

Kaynaklar: Kaynaklar makale sonunda, yazarların soyadları esas alınarak alfabetik olarak ve orijinal dilinde 1,25 cm asılı olacak şekilde verilmelidir. 'Times New Roman', 10 punto ve tek satır aralığında iki yana yaslı olarak yazılmalıdır.

#### Kaynakların Veriliş Şekilleri

##### Makaleler

Kendirli, B., 2001. Harran ovası sulama birliklerinde antepfıstığının sulama planlaması. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi. 7: 114–120.

Wang, T.L., Domoney, C.L., Hedley, R., Grusak, M.A., 2003. Can we improve the nutritional quality of legume seeds. *Plant Physiol.* 131 (2): 886–891.

Dardeniz, A., Gökbayrak, Z., Müftüoğlu, N.M., Türkmen, C., Beşer, K., 2008. Cane quality determination of 5BB and 140Ru grape rootstocks. *Europ. J. Hort. Sci.* 73 (6): 254–258.

##### Kitaplar

Çelik, H., Ağaoğlu, Y.S., Fidan, Y., Marasalı, B., Söylemezoğlu, G., 1998. Genel Bağcılık. Sunfidan AŞ Mesleki Kitaplar Serisi: 1. 253 s. Ankara.

##### Kongre ve Sempozyumlar

Sabır, A., Özdemir, G., Bilir, H., Tangolar, S., 2005. Asma fidanı üretiminde iki farklı kaynaştırma ortamı ile bazı anaçların aşı başarısı ve fidan randımanına etkileri. Türkiye 6. Bağcılık Sempozyumu. Bildiriler Cilt: 2. 440–445. 19–23 Eylül, Tekirdağ.

##### Tezler

Önder, M., 2012. Bazı sofralık üzüm çeşitlerinde yıllık dal kalitesi ile kış gözü verimliliği arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. ÇOMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 63 s.

##### İnternet

Eğer bir bilgi herhangi bir internet sayfasından alınmış ise (internetten alınan ve dergilerde yayınlanan makaleler hariç), kaynaklar bölümüne internet sitesinin ismi ve alım tarihi eksiksiz olarak yazılmalı, Türkçe olanlar "Anonim", İngilizce olanlar "Anonim" olarak isimlendirilmelidir.

##### Kaynakların Metin İçerisinde Veriliş Şekli

Tek yazarlı bir çalışma kaynak olarak verilecekse;

..... maddesi bitkilerde ölüme neden olmaktadır (Jansen, 2003).

Jansen (2003) tarafından, ..... olarak bildirilmiştir.

İki yazarlı bir çalışma kaynak olarak verilecekse;

..... olarak bildirilmiştir (Jansen ve Danny, 2003).

Jansen ve Danny (2003)'ye göre,..... olarak bildirilmiştir.

Üç veya daha fazla yazar söz konusu ise;

..... olarak bildirilmiştir (Jansen ve ark., 2003).

Jansen ve ark. (2003)'na göre,..... olarak bildirilmiştir.

Metin içerisinde birden fazla kaynak gösterilecekse tarih sırasına göre verilmelidir;

..... olarak bildirilmiştir (Cochran, 1961; Landen, 2002).

Aynı yazarın aynı yılda birden fazla yayını metin içinde kaynak gösterilirse a ve b olarak ayrılmalıdır;

..... olarak bildirilmiştir (Jansen, 2003a; Jansen, 2003b).

Yazılan kaynak bir başka kaynaktan alınmış ise asıl kaynak cümle başına, alınan kaynak ise cümle sonuna yazılmalıdır.

Bakar (1952) tarafından ..... bildirilmiştir (Gelir, 2003).

Şekil ve Çizelgeler

Çizelge dışında kalan fotoğraf, resim, çizim ve grafikler “Şekil” olarak verilmelidir. Şekiller net ve ofset baskı tekniğine uygun olmalı, resimler TIFF veya JPEG formatında olmalıdır. Her çizelge ve şekil, metin içinde atıf yapıldıktan sonra verilmelidir.

Tüm çizelge ve şekiller makale boyunca sırayla numaralandırılmalıdır (Çizelge 1. ve Şekil 1.). Şekil ve çizelgeler yazım alanı dahilinde olmalıdır. Çizelge başlıkları çizelgenin üstünde; şekil başlıkları ise şeklin altında, iki yana yaslı olmalı, çizelge ve şekil başlıkları ‘Times New Roman’, 10 punto olmalı koyu yazılmamalıdır. Çizelge ve şekillerdeki yazılar en fazla 8 puntoya kadar küçültülmelidir. Çizelge de açıklanmak istenen alt bilgiler 9 punto olarak verilmelidir.

Birimler ve Kısaltmalar

Kısaltma ve semboller metin içerisinde ilk kez kullanıldığında açıklanmalıdır. Kısaltmalar makalenin başlığında ve alt başlıklarında kullanılmamalıdır.

Formüller

Formüller sırasına göre numaralandırılmalı ve formül numarası formülün yanına sağa dayalı olarak gösterilmelidir.



## **“COMU JOURNAL OF AGRICULTURE FACULTY” PUBLICATION ETHICS AND AUTHOR INSTRUCTIONS**

### **Publication Ethics**

“COMU Journal of Agriculture Faculty” publishes national and international original research articles in all areas of Agriculture as well as the scientific, technological modernity and the compilation method of works.

This journal is published twice in a year but this number can be changed in accordance with the decision of the “Editorial Board” of journal. Firstly, articles shall be subjected to prior review by the “Editor-in-Chief”. The “Editorial Board” is entitled to reject the article(s) not intended to be published in the journal. Articles have been taken into consideration are sent to the two potential reviewers of "Advisory Board" of the journal for peer-review. Acceptance of the articles for publication in accordance with the opinions of the reviewers is decided by the "Editorial Board". The publication order, received and accepted dates of article(s) taking into account are determined by the "Editorial Board" of journal.

Manuscript should be written in Turkish or English language. It must be clear and concise. A maximum of two articles with the same first name of an author will be published in the same journal. Copyright fees will not be paid to the published articles. All articles must be written according to the instructions of journal. Manuscripts that are not according to the writing rules and instructions of journal shall be returned to the corresponding author for revision. The postal and e-mail addresses of the corresponding author should be indicated at the end of the first page of the article. The nature of work of sending article should be explained by the corresponding author.

Corresponding author must submit two photo copies of article along with a signed certificate indicates that the work has not been published elsewhere and not sent for publication in another journal. The authors must also sign the "Copyright Form" which indicates that the “COMU Journal of Agriculture Faculty” has reserved all rights to publish their article(s). Manuscripts along with all the figures, photographs and tables must be sent through the email address of the journal for publication. If the article(s) are taken from the undergraduate, master, PhD theses or any project should be specified by a footnote at the end of article before the references. It is assumed that author(s) agree with the contents and form of the manuscript, and also responsible for the validity and originality of data contained therein.

### **Author Instructions**

Articles should not exceed 8 pages and page margin should be prepared as 2.5 cm on each side. However, the number of pages can be increased in case of especially specified by the author(s) with the permission of 'Editorial Board' of journal. Paragraphs should be started with a space of 1.25 cm.

An article must consist of the following main headings submitted for publication in the journal;

- Title,
- Author (s) Information,
- Abstract,
- Keywords,
- Introduction,
- Materials and Methods,
- Results and Discussion (may also be submitted separately),
- Conclusions,
- Acknowledgments (if any),
- References,

Title: The first page should contain the full title in sentence case not exceeding 15 words. The first letter of each word in the title should be capitalized. The title must be written using ‘Times New Roman’ 14 font size, bold, single-spaced and center-justified on the page.

**Author (s) Information:** The full names of the authors (without specifying designation) should be written using 'Times New Roman', 11 font size, bold, single-spaced and center-justified on the page, and the first letter of author (s) first and last names should be capitalized. The mailing and email addresses of the author (s) must be cited exponentially with the number on the end of the last character of the last names. Authors' addresses and the email address of the corresponding author should be written just below the names of author (s) as a footnote using 'Times New Roman', 9 font size and left-justified.

**Abstract:** Each of Turkish and English abstracts should not exceed 200 words. English abstract title should be written using 'Times New Roman', 12 font sizes and single-spaced as center-justified. Turkish and English abstracts should be prepared using 'Times New Roman', 10 font size and single-spaced as justified type. Article in Turkish should be included to a comprehensive abstract in English as to the article in English with a comprehensive abstract in Turkish.

**Keywords:** The first letters of each keyword should be capitalized following small letters written in the same language of abstract as left-justified. Keywords should not exceed 6 words.

**Introduction:** This section should provide information on importance of the problem and clear objective of the study. It must highlight background of the problem in the light of recent literature, hypothesis to be tested and objectives. All subsections and the text should be written using 'Times New Roman', 11 font size and single-spaced as justified type.

**Materials and methods:** All procedures, analytical methods, experimental design and preliminary materials should be to the point and explicit. This part should also contain sufficient detail so that all procedures can be repeated. It can be divided into subsections if several methods are described, and all subsections and the text should be written using 'Times New Roman', 11 font size and single-spaced as justified type.

**Results and Discussion:** This section may each be divided by subheadings or may be combined. The results from the experiment including their statistical detail should be presented graphically or in table form. In this section, results obtained should be recorded in text form and table data should not be repeated. Detailed discussion with relevant references preferably most recent citation should be included. Discussion should be logical and reflecting the originality of the contribution and findings discussed in the light of most recent literature. All subheadings and the text should be written using 'Times New Roman', 11 font size and single-spaced as justified type.

**Conclusions:** This section should be brief and clearly explain the essence of the work highlighting its importance and relevance. It should be written using 'Times New Roman', 11 font size and single-spaced as justified type.

**Acknowledgments:** If necessary, it should be as short as possible. All acknowledgments should be written using 'Times New Roman', 9 font size and single-spaced as justified type.

**References:** References should be provided at the end of the article alphabetically based on the authors' last names in its original language with a space of 1.25 cm. All references should be written using 'Times New Roman', 10 font size and single-spaced as justified type.

List of references should be arranged in the following style:

Journal articles

Tonguç, M., Erbaş, S., 2012. Evaluation of fatty acid compositions and seed characters of common wild plant species of Turkey. *Turk J Agric For* 36: 673–679.

Tuna, M., Vogel, K.P., Arumuganathan, K., Gill, K.S., 2001. DNA content and ploidy determination of bromegrass germplasm accessions by flow cytometry. *Crop Sci* 41: 1629–1634.

Dardeniz, A., Gökbayrak, Z., Müftüoğlu, N.M., Türkmen, C., Beşer, K., 2008. Cane quality determination of 5BB and 140Ru grape rootstocks. *Europ. J. Hort. Sci.* 73 (6): 254–258.

Books

Shredin, J., White, E.B., 2009. *Application of Probiotics in Poultry Production*. 1st ed. McNamara, New York, USA.

Dole, J.M., Wilkins, H.F., 2005. *Floriculture: Principles and Species*. 2nd ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall.

Conference proceedings

Dobermann, A., 2007. Nutrient use efficiency–measurement and management. In: Krauss A, Isherwood K, Heffer P, editors. *Proceedings of the IFA International Workshop on Fertilizer Best*

Management Practices, 7–9 March 2007; Brussels, Belgium. Paris, France: International Fertilizer Industry Association, pp. 1–28.

#### Theses

Tefon, B.E., 2012. Towards whole cell immunoproteome and subproteomes of *Bordetella pertussis*. PhD, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.

#### Internet

If information is taken from any web page on internet (except articles taken from internet and published in journals), the complete address of web site and acquisition date must be written in reference section, and it should be named as “Anonim”.

#### Figure and Tables

All illustrations (photographs, drawings, graphs, etc.), not including tables, must be labelled “Figure.” Figures must be neat, clear and according to the offset printing technique while the photographs must be in TIFF or JPEG format. Each table and figure should be cited after referring to the text.

All tables and figures should be cited in a consecutive order throughout the paper (Table 1., Figure 1.). Figures and tables must be located within the writing portion. Table titles should be justified on its upper side as to the figure captions just below the figures. The font used in table and figure headings should be ‘Times New Roman’, 10 font size but not written bold. Tables and figures, including caption, title, column heads, and footnotes should be no smaller than 8 font size. The tables and figures themselves should be given at the end of the text only, after the references, not in the running text.

#### Symbols and Abbreviations

Abbreviations and symbols used in the text first time should be described. Abbreviations must not be used in the title and subheadings of the article.

#### Formulas

Formulas should be in consecutive order and the number of formula should be shown beside itself as right-justified.